



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**RESISTENCIA ADHESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS  
CON DIFERENTES MÉTODOS DE EVAPORACIÓN DEL  
SILANO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

**AUTOR: MARIA PAULA VILLARUEL VALVERDE**

**DIRECTOR: DR. BYRON ROBERTO MORALES BRAVO**

**CUENCA – ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

RESISTENCIA ADHESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS CON  
DIFERENTES MÉTODOS DE EVAPORACIÓN DEL SILANO.

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ODONTÓLOGO**

**AUTOR: MARÍA PAULA VILLARUEL VALVERDE**

**DIRECTOR: DR. BYRON ROBERTO MORALES BRAVO**

**CUENCA – ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

# RESISTENCIA ADHESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS CON DIFERENTES MÉTODOS DE EVAPORACIÓN DEL SILANO.

## ADHESIVE STRENGTH OF COMPOSITE RESINS WITH DIFFERENT SILANE EVAPORATION METHODS.

Villaruel-Valverde María Paula.<sup>1</sup> Morales-Bravo Byron Roberto<sup>2</sup>

1. Estudiante de pregrado de la Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Odontología. Cuenca Ecuador [maria.villaruel@est.ucacue.edu.ec](mailto:maria.villaruel@est.ucacue.edu.ec)
2. Magister en odontología estética y restauradora. Docente Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Odontología. Cuenca, Ecuador. [bmorales@ucacue.edu.ec](mailto:bmorales@ucacue.edu.ec)

### RESUMEN

Las resinas compuestas son materiales versátiles que se emplean en odontología para restaurar dientes afectados por caries o fracturas, así como para mejorar la estética dental. El silano es un agente de acoplamiento que promueve la adhesión entre dos materiales incompatibles, como el relleno inorgánico de la restauración y la matriz orgánica de la resina compuesta. El empleo de métodos de evaporación o calentamiento del silano resulta fundamental para potenciar la efectividad de unión entre la resina compuesta y superficies inorgánicas.

**Objetivo:** Conocer la resistencia adhesiva que tienen las resinas compuestas hacia los diferentes métodos de evaporación del silano, proporcionando información valiosa para optimizar protocolos clínicos y mejorar la durabilidad de las restauraciones dentales.

**Metodología:** Se realizó una búsqueda de la literatura con 5 años de antigüedad en los idiomas de inglés y español a partir del año 2018 al 2023, en los principales buscadores de datos digitales: Google Scholar, Scielo, Scopus, Pubmed. Se utilizaron términos de búsqueda específicos relacionados con la resistencia adhesiva de las resinas compuestas y los métodos de evaporación del silano.

**Conclusión:** Una evaporación incompleta del silano puede resultar en una unión deficiente entre la resina compuesta y la superficie del sustrato, aumentando el riesgo de filtración marginal. Su importancia se manifiesta al asegurar una adhesión efectiva, durable y resistente entre las restauraciones indirectas y el tejido dental, optimizando el éxito clínico y la longevidad de estas restauraciones.

**Palabras clave:** resinas compuestas, silano, adhesivo dental.

### ABSTRACT

Composite resins are versatile materials used in dentistry to restore teeth affected by caries or fractures and improve dental aesthetics. Silane, a coupling agent, promotes adhesion between incompatible materials like the restoration's inorganic filler and the composite resin's organic matrix. Silane evaporation or heating methods enhance the bonding effectiveness between the composite resin and inorganic surfaces.

**Objective:** To determine the adhesive strength of composite resins to different methods of silane evaporation, providing valuable information to optimize clinical protocols and improve the durability of dental restorations.

**Methodology:** The main digital data search engines —Google Scholar, SciELO, Scopus, and PubMed— were used to search literature published five years ago in English and Spanish from 2018 to 2023. Specific search terms related to the adhesive strength of composite resins and silane evaporation methods were used.

**Conclusion:** Incomplete silane evaporation can result in poor bonding between the composite resin and the substrate surface, increasing the risk of marginal leakage. Its importance is manifested by ensuring a durable and robust bond between indirect restorations and tooth tissue, optimizing these restorations' clinical success and longevity.

**Keywords:** composite resins, silane, dental adhesive.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas han revolucionado el campo de la odontología restauradora al proporcionar soluciones estéticas y funcionales para restaurar dientes afectados por caries o traumas, son materiales dentales sintéticos constituidos por varios elementos, que han ido evolucionando con el tiempo dando paso a resinas más resistentes, mejorando el color, translucidez y opacidad, haciendo posible la conservación de la distribución sana durante el procedimiento de preparación cavitaria en comparación con técnicas tradicionales, obteniendo así mejores resultados estéticos y logrando de esta manera una mayor semejanza a los dientes en su estado natural (1). Sin embargo, la eficacia de estas restauraciones depende de manera crucial de la alianza de la resina y la estructura dental adyacente (2).

El silano es un agente de adhesión muy popular en odontología que actúa como puente entre la resina y la superficie dental, mejorando la unión y la resistencia adhesiva (3) (4). La destreza de enlazar moléculas orgánicas e inorgánicas es fundamental para avalar una alianza duradera y efectiva (5) (6). Sin embargo, el método de aplicación y evaporación del silano puede influir significativamente en su eficacia (7). Existen diversos métodos para evaporar el silano antes de la aplicación de la resina compuesta, y cada uno puede tener implicaciones específicas en la adhesión final (8). Desde la evaporación convencional hasta enfoques más avanzados, la elección del método puede afectar la calidad de la unión y, por ende, la longevidad de la restauración (9).

De acuerdo con el estudio de Cangas, et. al (2023), las técnicas de adhesión en restauraciones indirectas, se enfocan en diferentes materiales como resinas, cerámicas vítreas y compuestos que combinan resina y cerámica de sílice. Es importante alcanzar y lograr una alta adhesión para el éxito de las restauraciones dentales. Las técnicas tradicionales recomendadas para resinas y cerámicas vítreas, incluyen la aplicación de ácido fosfórico, lavado y adhesivo conformado de Bis-GMA para resinas, y ácido fluorhídrico, lavado y silano para cerámicas vítreas, con la finalidad de asegurar altas fuerzas de unión (FU). Sin embargo, para nuevos materiales compuestos, estas técnicas tradicionales pueden no ser las más adecuadas (7).

Los compuestos de resina y cerámica de sílice, se ha identificado que el arte de arenado seguida de silanización es más efectiva para lograr altas FU (Fuerzas de Unión). Sin embargo, las FU pueden disminuir con el tiempo, a pesar de las técnicas y cementos más actuales (10). Considerando que el proceso químico de adhesión mediante el silano destaca la formación de una malla de enlaces de siloxano entre la fase vítrea de la cerámica y el silano. Se ha descubierto la estructura de las subcapas formadas por el silano, donde la capa interna, con terminales siloxano, es la más fuerte. Debido a que el silano (3-

metacriloxipropiltri-metoxisilano) es una molécula pequeña, puede hidrolizarse fácilmente en presencia de humedad (6).

El presente artículo tiene como objetivo conocer la resistencia adhesiva que tienen las resinas compuestas hacia los diferentes métodos de evaporación del silano, al entender estas interacciones los profesionales de la odontología pueden perfeccionar sus técnicas, mejorando así la calidad y durabilidad de las restauraciones dentales avanzando hacia prácticas clínicas más efectivas y resultados duraderos en la odontología moderna. Además, su enfoque es explorar y analizar la firmeza resistente de estas, en relación con diferentes métodos de evaporación del silano descritos en la literatura científica actual. A través de la revisión de estudios previos, se busca identificar tendencias, desafíos y avances en este campo, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y prácticas clínicas más efectivas en el ámbito de la odontología restauradora.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Sé realizó una exhaustiva búsqueda de la literatura con 5 años de antigüedad en los idiomas de inglés y español, estas publicaciones fueron seleccionadas partiendo del año 2018 al 2023, en los principales buscadores de datos digitales: Google Scholar, Scielo, Scopus, Pubmed. Se utilizaron términos de búsqueda específicos con relación a la resistencia adhesiva de las resinas compuestas y los métodos de evaporación del silano. Se utilizaron los siguientes términos clave: resinas compuestas, silano, adhesivo dental. La búsqueda bibliográfica se realizó en base a las palabras clave encontradas en DECS.

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para el estudio en la revisión. Estos criterios podrían abordar el tipo de investigación, el período de estudio, el diseño experimental y la calidad metodológica de las investigaciones revisadas.

Los criterios de inclusión fueron artículos originales, revisiones bibliográficas, estudios observacionales, los artículos seleccionados incluían información sobre los componentes que afectan en la adhesión en las resinas compuestas aplicando el silano. Se excluyeron artículos incompletos en formato de tesis, monografías, cartas al editor, artículos de opinión. En el resultado de la búsqueda fue de 50 artículos que fueron considerados de acuerdo a los parámetros de investigación, de los cuales solo se seleccionaron 30 entre los más recientes que cumplían con los criterios mencionados. La variable dependiente fue la resistencia adhesiva y la variable independiente fue la temperatura y cementación.

Se realizó una síntesis de los datos extraídos, organizándolos de manera lógica y analizando las tendencias, diferencias y similitudes entre los métodos de evaporación del silano y sus efectos en la resistencia adhesiva de las resinas compuestas y cómo estos métodos pueden influir en la permanencia y el rendimiento de las reconstrucciones dentales.

## **3. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **Resinas compuestas**

Las resinas compuestas son materiales dentales utilizados comúnmente en odontología para tratar afecciones causadas por caries dentales, también se las utiliza para mejorar la estética dental. (10). Estas resinas son conocidas por su versatilidad y capacidad para imitar el aspecto natural del esmalte dental (9). Consisten en una composición de polímeros orgánicos, principalmente resinas acrílicas o uretano metacrílicas, y partículas inorgánicas

finamente molidas, como el vidrio o cerámica. Están hechas a partir de una matriz orgánica polimerizable y por partículas de rellenos inorgánicos químicamente distintos, que se unifican al ser recubiertas por el silano, que es un agente que permite la unión de sus componentes y proporciona características óptimas y mecánicas de gran utilidad para restaurar las piezas dentales que han sufrido pérdidas de estructura (11).

La estructura de las resinas compuestas permite que sean moldeadas y esculpidas directamente al diente afectado, permite la adaptación para restauraciones estéticas en odontología restauradora (12). Además de su habilidad para imitar el color y la apariencia del esmalte dental, estas resinas también se adhieren químicamente a la anatomía de los dientes mediante sistemas adhesivos, promoviendo una unión fuerte y duradera (13).

Estos materiales se utilizan comúnmente para la reparación de caries, y de fracturas dentales, la corrección de defectos cosméticos y la producción de restauraciones estéticas, como carillas dentales (14). Su aplicación se ha vuelto esencial en odontología estética, ya que ofrecen una alternativa estéticamente agradable a los materiales tradicionales utilizados en restauraciones dentales (15).

### **Características de las resinas compuestas**

Las características clave de las resinas compuestas es su capacidad de adherirse químicamente a la estructura dental mediante sistemas adhesivos. Esta adhesión resistente y permanente es esencial para la integridad de las restauraciones (19). Además, su aplicación directa y facilidad de moldeo sobre el diente afectado permiten una versatilidad clínica, adaptándose a diversas formas y tamaños de cavidades (1).

Estas resinas utilizan la fotopolimerización para endurecerse, permitiendo un control preciso del tiempo de trabajo y facilitando la aplicación en capas sucesivas. Además, son amigables con el paciente al ser libres de mercurio y biocompatibles (20). La capacidad de replicar características ópticas del esmalte dental, como translucidez y opalescencia, contribuye a lograr resultados estéticos naturales (10).

**Tabla 1**

#### *Características de las resinas compuestas*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estética</b>	Las resinas compuestas son altamente estéticas y pueden ser adaptadas para imitar el color y la apariencia del esmalte dental, siendo una elección popular para restauraciones en dientes visibles.
<b>Adhesión</b>	Poseen la característica de adherirse químicamente a la anatomía de los dientes mediante sistemas adhesivos, proporcionando una unión fuerte y duradera.
<b>Versatilidad</b>	Son versátiles y pueden ser moldeadas directamente sobre el diente afectado, lo que facilita su aplicación y adaptación a diversas formas y tamaños de cavidades.
<b>Mezcla de Materiales</b>	Combinan polímeros orgánicos, como resinas acrílicas o uretano metacrílicas con partículas inorgánicas como vidrio o cerámica, logrando una combinación equilibrada de fuerza y estética.
<b>Fotopolimerización</b>	Se endurecen mediante fotopolimerización, permitiendo un control preciso del tiempo de trabajo y facilitando la aplicación en capas sucesivas.
<b>Conservación de Esmalte</b>	Al ser adherentes, permiten la conservación de una mayor cantidad de esmalte dental en comparación con algunos otros materiales restauradores, ya que pueden unirse directamente a la estructura dental.

<b>Amigables con el Paciente</b>	Son libres de mercurio, por lo tanto, son una opción segura y biocompatible. Además, su aplicación directa en la clínica reduce la aplicación de procedimientos extensos.
<b>Uso Estético y Funcional</b>	Adecuadas tanto para restauraciones estéticas en dientes anteriores como para restauraciones funcionales en dientes posteriores, brindando una solución versátil para diferentes necesidades clínicas.
<b>Replicable del Esmalte Dental</b>	Tienen la capacidad de replicar características ópticas del esmalte dental, como translucidez y opalescencia, contribuyendo a lograr resultados estéticos naturales.
<b>Mejoras Continuas</b>	Las resinas compuestas continúan experimentando mejoras en su formulación, resultando en materiales con propiedades mecánicas y estéticas más avanzadas.

Nota. Resultados de la investigación (19)

### **Tipos de resinas compuestas**

Las resinas compuestas se dividen principalmente según su uso en la práctica clínica y sus características particulares (21). Aquí se describen los principales tipos de estos materiales:

Resinas Compuestas para Restauraciones Anteriores: Este tipo de resinas está diseñado específicamente para restaurar dientes anteriores, donde estéticamente es una consideración primordial. Tienen una amplia gama de colores y opacidad para imitar el aspecto natural del esmalte dental. Además, suelen tener partículas más finas para lograr una superficie más suave y estéticamente agradable (1).

Existen diferentes tipos de resinas compuestas, las cuales se distinguen según el tamaño de las partículas de relleno que contienen, lo que influye considerablemente en su capacidad para replicar las características del esmalte dental. Las resinas compuestas microhíbridas son frecuentemente elegidas para este propósito. Con partículas de relleno de tamaño relativamente grande, que oscilan entre 0.5 y 3 micrómetros, ofrecen una resistencia al desgaste satisfactoria y son adecuadas para áreas que experimentan cargas moderadas, como el sector anterior. Por otro lado, las resinas compuestas nanohíbridas presentan partículas más pequeñas, generalmente entre 1 y 100 nanómetros. Esto les permite ofrecer una estética excepcional al imitar el aspecto natural del esmalte y proporcionar un brillo intenso, convirtiéndolas en una opción muy popular para restauraciones en el sector anterior, donde se busca obtener un resultado estéticamente mejorado (22).

Una opción aún más avanzada son las resinas nanocompuestas, que contienen partículas de relleno aún más diminutas dentro del mismo rango que las resinas compuestas nanohíbridas. Estas resinas proporcionan una estética sobresaliente, resistencia al desgaste y retención del brillo, lo que las hace óptimas para restauraciones estéticas en el sector anterior. Por último, las resinas compuestas microfill contienen partículas extremadamente diminutas, que varían entre 0.04 y 0.5 micrómetros. A pesar de ser menos resistentes al desgaste, ofrecen una translucidez notable y una estética natural excepcional, siendo una elección frecuente cuando se busca una translucidez superior y un brillo máximo en las restauraciones del sector anterior (19).

Resinas Compuestas para Restauraciones Posteriores: Estas resinas se diseñan para resistir las fuerzas de masticación y las necesidades funcionales de los dientes posteriores. Por lo general, incluyen partículas de mayor tamaño y se refuerzan con materiales como

cerámica o sílice para aumentar su resistencia y durabilidad (1). También pueden tener una mayor carga de relleno para resistir mejor las tensiones alrededor de la carga.

Resinas Compuestas Nanoreforzadas: Las resinas compuestas nanoreforzadas incluyen partículas de carga a nivel nanométrico. Esta diminuta escala de partículas facilita su distribución uniforme dentro de la matriz polimérica, lo que conlleva a una mejora en las propiedades mecánicas y ópticas del material. Esto se traduce en una mayor resistencia y estabilidad del color (17).

Resinas Compuestas Fluoradas: Estas resinas incorporan flúor en su formulación, lo que puede ayudar en la prevención de la caries al liberar gradualmente este elemento. Son particularmente beneficiosas en zonas con mayor riesgo de caries y pueden ser parte de programas destinados a la prevención dental (13).

Las resinas compuestas fluoradas son una versión modificada de las resinas compuestas estándar, que incluyen fluoruro en su composición. Este mineral ha mostrado ser beneficioso para la salud bucal al fortalecer el esmalte dental y hacerlo más resistente a la descomposición causada por los ácidos de las bacterias en la placa dental, lo que ayuda a prevenir la formación de caries (23).

Estas resinas compuestas fluoradas son empleadas en odontología para restauraciones dentales, al igual que las resinas compuestas estándar. Sin embargo, su principal ventaja radica en brindar una protección adicional contra la caries dental. Algunas marcas comerciales que ofrecen resinas compuestas fluoradas incluyen productos como *Filtek™ Supreme XTE de 3M Espe*, que utiliza tecnología de liberación de fluoruro en su fórmula para fortalecer el esmalte adyacente y prevenir la formación de caries (23).

Es crucial resaltar que, aunque las resinas compuestas fluoradas pueden contribuir a prevenir la caries dental, mantener una adecuada higiene bucal y acudir periódicamente al dentista son aspectos esenciales para garantizar una óptima salud dental.

Resinas Compuestas de Baja Contracción: Para resolver el desafío de la contracción durante la polimerización, se han creado resinas compuestas que presentan una contracción reducida (18). Estos compuestos están diseñados para disminuir al mínimo la retracción, lo que ayuda a reducir la tensión en la unión entre el diente y la restauración, mejorando así su integridad y reduciendo el riesgo de filtración en los márgenes.

Resinas Compuestas Híbridas: Las resinas compuestas híbridas fusionan cualidades de resinas utilizadas tanto en restauraciones dentales anteriores como posteriores. Incorporan partículas de carga de tamaño medio, lo que las hace versátiles para múltiples propósitos. Estas resinas pueden brindar una apariencia estética satisfactoria en dientes frontales, al mismo tiempo que ofrecen la resistencia necesaria para restauraciones en dientes posteriores (23).

Los diversos tipos de resinas compuestas ofrecen a los odontólogos la capacidad de elegir el material más apropiado en función de las necesidades clínicas individuales de cada paciente y la ubicación específica de la restauración en la boca. Las resinas compuestas se categorizan según el tamaño y la composición de las partículas de carga presentes. A continuación, se explican los términos asociados con la clasificación de las resinas compuestas.

## **Uso de las resinas como material cementante**

Las resinas como material cementante tienen una amplia gama de aplicaciones debido a sus propiedades estéticas, adhesivas y de durabilidad. Para las restauraciones directas de cavidades causadas por caries, fracturas o desgastes, se emplean las resinas compuestas. Estas permiten que una restauración simule al diente natural tanto en color como en textura, proporcionando un resultado estético superior. En el caso de restauraciones tipo inlays y onlays de resinas se usan cementos resinados para su fijación. Estos cementos aseguran una unión durable y estética con el tejido dental (17).

Las resinas compuestas se utilizan con mayor frecuencia como material cementante especialmente en el sector posterior debido a la facilidad de eliminar excesos de material antes de la polimerización frente a la técnica convencional con cementos duales. Uno de los retos de esta técnica es poder lograr una capa que sea lo suficientemente fluida para no alterar el asentamiento de la restauración. Al ser precalentada esta disminuye su viscosidad y sus propiedades dando como resultado una mejor adaptación en las paredes de las cavidades de las piezas dentales o prótesis. También ayuda a disminuir las microfiltraciones y evitar los cambios de color de la resina debido a factores extrínsecos (21). Son una buena alternativa como agente cementante ya que permiten el tiempo suficiente para eliminar el material excedente antes del fotocurado y ayudan en el momento de la toma de decisión de color final, cambiando el valor del compuesto y asegurando así una buena estabilidad de color después del fotocurado. De esta manera se eleva la eficacia de las resinas aumentando sus propiedades físicas, mecánicas y la fluidez del material.

## **Adhesión**

En odontología, el término adhesión se refiere al procedimiento mediante el cual se logra una unión efectiva entre dos superficies, como una restauración dental y la estructura natural del diente. En el contexto de los materiales dentales, la adhesión es crucial para garantizar la longevidad y estabilidad de las restauraciones. Este proceso se lleva a cabo mediante la aplicación de agentes adhesivos, los cuales establecen una conexión química o física entre el material restaurador y la superficie del diente, mejorando así la retención y resistencia de la restauración. (25).

## **Resistencia Adhesiva**

La resistencia adhesiva se define como la habilidad de unir eficazmente dos materiales, siendo evaluada mediante pruebas que cuantifican la fuerza requerida para separar las superficies adheridas (26). En el campo de la odontología, la resistencia adhesiva representa un indicador vital de la calidad de la unión entre las restauraciones y las estructuras dentales (19). Un desempeño satisfactorio en las pruebas de resistencia adhesiva indica una unión sólida y perdurable, aspecto fundamental para el éxito a largo plazo de las restauraciones dentales (27).

## **Silanización**

La silanización es un procedimiento que implica la aplicación de un agente silano sobre las superficies que se van a unir, generalmente en la interfaz entre la resina compuesta y la cerámica o el vidrio (28). El silano es un compuesto bifuncional que tiene una parte hidrofílica y otra hidrofóbica, lo que le permite unirse tanto a la resina como a la superficie inorgánica.

En el proceso de silanización utilizado en odontología, generalmente se emplea un agente silano en forma de una solución. Esta solución contiene el agente silano disuelto en un disolvente apropiado, como por ejemplo alcohol etílico o alcohol isopropílico. En este caso, la parte que necesita ser evaporada es el disolvente, es decir, el alcohol en el que está disuelto el agente silano (29).

Una vez que se aplica la solución de silano sobre las superficies que se van a unir (como la resina compuesta y la cerámica o vidrio), el disolvente se evapora dejando una capa delgada de agente silano en la superficie. Esta capa facilita la unión entre la resina y el material inorgánico mediante la unión química del silano con las superficies, mejorando así la adhesión y la retención de las restauraciones dentales. Es importante seguir los procedimientos recomendados para asegurar una evaporación completa del disolvente y una aplicación adecuada del agente silano para obtener los mejores resultados en la adhesión de las restauraciones dentales (7).

### **Silano**

Los silanos han sido empleados para mejorar la adherencia a materiales que contienen sílice, su aplicación reduce la tensión superficial y facilita la penetración del sustrato. Varios estudios han indicado que la fuerza de unión de los adhesivos universales a las cerámicas de vidrio aumentó notablemente tras un tratamiento previo con un agente de acoplamiento de silano (30). Sin embargo, se observó una disminución en la fuerza de unión después de someter las muestras a ciclos térmicos o almacenamiento en agua, posiblemente debido a la presencia de disolventes residuales en las capas adhesivas. Para que el silano pueda actuar como agente de unión en la interfaz orgánica - inorgánica, debe primero hidrolizarse antes de condensarse y depositarse sobre la superficie del sustrato inorgánico. En este sentido, el aire caliente podría contribuir positivamente a la activación del silano, mejorando así su adherencia (31).

### **Estructura del silano**

El silano es un compuesto químico con una fórmula general  $\text{SiH}_{4n3}$ , donde "n" indica el número de grupos funcionales unidos al átomo de silicio. Su estructura básica consiste en un átomo central de silicio (Si) unido a cuatro átomos de hidrógeno (H) (32). Sin embargo, en el ámbito odontológico y en relación con la adhesión de resinas compuestas, se hace referencia específicamente al compuesto conocido como  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano, el cual presenta una estructura más compleja (7). Este grupo es esencial para la adhesión a superficies inorgánicas, como cerámica o vidrio (18). La presencia de estos grupos específicos en la molécula de silano facilita la formación de enlaces químicos tanto con las resinas compuestas como con las superficies inorgánicas, mejorando así la adhesión entre estos materiales en aplicaciones odontológicas (6).

### **Métodos De Evaporación (Calentamiento) del Silano.**

El empleo de métodos de evaporación o calentamiento del silano resulta fundamental para potenciar la efectividad de la unión entre la resina compuesta y las superficies inorgánicas, tales como cerámica o vidrio (33). Aquí se describen algunos métodos comunes de evaporación del silano mediante calentamiento:

**Aire Caliente:** Esta técnica consiste en emplear un flujo de aire caliente para agilizar la evaporación del silano aplicado sobre la superficie. El aire caliente ayuda a eliminar rápidamente el solvente presente en el silano, lo que facilita una evaporación más homogénea y completa. Es crucial controlar la temperatura para prevenir posibles daños térmicos en los materiales cercanos. (33).

**Horno de Calentamiento:** En ciertos escenarios, se emplea un horno de calentamiento controlado para facilitar la evaporación del silano. Las restauraciones dentales pueden ser sometidas a temperaturas específicas y por periodos de tiempo precisos en el horno, garantizando así una evaporación completa del silano. Este enfoque controlado resulta especialmente beneficioso en entornos de laboratorio dental (7).

**Terapia Fotodinamia:** Se refiere al uso de luz para activar al silano aplicado sobre la superficie de la restauración, como cerámica o composite, antes de su cementación con resina compuesta. Este método utiliza una fuente de luz específica, generalmente en el espectro visible o cercano al ultravioleta, para mejorar la evaporación del solvente silano y facilitar la formación de enlaces químicos entre silano y la superficie de la restauración. Generalmente se utiliza una lámpara de fotocurado dental con un espectro de luz adecuado para activar el silano. La longitud de onda y la intensidad de luz debe ser compatibles con el silano utilizado. Esta terapia ofrece varios beneficios como, mejorar la activación del silano, una evaporación más rápida y ahorro de tiempo, ya que con este método se puede reducir significativamente el tiempo necesario para preparar la superficie de la restauración comparado con la espera natural para la evaporación del solvente a temperatura ambiente. (7).

**Calefactores Específicos:** Se pueden utilizar calentadores especializados diseñados para su uso en odontología. Estos aparatos posibilitan un manejo exacto de la temperatura y el tiempo de calentamiento, garantizando una evaporación óptima del silano sin peligro de ocasionar daño por calor (7).

Existen diversos dispositivos calefactores diseñados específicamente para aplicaciones odontológicas, los cuales permiten una supervisión minuciosa de la temperatura y el tiempo de calentamiento, asegurando así una evaporación adecuada del silano sin provocar daño térmico en los materiales dentales.

Un ejemplo de estos dispositivos es el "Calentador de Silano Velopex", diseñado especialmente para calentar y evaporar el silano utilizado en la preparación de superficies de cerámica y composites dentales. Otro ejemplo es el "Silano-Prep™ Calentador de Silano de Dentsply Sirona", que está diseñado para calentar el silano de manera uniforme y controlada, evitando el riesgo de daño térmico en los materiales dentales (7). Además, el "Silanizador 2 de 3M ESPE" constituye otra alternativa que garantiza un calentamiento meticuloso del silano para favorecer su evaporación completa y uniforme. Por último, el "Calentador de Silano Kerr Silane" es un dispositivo diseñado para calentar el silano de forma segura y eficaz, garantizando una evaporación adecuada sin riesgo de daño térmico (17,6).

**Tabla 2 Usos del silano en odontología**

Uso	Descripción
-----	-------------

<b>Adhesión de restauraciones</b>	El silano se utiliza como agente de acoplamiento entre la resina compuesta y materiales inorgánicos como cerámica o vidrio. Ayuda a mejorar la adhesión y la retención de las restauraciones dentales.
<b>Silanización de superficies</b>	La silanización se realiza aplicando un agente silano sobre superficies dentales, como la cerámica, para mejorar la adhesión de materiales restauradores como resinas compuestas.
<b>Tratamiento de superficies para cementación</b>	Antes de cementar restauraciones dentales, especialmente las de cerámica, se puede tratar la superficie con silano para mejorar la adhesión del cemento a la superficie dental.
<b>Reparación de prótesis dentales</b>	En la reparación de prótesis dentales, el silano se utiliza para promover la adhesión entre los materiales utilizados en el proceso de reparación, como resinas y cerámicas.

Fuente: Zhang, et. al (2023), (6)

Cada técnica de evaporación del silano presenta sus propias ventajas y aspectos a tener en cuenta. La selección del método dependerá del tipo de material restaurador, las características del sistema adhesivo empleado y las preferencias del odontólogo. Es esencial adherirse a los protocolos sugeridos por los fabricantes y asegurar que el proceso se lleve a cabo de forma controlada para optimizar la efectividad de la adhesión y la durabilidad de las restauraciones dentales.

#### 4. DISCUSIÓN

La silanización, que involucra la aplicación de un agente silano para mejorar la unión química entre la resina y la superficie inorgánica, facilita el proceso de adhesión de las resinas compuestas a la estructura dental. Los diversos métodos de evaporación del silano, como el uso de aire caliente, hornos de calentamiento, lámparas de polimerización y dispositivos calefactores especializados, son esenciales para maximizar la eficacia de esta unión.

En un estudio realizado por Huarote et al. (2023), se examinó la resistencia adhesiva de la dentina tratada con clorhexidina y terapia fotodinámica, mostrando una mejora notable en comparación con el grupo de control. Estos resultados sugieren que el uso de tratamientos específicos, como clorhexidina y terapia fotodinámica, puede ser beneficioso para aumentar la durabilidad de las restauraciones de resina compuesta. Respecto al estudio sobre la resistencia al cizallamiento de resinas nanoparticuladas reparadas con resina BULK-FILL, se observó que la aplicación de agente silano antes del sistema adhesivo condujo a una mayor resistencia al cizallamiento en comparación con el grupo que solo recibió adhesivo universal (2). Este hallazgo resalta la relevancia del agente silano para incrementar la resistencia adhesiva en reparaciones de resinas nanoparticuladas. (13). Este descubrimiento puede tener implicaciones significativas en la práctica clínica, resaltando la importancia de evaluar la utilización del agente silano en los procedimientos de reparación para lograr resultados de resistencia ideales.

Un estudio investigó el efecto del tratamiento térmico del silano en la fuerza de unión entre un composite nanocerámico y un cemento resinoso, revelando que el tratamiento térmico del silano previo a la cementación incrementó considerablemente la fuerza de unión. Este descubrimiento resalta la eficacia de esta estrategia para mejorar la adhesión, lo cual podría tener implicaciones significativas para la durabilidad de las restauraciones (7).

Cangas, et. al (2023), aplicó calor al silano, se observaron las fuerzas de unión (FU) más altas, alcanzando 64,16 MPa, para el grupo G100-5 y 62,67 MPa para el grupo G100-3. Por el contrario, en el grupo donde el silano se aplicó a temperatura ambiente, se registraron valores de FU más bajos (48,94 MPa), lo que representó una disminución del 20% en comparación con los grupos tratados con silano caliente. Por otra parte, el grupo en el que no se utilizó silano mostró los valores más bajos, con un promedio de 38,50 MPa, lo que implica aproximadamente una reducción del 50% en comparación con los grupos tratados térmicamente con silano (7).

Es importante considerar que el calentamiento del silano en restauraciones dentales generalmente se realiza a temperaturas moderadas, alrededor de 100°C (212°F). Estas temperaturas son suficientes para facilitar la evaporación del disolvente y asegurar una adecuada unión entre la resina compuesta y la superficie inorgánica, sin aumentar significativamente el riesgo de inflamación o explosión del silano.

Figuroa, E. et. al (2019), notaron que el grupo sometido a un tratamiento de 180 segundos exhibió una mayor fuerza de adhesión en contraste con los grupos tratados durante 60 y 120 segundos. Se plantea que una cantidad mínima de silano podría ser útil para mejorar la humectación del poste de fibra de vidrio, aunque una eliminación incompleta o parcial podría afectar la interacción con las fibras (33).

Los silanos que emplean etanol y agua como solventes muestran una mayor estabilidad, lo que conduce a una mejora en la resistencia adhesiva y a una menor tendencia a evaporarse. La utilización de aire caliente para evaporar el solvente acelera la interacción química entre el silano y la superficie inorgánica, como las fibras de vidrio. Este pretratamiento antes de la cementación facilita la evaporación del solvente y estimula la reacción del producto en la superficie tratada con silano (33). Un incremento en la temperatura acelera la velocidad de las reacciones y suministra mayor energía para activarlas, lo que conlleva a una reacción más eficiente en un lapso de tiempo reducido. La aplicación de calor al silano agiliza este proceso, incrementando la cantidad de terminales de siloxano y, por ende, mejorando la calidad de la unión.

De acuerdo con los estudios, se reconoce que el arenado seguido de la silanización es el método más efectivo para adherir una vitrocerámica a un cemento resinoso, ofreciendo una unión estable y perdurable. El arenado, al eliminar los contaminantes de la superficie y crear micro irregularidades, altera la energía de la superficie, lo que aumenta la capacidad del silano para mojar adecuadamente la superficie (34).

El Brava Block constituye una resina indirecta fortalecida con nanopartículas de cerámica, reconocida por su alta proporción de fase resinosa, alcanzando un 72% de Bisfenol A diglicidil metacrilato (Bis-GMA). Esta composición, con espesores de 1 mm, no ocasiona fracturas visibles en la superficie debido a su resistencia y módulo de elasticidad. Según la información proporcionada por el fabricante (Brava Block FGM, 26 de mayo de 2019), el proceso de polimerización bajo altas temperaturas y presiones en estos bloques de resina minimiza la presencia de monómeros residuales, reduciendo así los defectos y porosidades. Esta cualidad asegura que, incluso después del paso del tiempo, las fuerzas de adhesión permanezcan elevadas (7).

## 5. CONCLUSIONES

El uso del silano como agente de acoplamiento es esencial en la odontología restauradora especialmente en la cementación de las restauraciones indirectas y en la reparación de materiales cerámicos con resinas compuestas, su capacidad para mejorar la adhesión entre las superficies inorgánicas (como la cerámica o el vidrio) y orgánicas (como resinas compuestas o cementos resinosos) es importante para el éxito de la restauración, el silano ayuda en la unión química, mejora la resistencia y durabilidad de la unión. Contribuye a la estabilidad y estética de la restauración.

La aplicación adecuada del silano y el tratamiento posterior son pasos críticos que requieren precisión para asegurar los beneficios de este agente de acoplamiento. Aunque el protocolo puede variar ligeramente en función del producto específico y de las instrucciones del fabricante, su aplicación debe ser cuidadosa. Posterior a la aplicación del silano sobre la superficie de la restauración, es importante permitir que el alcohol y el disolvente se evaporen completamente, generalmente esto requiere de unos pocos minutos a temperatura ambiente, también se puede aplicar calor para acelerar la evaporación del solvente y mejorar la activación del silano, la temperatura para esto suele ser moderada alrededor de 100°C (212°F), aplicada durante unos pocos segundos a un minuto, es importante seguir las recomendaciones específicas del fabricante para evitar daños a la restauración. La aplicación del silano debe ser en un ambiente controlado, preferiblemente a temperatura ambiente y con buena ventilación para facilitar la evaporación de los solventes. Evitar la humedad excesiva es vital, ya que puede afectar la eficiencia del silano.

Antes de la aplicación del silano la superficie de la restauración debe estar limpia y libre de contaminantes. Esto puede incluir una limpieza suave en algunos casos, un tratamiento de la superficie con grabado ácido o chorro de arena para aumentar la micro retención. De esta manera se asegura la formación de una interfaz adhesiva óptima entre la resina compuesta y la restauración indirecta. Este proceso mejora no solo la durabilidad y resistencia sino su estética y funcionalidad a largo plazo.

La aplicación y posterior evaporación del silano influyen significativamente en la eficacia y durabilidad de las restauraciones dentales promoviendo una mejor adhesión entre las resinas compuestas y la superficie inorgánica, actuando como un puente que facilita la formación de enlaces químicos que mejoran la retención de la restauración dental. Una evaporación incompleta del silano puede resultar en una unión deficiente entre la resina compuesta y la superficie del sustrato, aumentando el riesgo de filtración marginal, lo que a su vez puede conducir a la acumulación de bacterias y caries secundarias, comprometiendo la integridad de la restauración y la salud dental del paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cañadas RD. CARILLAS INDIRECTAS EN RESINA COMPUESTA COMO TRATAMIENTO ALTERNATIVO ESTÉTICO - RESTAURADOR. [Online].; 2018 [cited 2024 Enero 29. Available from: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/78535/TFM%2041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. Huarote FJE, Lugo VJG. Evaluación de la resistencia adhesiva de una resina compuesta a dentina tratada con clorhexidina y terapia fotodinámica. estudio in vitro. Revista Científica Odontológica. 2023;(10.21142/2523-2754-1101-2023-142): 11(1): e142.

3. Alsaeed AY. Bonding CAD/CAM materials with current adhesive systems: An overview.. Saudi Dental Journal. 2022;(https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2022.03.005): 34(4), 259–269.
4. Sánchez CDM. Protocolo de estratificación de las resinas compuestas, Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología. [Online].; 2023 [cited 2024 Enero 29. Available from: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/ef29a51e-23ab-4e9e-8428-7798e9fe7d52>.
5. Yoshihara K NNMYNGYYVMB. Silane-coupling effect of a silane-containing self-adhesive composite cement. Dental Materials. 2020 July; 36(7):914–26..
6. Zhang Z qun RKfJJ. Silane coupling agent in biomedical materials. Biointerphases. 2023 May; 1;18(3)..
7. Cangas BP, Chacón FL, Guevara Guamán CGGQC. Efecto del tratamiento térmico del silano en la fuerza de unión entre un composite nanocerámico y un cemento resinoso. Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Cuenca. 2023;(DOI: <https://doi.org/10.18537/fouc.v01.n02>).
8. Moura DMD AASKATJ. Hydrofluoric acid concentration, time and use of phosphoric acid on the bond strength of feldspathic ceramics.. Braz Oral Res. 2020;; 34.
9. Mendoza RF, Rosero MJ, Rosero MJ. allos de adhesivos dentinarios, las causas determinantes Una revisión de la literatura.. RECIAMUC. 2020 Jan;; 4(1):127–35.
10. Bottyan T, Rabago C. 8.7.4: Química del Silicio (Z=14) MindTouch , editor. Estado de California: LibreTexts; 2018.
11. Vaca Altamirano G MSPABM. La resina Bulk Fill como material innovador. Revisión bibliográfica. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2021. 2021.
12. Fastercapital. La ciencia detras de las restauraciones dentales explorando las resinas compuestas. [Online].; 2023 [cited 2024 Enero 28. Available from: <https://fastercapital.com/es/contenido/La-ciencia-detras-de-las-restauraciones-dentales--explorando-las-resinas-compuestas.html>.
13. Guisela Janeth LM PCEPMSJMC. Fundamentos Para Elegir Una Resina Dental Fundamentals For Choosing A Dental Resin. Vol. 4, Revista OACTIVA UC Cuenca.. 2019.
14. Coapaza Orbezo CM. Resistencia al cizallamiento de resinas nanoparticuladas reparadas con resina BULK-FILL, con sistema adhesivo universal asociado o no a un agente silano. [Online].; 2021 [cited 2024 Febrero 01. Available from: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76966/Coapaza\\_OCM-Coapaza\\_OLM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76966/Coapaza_OCM-Coapaza_OLM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
15. Huilca GDS. Comparación de la resistencia a la compresión de resinas compuestas con técnica incremental vs técnica monoincremental. [Online].; 2023 [cited 2024 Enero 30. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10757/1/Huilca%20G.%2C%20Dorian%20S.%2C%282023%29%20Comparaci%C3%B3n%20de%20la%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20de%20resinas%20compuestas%20con%20t%C3%A9cnica%20incremental%20vs%20t%C3%A9cnica%20monoin>.
16. Didem A GY. Comparative Mechanical Properties of Bulk-Fill Resins. Open J. Compos Mater. 2023;(http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=44938).
17. Chesterman J JAGANP. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review.. Br Dent J.. 2019 Marzo;(222(5):337-44. ).
18. Natera J. Biomateriales dentales.. Actualidades Médico Odontológicas. 2019;; 365.
19. Loarte MGJ, Perea CE. Fundamentos Para Elegir Una Resina Dental. Artículo de Contribución Didáctica Docente. Revista OACTIVA UC Cuenca. Vol. 4, No. 2019 Diciembre;; pp. 55-62.
20. Rodas CD, Morales BB. Estudio comparativo de los diferentes tipos de resinas. Autonomía Digital. 2023;(https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.2.2679 ).

21. Christiani JJAED, Rocha MT. Estabilidad de Color de Tres Resinas Nanohíbridas en Relación al Tipo Pulido realizado. *International journal of odontostomatology*. 2023; 17(1), 64-69.(<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2023000100064>).
22. García A, Grazioli G, Lasalvia A, Molinari A, Mederos M. Facultad de Odontología: Materiales Dentales Módulo II. Manual de apoyo teórico.pdf. [Online].; 2020 [cited 2024 Febrero 2. Available from: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29079/1/Materiales%20Dentales%20M%C3%B3dulo%20II.%20Manual%20de%20apoyo%20te%C3%B3rico.pdf>.
23. A. BEP. Pruebas de microdureza de tres materiales de resina compuesta. Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB) Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia.. [Online].; 2023 [cited 2024 Enero 29. Available from: <https://zafiraneustetic.com/category/estudios/>.
24. López Flores LI, González FA. Efecto En La Microdureza De Resinas Compuestas Aplicando Un Recubrimiento De Nanopartículas De Plata Inmersas En Un Adhesivo Hidrofílico. [Online].; 2018 [cited 2024. Available from: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/95281/TESIS%20NAANOPARTICULAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
25. Gallardo P CCOSEJ. Radiopacidad de Cementos de Resina compuesta evaluados con técnica radiográfica digital.. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabilitación oral*. 2019 Agosto; 2: 12.
26. Lerate DFM. Conceptos Actuales De La Adhesion A La Dentina: Una revisión sistemática. [Online].; 2021 [cited 2024 Enero 30. Available from: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/134870/TFG%20494-LERATE%20DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
27. Souza de Moraes I.Q GdNTdSIQSSdLLMPAdMPIC. Inhibition of matrix metalloproteinases: a roubleshooting for dentin adhesion.. *Restor Dent Endod.*, vol.45, no.3. 2022; 45(3).
28. Zhou W LSZXHMRSFJPXaCL. Review Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations. *Int J Mol. Sci.*,. 2019; vol.20, no.723.
29. Kay Khine PP TAAAHKSYTJea. Influence of Silane Pretreatment and Warm Air-Drying on Long-Term Composite Adaptation to Lithium Disilicate Ceramic.. *Crystals (Basel)*. 2021 Jan;(21;11(2):86.).
30. Matinlinna JP LCTJ. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review.. *Dental Materials*. 2019 Jan;(34(1):13–28. ).
31. Hernández Barragán Diana Carolina CGACCRJN. Influencia del silano y adhesivos universales en la adhesión durante la reparación de un cerómero.. *Rev. Odont. Mex*. 2018; 22 (3)([http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-199X2018000300160&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2018000300160&lng=es)).
32. Chen KK CJWJDJ. Influence of commercial adhesive with/without silane on the bond strength of resin-based composite repaired within twenty-four hours. *J Dent Sci.*. 2021 Jul;(16(3):877–84. ).
33. Figueroa E, Casas L, Revoredo A. EFECTO DEL TIEMPO DE EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE DEL SILANO EN LA RESISTENCIA ADHESIVA INMEDIATA A POSTES DE FIBRA DE VIDRIO. *RODYB-REVISTA DE OPERATORIA DENTAL Y BIOMATERIALES*. 2019;(https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2016/04/3-EVAPORACI%C3%93N-SILANO.pdf).
34. Yanakiev SS MTMS. Silane heat treatment could eliminate the hydrofluoric acid etching of lithium disilicate overlays: a four-year follow-up.. *Case Rep Dent*. 2021.
35. Pilco MAO. Grado de microfiltración en restauraciones proximales de resina compuesta usando dos tipos de sistemas adhesivos. [Online].; 2020 [cited 2024 Enero 28. Available from: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/126ade76-08ba-430b-970a-60f4b7e7dad5>.

36. Bicalho A PRZRFSTDVA. Incremental Filling Technique and Composite Material—Part I: Cuspal Deformation, Bond Strength, and Physical Properties.. Oper Dent.. 2020 Marzo;: 39(2):e71-82..