



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR

Facultad de Medicina y Odontología

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL FLUORURO  
DIAMÍNICO DE PLATA EN LA ADHESIÓN DE  
LOS MATERIALES RESTAURADORES.**

**TESIS DOCTORAL**

**Presentada por:** Dña. Mónica Fernández Mafé

**Dirigida por:** Dr. D. Antonio Pallarés Sabater

2023



## **AGRADECIMIENTOS**

En agradecimiento a mi director, el Dr. Antonio Pallarés, por confiar y apoyar este proyecto, aún en los momentos más críticos.

A la Dra. Lucía Miralles, gracias por tu gran ayuda a lo largo de todos estos años. Gracias también al Dr. Javier Narciso, al Dr. Ángel Vicente, a la Dra. Andrea Armengol, al Dr. Alfredo García y al Dr. Marcelino Pérez por sus contribuciones en este proyecto.

A mis compañeras de trabajo por facilitarme el camino.

A la Dra. Sara López y al Dr. José Manuel Ferrer por abrirme las puertas de vuestra clínica.

A Cristina, Josep y Mireia, por estar en todo momento ayudando y animando, tanto a nivel profesional como en el ámbito personal.

A mis padres, gracias por dejarme tropezar y enseñarme a levantar. Gracias por transmitirme vuestros valores, y por demostrarme que con constancia, ilusión, esfuerzo y amor los sueños se pueden cumplir.

A mi hijo Marc, por ser mi mayor fuente de motivación.

Y por último, gracias a Josep, mi marido, mi compañero de viaje. Por estar siempre a mi lado, ni delante ni detrás en el camino. Por ser mi pilar, por apoyarme en todas mis decisiones, mis proyectos y mis sueños. Por ayudarme a superar cada uno de los obstáculos.

En definitiva, gracias a todos los que habéis estado en esta bonita etapa. Este trabajo es gracias, por y para vosotros.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Resumen	15
2. Introducción	17
2.1. La caries dental	17
2.1.1. Evolución, diagnóstico y concepto de caries dental	17
2.1.2. Maduración post-eruptiva dental	21
2.1.3. Dentina afectada/infectada	23
2.1.4. Predicción del riesgo de caries	24
2.1.5. Prevención de la caries	25
2.2. Técnicas de restauración	26
2.2.1. Técnica de eliminación parcial de caries y tratamiento restaurador atraumático	28
2.2.2. Restauraciones estéticas en sector anterior en dentición temporal	28
2.2.3. Materiales de restauración	29
2.2.3.1. Restauración con resina	29
2.2.3.2. Resina de infiltración	30
2.2.3.3. Restauración con ionómero de vidrio	31
2.2.4. Adhesión - Adhesivos	33
2.2.5. Contracción de polimerización	35
2.3. Fluoruro diamínico de plata	37
2.3.1. Evolución histórica	37
2.3.2. Mecanismos de acción	44
2.3.3. Efectos clínicos	47
2.3.4. Tasa de éxito del fluoruro diamínico de plata	47
2.3.5. Indicaciones del fluoruro diamínico de plata	49
2.3.6. Reacciones adversas	50
2.3.7. Seguridad del uso	52
2.3.8. Ventajas y desventajas	52
2.3.9. Pasos clínicos según la recomendación de la AADP	53
2.3.10. Aplicación práctica del SDF	54
2.3.11. Tiempo de aplicación	55
2.3.12. Frecuencia en la aplicación	55

2.3.13. Recidiva de lesiones de caries tras su tratamiento	<b>56</b>
2.3.14. Adhesión	<b>57</b>
2.3.15. Estética	<b>58</b>
2.3.16. Limitaciones y recomendaciones postoperatorias	<b>60</b>
2.3.17. Preparación de los pacientes y recomendaciones para los profesionales	<b>61</b>
2.3.18. Combinación de SDF y barniz de flúor	<b>62</b>
2.3.19. Técnica atraumática frente al uso SDF	<b>64</b>
2.3.20. SDF en la prevención de caries en dentición permanente	<b>66</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>68</b>
<b>4. Hipótesis/Objetivos</b>	<b>70</b>
4.1.Hipótesis	<b>70</b>
4.2.Objetivos	<b>71</b>
<b>5. Metodología</b>	<b>72</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>91</b>
<b>7. Discusión</b>	<b>107</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>115</b>
<b>9. Anexos</b>	<b>117</b>
<b>10. Bibliografía</b>	<b>119</b>
<b>11. Artículos publicados</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estrategias para optimizar la unión y potenciar los resultados a largo plazo de las restauraciones adhesivas .....	<b>35</b>
<b>Tabla 2.</b> Directrices para el uso del SDF según los diferentes países .....	<b>42</b>
<b>Tabla 3.</b> Tamaño muestral total necesario para diferencia de la fuerza media de adhesión entre grupos y potencia estadística para un nivel de confianza 95% y un test F del modelo ANOVA de una vía.....	<b>74</b>
<b>Tabla 4.</b> Distribución de la muestra en los diferentes grupos según uso o no de pretratamiento, y el uso de los diferentes sistemas de adhesión y materiales.....	<b>75</b>
<b>Tabla 5.</b> Homogeneidad de los grupos según tipo de diente: resultados test Chi <sup>2</sup> de asociación.....	<b>91</b>
<b>Tabla 6.</b> Resistencia (N) según grupo.....	<b>93</b>
<b>Tabla 7.</b> Resistencia (N) según aplicación de SDF y sistema utilizado.....	<b>94</b>
<b>Tabla 8.</b> Comparación de resistencia media según Grupo: resultados test F del modelo lineal general ANOVA.....	<b>96</b>
<b>Tabla 9.</b> Comparación de resistencia media según Grupo: resultados prueba post hoc de Tamhane. La zona gris no se muestra por simetría.....	<b>97</b>
<b>Tabla 10.</b> Resistencia (N) según Grupo en premolares.....	<b>99</b>
<b>Tabla 11.</b> Resistencia (N) según Grupo en molares.....	<b>100</b>
<b>Tabla 12.</b> Comparación de resistencia media según Grupo y Tipo de diente: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías.....	<b>102</b>
<b>Tabla 13.</b> Comparación de resistencia media según Sistema y SDF: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías.....	<b>103</b>

**Tabla 14.** Comparación de resistencia media según Sistema y SDF: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías. Estadístico F y p-valor exacto.....**104**

**Tabla 15.** Comparación de resistencia media según Sistema, SDF y Tipo de diente: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 3 vías.....**105**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de los tipos de adhesivos en relación a las características que afectan a largo plazo en la interfase dentina-resina .....	<b>34</b>
<b>Figura 2.</b> Preparación de la cavidad Clase V en los dientes de la muestra.....	<b>77</b>
<b>Figura 3.</b> Grupo 1 de la muestra a modo de ejemplo.....	<b>81</b>
<b>Figura 4.</b> <i>SHIMADZU Autograph AG-X plus Series</i> ® utilizada para la realización de la tracción en la muestra de este estudio.....	<b>82</b>
<b>Figura 5.</b> Molar zocalado en escayola preparado para insertar en la máquina de ensayos universal.....	<b>83</b>
<b>Figura 6.</b> Ejemplo del gráfico obtenido en uno de los ensayos realizados.....	<b>84</b>
<b>Figura 7.</b> Espectro de XPS del carbono en un polímero donde se distingue tres señales relacionadas con los tres tipos de enlaces del carbono en dicha molécula.....	<b>86</b>
<b>Figura 8.</b> Imágenes extraídas del análisis fractográfico de la muestra del Grupo 3.....	<b>88</b>
<b>Figura 9.</b> Imágenes extraídas del análisis fractográfico de la muestra del Grupo 8.....	<b>89</b>
<b>Figura 10.</b> Análisis de la superficie de la muestra del Grupo 3.....	<b>90</b>
<b>Figura 11.</b> Análisis de la superficie de la muestra del Grupo 8.....	<b>90</b>
<b>Figura 12.</b> Distribuciones de valores de resistencia de los diferentes grupos de la muestra.....	<b>92</b>
<b>Figura 13.</b> Medias según grupo.....	<b>95</b>
<b>Figura 14.</b> Resistencia (N) según grupo y tipo de diente.....	<b>101</b>

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**AAC:** aplicación de adhesivo convencional

**AAG:** aplicación de adhesivo autograbante

**AAO:** aplicación de ácido ortofosfórico

**AAPD:** Academia Americana de Odontopediatría

**AFP:** fluoruro de fosfato acidulado

**AAG:** adhesivo autograbante

**AG:** anestesia general

**AgF:** fluoruro de plata

**AgNO<sub>3</sub>:** nitrato de plata

**Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:** fosfato de plata

**Al:** aluminio

**ART:** Atraumatic Restorative Technique / Técnica Restaurativa Atraumática

**Barniz NaF:** barniz de fluoruro sódico

**C:** carbono

**Ca:** calcio

**CaF<sub>2</sub>:** fluoruro de calcio

**Ca<sub>2</sub>(OH)PO<sub>4</sub>:** hidroxiapatita

**CAMBRA:** Caries Management by Risk Assessment

**ECC:** Early childhood caries / Caries de Primera Infancia

**EEUU:** Estados Unidos

**EDX:** Energía de Dispersión de Rayos X

**FDA:** Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos

**Gel AFP:** gel de fluoruro de fosfato acidulado

**GIC:** glass ionomer cement

**IADR:** Asociación Internacional de Investigación Dental

**ITR:** restauración terapéutica provisional

**IV :** ionómero de vidrio

**IVMR:** ionómero de vidrio modificado con resina

**KI:** yoduro potásico

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**P:** fósforo

**PET:** polietilentereftalato

**ppm:** partes por millón

**Pt:** platino

**RC:** restauración con resina

**RI:** resina infiltrada

**RIV:** restauración con ionómero de vidrio

**SC:** sedación consciente

**SDF:** Silver Diamine Fluoride/ Fluoruro Diamínico de Plata

**Si:** silicio

**SMART:** Tratamiento Restaurador Atraumático Modificado con Plata

**XPS:** X-ray Photoelectron Spectroscopy



## 1. Resumen

**Introducción:** La caries de primera infancia es uno de los retos en el ámbito de la odontopediatría, ya que el éxito de los tratamientos conservadores se ven influenciados en gran medida por la edad, así como por la conducta de los pacientes. Según la Organización Mundial de la Salud, la lesión de caries es la enfermedad crónica más frecuente en el mundo, afectando entre el 60% y el 90% de los niños en edad escolar. En 2016, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos aprobó como terapia innovadora el uso del fluoruro diamínico de plata como medicamento para el tratamiento de la caries severa de primera infancia.

**Objetivos:** Estudiar la relación entre el uso de fluoruro diamínico de plata y la adhesión entre el diente y los materiales de restauración más utilizados en odontopediatría.

**Material y métodos:** Se utilizó una muestra constituida por 240 dientes divididos en 8 grupos formados por 30 dientes en cada uno de ellos. En estos grupos se comparó el uso de la restauración con resina y ionómero de vidrio utilizando diferentes sistemas de adhesión, con y sin la aplicación previa de fluoruro diamínico de plata. En cada uno de los dientes se realizó una cavidad Clase V con su posterior restauración para poder valorar la fuerza de unión mediante el ensayo de tracción. Para la medición se utilizó una máquina de ensayos universales de la marca Shimadzu.

**Resultados:** De forma general se detectó un aumento significativo de la resistencia media en los grupos donde se aplicó fluoruro diamínico de plata frente a los grupos donde no se aplicó. Se observó que el sistema de adhesión es la fuente de variabilidad más importante en la resistencia de unión entre el material y el diente, seguido de la aplicación de fluoruro diamínico de plata y, por último, el tipo de diente (premolar o molar).

**Conclusiones:** Existe relación entre el uso de fluoruro diamínico de plata y la adhesión entre el diente y los materiales de restauración analizados en este estudio. De forma general, la resistencia media aumentó significativamente en los grupos donde se utilizó fluoruro diamínico de plata previamente en comparación con los grupos donde no se aplicó.

**PALABRAS CLAVE:**

*Fluoruro Diamínico de Plata, Fuerza de Adhesión, Adhesivos, Ionómero de Vidrio, Resinas.*

## **2. Introducción**

### **2.1. La caries dental**

#### **2.1.1. Concepto y evolución**

Según la OMS la lesión de caries afecta entre el 60% y el 90% de los niños, siendo la enfermedad crónica más frecuente en el mundo (1–3). Actualmente estas cifras equivalen a más de 570 millones de niños a nivel mundial que muestran lesiones de caries no tratadas. La caries en dentición temporal ocupa el segundo lugar en las enfermedades no transmisibles en niños entre 0 y 14 años, según los datos recopilados en 2019 gracias a *Global Health Data Exchange* (4,5). Asimismo, la Academia Americana de Odontopediatría (AAPD) también reconoce a esta patología como una enfermedad frecuente y grave en los niños (6).

La lesión de caries se caracteriza por la desmineralización del componente inorgánico de la estructura dental y la destrucción de su contenido orgánico. Existen una serie de consideraciones que han de tenerse en cuenta en la caries en dentición temporal como por ejemplo, que la lesión de caries progresa de forma más rápida del esmalte a la dentina debido a la anatomía en dentición decidua, ya que el esmalte es más delgado en comparación con la dentición permanente (7). Por tanto, se puede decir que la lesión de caries es una disolución química localizada de los tejidos dentales duros que está causada por el subproducto ácido de los procesos metabólicos del biofilm que cubre la superficie del diente afectado (8,9).

La AAPD define la caries de primera infancia como la presencia de una o más lesiones cariosas (cavitadas o no cavitadas), dientes ausentes por caries u obturaciones en cualquier diente temporal en niños menores de 71 meses (10). Esta patología supone un problema global que afecta a todos los niños del mundo (11–13).

Es importante tener en cuenta que, aunque la caries de primera infancia no sea una infección potencialmente letal, puede provocar infecciones locales y sistémicas que conlleven dolor, abscesos dentales, fistulas y celulitis. También puede conllevar secuelas graves como la propagación de infecciones odontogénicas a espacios anatómicos de la

cabeza y cuello. Del mismo modo, esto puede conducir a la pérdida y destrucción de los dientes temporales, y por tanto una posible afectación de los dientes permanentes con el tiempo (14).

La ECC es uno de los retos en el ámbito de la odontopediatría, ya que el éxito de los tratamientos conservadores se ven influenciados en gran medida por la edad, así como por la conducta de los pacientes (15).

La mala salud oral repercute de forma negativa en la calidad de vida a largo plazo. También se ha asociado a los niños con dolor por lesiones de caries un aumento del absentismo escolar, así como un menor nivel de rendimiento académico (16–22). En la misma línea, las lesiones de caries no tratadas en niños pueden conducir a problemas en relación a la ingesta de alimentos, el sueño, actividades diarias y la autoestima (23).

Un estudio en 2011 demostró que los niños con dolor dental son cuatro veces más propensos a tener un promedio académico bajo en las calificaciones escolares. Además, se relacionó la salud buco-dental con el absentismo escolar, obteniendo que el 35% de este absentismo estaba relacionado con problemas dentales (19). Un estudio posterior en 2015 sugirió que aquellos niños que habían recibido atención dental tuvieron una mejoría significativa de su calidad de vida (24).

A lo largo del tiempo, las lesiones de caries han sido tratadas como una enfermedad aguda que requiere limpieza de la lesión, preparación de la cavidad y restauración del diente. Sin embargo, y cada vez más, especialmente en la población infantil y juvenil, los profesionales utilizan estrategias adaptadas de forma individual para prevenir, detener o mejorar el proceso de la enfermedad, basándose en el riesgo de caries existente (6,25).

Hace años se creía que la lesión de caries era una enfermedad gradual que destruiría el diente, a menos que fuese tratada de forma invasiva mediante remoción completa y con el uso de restauraciones (26,27). Actualmente, se sabe que la detención de la caries no siempre requiere de esta técnica; además, se sabe que las restauraciones tienen una vida limitada. La gestión en la actualidad incorpora factores como son el riesgo de caries, el conocimiento del riesgo de caries por el paciente y la vigilancia de esas lesiones en las revisiones, para evaluar de este modo la progresión, y administrar y realizar las técnicas

preventivas necesarias, así como realizar las técnicas reparadoras cuando esté indicado (1,27,28).

El tratamiento de la caries incipiente generalmente implica la intervención terapéutica temprana utilizando fluoruro tópico, así como técnicas de restauración no quirúrgicas como sellados de fosas y fisuras e infiltración de resina. Los resultados de estas técnicas han sido bien documentados y hay directrices actuales con recomendaciones para su uso en la práctica odontológica (6,25,27).

El enfoque tradicional, definido desde hace décadas, para el tratamiento de las lesiones de caries cavitadas en dentina radica en la eliminación suave de la dentina infectada con posterior relleno de la cavidad con un material de restauración adecuado (29). Actualmente, esto sigue siendo razonable ya que hasta el momento la dentina infectada no es remineralizable (30,31).

Uno de los inconvenientes en la realización de este tratamiento en las lesiones de caries cavitadas bajo un enfoque restaurador es que se requiere un equipo dental específico y personal entrenado para ello, lo que encarece el tratamiento. Las investigaciones muestran que la remineralización del esmalte utilizada en odontología mínimamente invasiva, así como la detención de la caries, está siendo promovida como un pilar básico de la prevención (32).

En una revisión sistemática realizada en 2018 se estableció que entre 2015-2016, aproximadamente 4 de cada 10 niños tuvieron lesiones de caries en EE. UU. Aunque en general y según las encuestas de la última década en EE. UU. la prevalencia de caries se ha estabilizado, hay que tener en cuenta que se trata de una patología crónica que puede afectar a todas las personas y a todas las edades en todo el mundo. Asimismo, se estableció que existen diferencias entre la población de EE. UU. según el nivel de ingresos. Se observó que en los grupos de ingresos más bajos hay una mayor prevalencia de caries sin tratar comparado con grupos de ingresos más altos (33).

La caries de primera infancia tiene una prevalencia muy alta, especialmente en niños con pocos recursos o desfavorecidos (34). Los estudios epidemiológicos indican que muchos de estos niños con caries de primera infancia no son tratados (35,36).

Generalmente, la lesión de caries está causada por la producción de ácidos frecuentemente provenientes del metabolismo de los carbohidratos de la dieta. Este mecanismo tiene como resultado la aparición de microorganismos productores de ácidos. Esto conlleva una alteración en el pH de la saliva, y por tanto un cambio en el equilibrio de desmineralización-remineración del esmalte dental, así como la pérdida de minerales en la superficie del diente. Cuando hay un equilibrio entre los factores protectores (pH salival adecuado, iones fosfato, calcio, fluoruro, etc.) y los factores patológicos (bacterias cariogénicas, carbohidratos fermentables, etc.) se mantiene el equilibrio y por tanto la salud oral (28,37).

No toda pérdida de minerales de la estructura del diente es parte de un proceso patológico relacionado con la lesión de caries. De forma natural existen periodos de pérdida mineral natural de estos cristales superficiales (proceso de desmineralización) y otros periodos de aumento neto de ganancia mineral (proceso de remineralización). Esto se produce generalmente en las zonas dentales de acúmulo de biofilm (31).

La lesión de caries avanza cuando no está en equilibrio el intercambio de minerales entre la superficie del diente y el medio que lo rodea. Valorado desde un marco microscópico estos eventos son precoces. Sin embargo, desde un marco clínico la desmineralización temprana no se convierte en relevante hasta que no es detectable clínicamente o mediante otros métodos, como pueden ser los radiográficos. Probablemente, conforme avance la tecnología, la detección de estas lesiones cambiará, ya que los medios de detección serán más sensibles (38).

La detención de la caries en lesiones cavitadas en comparación con las no cavitadas es más compleja, ya que la pérdida de estructura dental crea espacios donde se establece el biofilm, creando zonas complejas para la higiene. La preservación de las superficies dentales así como de la pulpa sana se considera uno de los objetivos principales en odontología (31).

La lesión de caries irreversible (cavitada) se produce cuando en algún momento la estructura tridimensional de una lesión no es capaz de soportar las tensiones creadas por fuerzas externas procedentes como por ejemplo de la masticación, del cepillado, o incluso del uso de una sonda de exploración utilizada de forma incorrecta. Con la apertura de las

vías, las bacterias son capaces de invadir profundamente los lúmenes de la dentina, aumentando la velocidad de progresión y la probabilidad de lesionar la pulpa (31).

Por lo tanto, la detección temprana, el diagnóstico y el uso de tratamientos no invasivos o reparadores eficaces son cruciales en odontología mínimamente invasiva. Esta nueva estrategia provocó un cambio en el manejo de las caries, especialmente en niños pequeños (1). Actualmente, y desde el comienzo de la Covid-19 aumentó el uso de procedimientos y técnicas de mínima intervención, sin generación de aerosoles, los cuales enfatizan en preservar la integridad de la superficie dental, adoptando un enfoque biológico en el manejo de las lesiones de caries (2,39,40).

### **2.1.2. Maduración post-eruptiva dental**

Tras la erupción de los dientes, las bacterias orales y junto con la saliva, crean condiciones necesarias para modificar la estructura dental, aumentando la resistencia frente a la caries. A esta fase se le denomina maduración dental post-eruptiva, y es de suma importancia, ya que se da en las superficies dentales en contacto con el medio oral, lugar en el que comienza el proceso de las lesiones de caries (31).

La composición mineral superficial del esmalte cuando erupciona el diente hace que sea una superficie muy porosa. Tras someterse a multitud de procesos de ganancia y pérdida de minerales, la superficie pasa a ser amorfa, es decir, menos porosa, disminuyendo la concentración de agua, carbonatos y magnesio, y aumentando en cantidades de fluoruro y material orgánico. Estos cambios son favorables para el diente, ya que con esta maduración el esmalte es menos soluble y por tanto más resistente a la caries. Este mismo proceso de maduración ocurre cuando queda expuesto el cemento o la dentina (29,31,41).

En el cuerpo humano, el esmalte dental es el tejido más duro. Está altamente mineralizado con un contenido en peso de 92-96% de contenido inorgánico, 1-2% de contenido orgánico y un 3-4% de contenido en agua. La composición del esmalte hace que sea frágil, irreparable y no vital. Por lo tanto, el apoyo de la dentina subyacente es fundamental, fracturándose fácilmente cuando existe una lesión de caries en dentina subyacente (42).

Los factores que influyen en la remineralización-desmineralización varían desde el pH salival hasta la concentración de iones calcio-fosfato, y fuerza iónica total del fluido de

la placa (31,43). Esto se debe tener en cuenta ya que aquellos pacientes con disminución importante del flujo salival podrían romper el equilibrio y afectar a la superficie dental. Otros factores como puede ser el sarro, el cual también afecta a dicho equilibrio, han demostrado tener una relación contraria, disminuyendo el riesgo de caries (31,44).

Cuando a lo largo del tiempo en estos intercambios de minerales se produce una disminución neta de minerales superior que la proporción neta ganada se inicia el proceso de la caries en esmalte. A gran aumento óptico, se observa una apariencia erosionada, convirtiéndola en una superficie más rugosa y porosa. Esta porosidad permite el desarrollo de dicha lesión bajo la superficie (31,45).

La progresión de la lesión de caries no solo está determinada por el nivel de infrasaturación, sino también por la capacidad de difusión de los iones, el cual ha demostrado ser un proceso lento (31,46).

Las lesiones no cavitadas se pueden describir como superficies macroscópicamente intactas y sin evidencia clínica de cavitación. Estas lesiones también son conocidas como lesiones incipientes de caries o lesiones de mancha blanca, aunque en ocasiones pueden ser de color marrón. Una lesión con cavidad implica macroscópicamente una superficie afectada que sufre una discontinuidad o ruptura de la integridad de la superficie. Por lo general, se diagnostica a través de medios visuales o táctiles. Una diferencia importante es que mientras la lesión no cavitada tiene potencial para revertir o detener esta alteración, en las lesiones cavitadas es más difícil e improbable revertir o detener dicha lesión (28).

Durante el desarrollo de lesiones incipientes (no cavitadas), la dentina sufre cambios significativos debido a la reacción a los ácidos que se difunden a través del esmalte desmineralizado. El proceso de desmineralización/remineralización del esmalte y dentina son similares, pero con algunas características únicas. Los cristales dentinarios son más pequeños y reactivos que los del esmalte. El proceso de caries puede estimular un proceso de mineralización del espacio intratubular, conocida como esclerosis dentinal, reduciendo así la permeabilidad de la dentina (31,47). Estos eventos son modulados por el gradiente de presión del fluido continuo hacia el exterior procedente de la zona pulpar (31,48). La esclerosis tubular que comienza a desarrollarse antes de la desmineralización del esmalte es el primer signo de reacción dentinal. Si la lesión continúa progresando, este proceso avanza y la dentina peritubular más mineralizada comienza a desmineralizarse, aumenta

la abertura de los túbulos y por tanto, aumenta la velocidad de difusión (31,49,50). Cabe mencionar que estos eventos se producen sin invasión bacteriana directa, es decir, los efectos son provocados por los productos bacterianos generados (31,51).

La caries continua teniendo una prevalencia muy elevada y es por ello por lo que en los últimos años los avances en nuestra comprensión del proceso y de la mejora de materiales de restauración han creado la posibilidad de realizar tratamientos de restauración de mínima invasión (30,52).

### **2.1.3. Dentina afectada/ infectada**

La lesión de caries en dentina presenta diferentes niveles de afectación, pueden diferenciarse entre dentina afectada y dentina infectada. Estas diferencias tienen como objetivo, entre otros, proporcionar algunas directrices clínicas para la eliminación de tejido careado. Estas áreas tienen características diferentes, como el nivel de dureza y el nivel de actividad de diferentes zonas. La remoción de la dentina infectada y el mantenimiento de la capa afectada es una meta clínicamente razonable, debido a que el colágeno todavía conserva su reticulación para permitir la remineralización (31,53).

Por otro lado, algunos estudios clínicos han demostrado que, si la restauración de resina adhesiva bien sellada se coloca sobre dentina afectada, se detendrá la lesión (54). Asimismo, si este material de resina quedase bien sellado sobre dentina infectada, se ha demostrado que el recuento y la actividad bacteriana disminuiría en el tiempo (55).

Según los estudios analizados, la dentina afectada presenta un recuento bacteriano relativamente bajo. Estructuralmente mantiene suficiente colágeno para remineralizar la dentina, por lo que no debe ser eliminada antes del relleno restaurador (31). Siguiendo esta línea, hay autores que manifiestan que las lesiones detenidas no deberían ser excavadas o cavidades (29,30).

No obstante, esto sigue siendo punto de discusión ya que se ha observado que no eliminar toda la dentina infectada puede comprometer la resistencia de fractura de un material restaurador (56).

Cabe señalar que la preparación mecánica de la cavidad con caries es un procedimiento destructivo e irreversible en la que se eliminan los tejidos dentales naturales (57). Con el paso de tiempo la filosofía de gestión de las lesiones de caries ha ido cambiando desde el abordaje quirúrgico tradicional a un modelo médico que incluye el uso de productos reparadores o de detención de caries (58).

#### **2.1.4. Predicción del riesgo de caries**

Los procedimientos y la filosofía CAMBRA se desarrollaron en California tras dos conferencias de consenso (37). En estas conferencias estuvieron presentes profesionales de la rama de odontología de California y muchos otros de diferentes lugares de EEUU. Las formas y procedimientos se han ido modificando con el tiempo y las versiones modificadas se han ido publicando en “*California Dental Association Journal*” (37).

A continuación se resumen los pasos del proceso de tratamiento de la caries según CAMBRA (37):

1. Obtención de una historia médica y dental.
2. Examen clínico.
3. Detección temprana de lesiones de caries para revertir o prevenir su progresión.
4. Asignar el riesgo de caries (alto, bajo, moderado y severo) utilizando un breve cuestionario.
5. Proporcionar estrategias terapéuticas que incluyan terapia química apropiada según el riesgo de caries.
6. Uso de fluoruros y/o agentes antibacterianos según el riesgo cariogénico.
7. Realizar tratamientos mínimamente invasivos para preservar la estructura dental.
8. Revisiones y seguimiento en intervalos de tiempo según el riesgo cariogénico.
9. Reevaluar el riesgo cariogénico en las revisiones y modificar si corresponde el plan de tratamiento que sea necesario.

Como resultado y evolución de este método, los elementos utilizados en la evaluación de riesgo de caries para los pacientes de 6 años o más fueron agrupados en:

1. Indicadores de la enfermedad (observaciones clínicas)
2. Factores de riesgo biológico (ampliable a factores patológicos)
3. Factores de protección

El desarrollo progresivo de este método, así como la incorporación de la evaluación microbiológica de precisión en la clínica dental puede mejorar aún más el valor predictivo del riesgo de caries. En uno de los estudios publicados en 2018, cerca del 70% de pacientes de alto riesgo presentaron nuevas lesiones de caries durante el seguimiento, y el 88% de pacientes con riesgo extremo de sufrir lesiones de caries presentó nuevas cavidades, demostrando una eficaz predicción del riesgo de caries (37).

Existen muchos tratamientos disponibles con el objetivo de detener y/o prevenir la caries dental. Principalmente se incluye la fluoración del agua, uso de pasta dentífrica con un mínimo de flúor, uso de sellados, restauraciones terapéuticas provisionales y el uso de SDF. Todos estos materiales han demostrado tener niveles variables de eficacia en los diferentes ensayos clínicos (59–62). Detener y revertir una lesión incipiente de caries junto con cambios en el estilo de vida y disminución de los factores de riesgo debería ser la primera opción, por delante de los tratamientos restauradores (40).

#### **2.1.5. Prevención de lesiones cariogénicas**

El ajuste del nivel de fluoruros en el suministro de agua de la comunidad en una concentración óptima es el método más económico y favorable para reducir la aparición de lesiones de caries en la población (10,63).

El uso a largo plazo de fluoruros ha reducido el coste en relación a la salud oral en niños de hasta un 50 % (64). Cuando el agua potable es fluorada a un nivel óptimo, hay una reducción del 35 % de dientes temporales careados, perdidos, y obturados, y un 26% menos de dientes permanentes careados, perdidos y obturados (65). Si además se combina

el uso de aguas fluoradas junto con pautas preventivas de dieta, higiene oral y productos con flúor, la incidencia de caries podría reducirse en mayor medida (25).

Numerosos ensayos clínicos han confirmado el efecto “anti caries” de diferentes productos profesionales con fluoruros de aplicación tópica, entre los que se incluyen el gel de flúor acidulado (APF) al 1,23%, y el barniz de flúor al 2,26% o al 5% (66).

La AADP reconoce que beber agua fluorada (en las concentraciones óptimas) y el cepillado de dientes con pasta fluorada acorde al riesgo y edad del paciente son el método más eficaz frente a la caries (25).

## **2.2. Técnicas de restauración**

Aún con los avances e innovaciones en el tratamiento de las lesiones de caries, éste sigue siendo un problema a nivel mundial y en especial un desafío para los odontólogos (4). También se debe tener en cuenta la progresión de las caries según sea dentición temporal o permanente, ya que en la dentición temporal la progresión es mayor debido a las diferencias anatómicas e histológicas (40).

Las ventajas de la terapia restauradora incluyen la eliminación de cavitaciones o defectos eliminando las áreas susceptibles a la caries, la detención del avance, restauración dental, la prevención de la afectación pulpar, y la prevención de los movimientos dentales no deseados. Por otro lado, los riesgos de los tratamientos restauradores implican la reducción de la longevidad de los dientes (ya que existe mayor riesgo de fractura), lesiones recidivantes, insuficiente restauración, afectación pulpar y daño iatrogénico a los dientes adyacentes (27,67,68).

El objetivo de estos tratamientos es restaurar o acotar el daño causado por la caries, conservar la estructura dental, y mantener sana la pulpa dental en la medida de lo posible (27,69).

Actualmente, las recomendaciones por la AADP aprobadas en 2020 ante un tratamiento restaurador son (27):

1. Que la gestión de la caries incluya la identificación del riesgo de caries de forma individual de cada paciente, la comprensión por parte del paciente del proceso de la caries y que las revisiones deben ser periódicas para poder seleccionar las técnicas y materiales preventivos adecuados, complementados por las técnicas reparadores cuando sea necesario.
2. Los tratamientos restauradores deben incorporar al menos los criterios de detección visual de la cavitación, la detección visual del sombreado del esmalte, y/o el diagnóstico radiográfico.

En los países desarrollados, los niños no colaboradores tienen la alternativa de combinar los tratamientos junto con la sedación consciente o incluso con anestesia general. Ambas opciones aumentan tanto los posibles riesgos médicos como el coste del tratamiento (70). Un informe realizado en 2017 a través de datos globales estima que 1 cada 300.000 pacientes sometidos a una anestesia general para el tratamiento dental tienen riesgo de muerte (71,72). Asimismo, otro punto a destacar es la alta recidiva de la caries dental posterior en estos pacientes tratados bajo sedación o anestesia general (70).

Se estima que las sedaciones conscientes, así como la anestesia general en niños para permitir el tratamiento odontológico, como por ejemplo los tratamientos restauradores, va en aumento (72,73).

Sin embargo, en países en desarrollo o a pacientes con pocos recursos económicos, el tratamiento restaurador convencional de la caries resulta inaccesible. Por ello, en aquellos casos donde no existe la colaboración por parte de los pacientes infantiles, recurrir a una sedación o anestesia general resulta inalcanzable (74).

Desde hace unos años, la odontopediatría se enfrenta al gran reto de cómo afrontar la gran prevalencia y el aumento de la caries en los pacientes pediátricos (11). Para fortalecer la salud oral es necesario una terapia alternativa que sea fácil de realizar, de fácil acceso y bajo coste (14). Asimismo, también se requieren protocolos de tratamiento de caries eficaces y viables para hacer frente a este importante problema dental de salud pública (75).

### **2.2.1. Técnica de eliminación parcial de caries y tratamiento restaurador atraumático**

Las técnicas de eliminación parcial de la caries y del tratamiento restaurador atraumático (ART), están mostrando una creciente evidencia de mejora de los resultados frente a la remoción completa de la caries convencional (76). Estas técnicas, apoyándose en resultados científicos y perteneciendo a la corriente de odontología mínimamente invasiva, se basan en la eliminación de las lesiones de caries de forma parcial, sin uso de anestesia dental, con desinfección de la zona y posterior restauración con material adhesivo, generalmente con ionómero de vidrio (2,77).

Las ART tiene grandes beneficios como la de ser una técnica de restauración eficaz, conservar en conjunto más estructura dental en comparación con la técnica conservadora convencional, evitar el uso de equipos de rotatorio, anestesia dental y disminuir la ansiedad durante el tratamiento dental. Se considera una técnica especialmente útil en pacientes pediátricos, a pesar de ser necesarios más estudios para evaluar la longevidad de dichas restauraciones. Una de las principales preocupaciones de esta técnica son las bacterias residuales que quedan bajo las obturaciones (3,78).

Algunos estudios muestran resultados a los 12 meses de una excelente evolución con la eliminación parcial de la caries y la restauración posterior con ionómero de vidrio o con resinas, siempre y cuando se elimine la dentina reblandecida y se mantenga la dentina oscurecida catalogada como esclerótica (77).

### **2.2.2. Restauraciones estéticas en sector anterior en dentición temporal**

Las restauraciones estéticas en sector anterior en dentición temporal pueden llegar a ser muy complejas debido a las pequeñas dimensiones de los dientes temporales, a la gran cámara pulpar de los dientes temporales, y por cuestiones de comportamiento y colaboración del niño (79). Por ello, la gestión estética de las lesiones de caries sigue siendo problemática en sector anterior superior en dentición temporal, aún con una alta prevalencia en la población infantil (80).

Hay poca evidencia científica para comparar las diferentes técnicas clínicas utilizadas a través de las décadas para restaurar sector anterior en dentición temporal, y la mayor evidencia es considerada como la opinión de expertos (27).

En las restauraciones interproximales Clase III de incisivos temporales se ha sugerido el uso de ionómeros de vidrio modificados con resina, sobre todo cuando el aislamiento no es el adecuado (81,82).

Por otro lado, las cavidades Clase V son similares tanto en dentición temporal como en permanente, siendo una de las dificultades en odontopediatría la corta edad de los niños y la colaboración. Por ello se sugiere en este tipo de cavidades el uso de IV o IVMR cuando no es posible un aislamiento adecuado (81,82).

Las recomendaciones reportadas por la AADP son (27):

- Uso de restauraciones con IVMR como opción de tratamiento viable para Clases III y V en dentición temporal y permanente.
- Uso de restauraciones con IVMR como opción de tratamiento para Clases II y V en restauraciones en dentición temporal, especialmente en situaciones donde el aislamiento adecuado es complejo.

### **2.2.3. Materiales de restauración**

#### **2.2.3.1. Restauración con resina**

La restauración de resina se introdujo aproximadamente a mitad del siglo XX como un material para la restauración estética (27,83,84). Todas las resinas se clasifican según el tamaño del relleno, ya que esto afecta al pulido y a la estética, a la polimerización, así como a las propiedades físicas. Las resinas híbridas contienen diferentes tamaños de partículas que mejoran tanto la resistencia como la estética (27,85). El tamaño más pequeño de las partículas de relleno permite una mayor capacidad de pulido y estética,

mientras que un tamaño más grande proporciona mayor fuerza y resistencia. Las resinas fluidas tienen por tanto un llenado volumétrico inferior a las resinas híbridas (27,86).

Varios factores contribuyen a la longevidad de las resinas compuestas, incluyendo la experiencia del operador, las dimensiones de la restauración y el lugar del diente donde se realiza la restauración (27,87). En aquellos casos donde el aislamiento o la colaboración no son los adecuados, las resinas compuestas no deben ser el material de elección (27,88).

Las recomendaciones según la AAPD en cuanto al uso de resinas compuestas son (27):

- En molares temporales, hay una fuerte evidencia del éxito de las resinas cuando se utilizan en cavidades Clase I. Asimismo, en las cavidades Clase II en dentición temporal se ha observado el éxito de la restauración.
- En molares permanentes, hay una fuerte evidencia basada en un meta-análisis publicado por la Academia Americana de Odontopediatría, donde se afirma el éxito de las RR tanto en Clase I como en Clases II.

En los tratamientos de caries con gran profundidad, se han reportado varios procedimientos para la eliminación de la caries. En primer lugar, una de las técnicas es la eliminación completa de la caries en un solo paso junto con su posterior restauración. Otra técnica es la eliminación parcial y por etapas de la caries, dejando únicamente caries en la parte superior de la pulpa para en una segunda visita limpiar la caries, colocar una base protectora pulpar y realizar la restauración (27,38,89–91).

Algunos ensayos controlados aleatorios proponen que el tratamiento restaurador sin eliminación completa de la caries puede detener el proceso, teniendo en cuenta el requisito de un buen sellado restaurador (27,54,89).

### **2.2.3.2. Resina de infiltración**

La resina de infiltración tiene como objetivo principal detener la evolución de las lesiones de caries sin cavidad de zonas interproximales (27,92,93). Esta técnica se fundamenta en la infiltración de la resina de baja viscosidad en el área del esmalte afectado (27,93). Tras

la polimerización, este material obstaculiza el efecto de los ácidos y según los autores impide el avance de la caries (27,94).

Un uso adicional se ha sugerido para las lesiones de mancha blanca producidas a lo largo del tratamiento ortodóncico. Tomando de base un ensayo clínico aleatorizado, la RI disminuyó la aparición de lesiones de mancha blanca y redujo su tamaño (27,95,96).

La AADP sugiere que existe baja evidencia científica en relación a la eficacia de la RI como alternativa terapéutica en las lesiones no cavitadas interproximales tanto en dentición temporal como permanente. Asimismo, plantea la necesidad de más investigaciones sobre la efectividad a largo plazo (27).

### **2.2.3.3. Restauración con ionómero de vidrio**

Los materiales utilizados en odontología a base de ionómero de vidrio se usan desde 1970, ya sea como material restaurador, cementos o recubrimientos pulpares (27,97).

Inicialmente, era un material difícil de manejar, con baja resistencia al desgaste y frágil. Las mejoras en el material permitieron mejorar las propiedades, incluyendo la combinación de ionómeros de vidrio modificados con resina. Esta combinación permitió mejorar las propiedades, mejorando la facilidad de manejo del material, la disminución del tiempo de fraguado, el aumento de la fuerza y la mayor resistencia (27,98).

Generalmente, todos los materiales con IV poseen propiedades ventajosas en odontopediatría como: la adhesión química a esmalte y dentina, similitud en la expansión térmica en comparación con el diente, biocompatibilidad, liberación y absorción de flúor, y reducción de sensibilidad ante la humedad frente a las RR (27).

El IV puede servir como un depósito de fluoruro. Estos fluoruros podrían provenir del uso de pastas dentales, colutorios, así como de fluorizaciones tópicas. Esta propiedad es una ventaja clave en odontopediatría, útil es pacientes con alto riesgo de caries (27,99–101).

Un ensayo clínico aleatorio realizado en dientes de leche mostró que la vida media de dichas restauraciones con IV fue de un año y dos meses (102). Según la revisión

sistemática y el metaanálisis publicado en 2007, el IV no se recomienda en las restauraciones Clase II en molares temporales (103,104). Asimismo, los IVMR han demostrado ser más eficaces en dientes temporales en comparación con los de ionómero de vidrio. Según otro metaanálisis publicado en 2010 el IVMR tiene más éxito que los IV en las restauraciones definitivas (104).

Un ensayo clínico aleatorizado publicado en 2010 aconseja no biselar el ángulo cavo-superficial, ya que aumenta las probabilidades de fracaso marginal de las restauraciones con IVMR (105). Por otro lado, existe evidencia que el acondicionamiento de la dentina mejora la tasa de éxito de las restauraciones con IVMR (103).

Las recomendaciones sugeridas por la AADP sobre el ionómeros de vidrio modificado con resina son (27):

- Existe evidencia a favor del uso de ionómeros de vidrio para restauraciones Clase I en dentición temporal.
- Tras una revisión sistemática, hay una elevada certeza en la eficacia del uso de las IVMR en las cavidades Clase I. Por otro lado, los expertos apoyan el uso de dicho material en cavidades Clase II en dientes temporales.
- No existe suficiente evidencia de las IVMR en las restauraciones a largo plazo en dentición permanente.

En base a un meta-análisis publicado por Wakhloo y col. en 2021, existe una fuerte evidencia en el uso de este material como restauración provisional/ técnica terapéutica atraumática reparadora (ITR /ART). Además, se puede utilizar de forma provisional para disminuir el avance de las caries en pacientes con varias lesiones de caries activas antes de realizar las restauraciones definitivas (2).

#### 2.2.4. Adhesivos - adhesión

En 1954, Buonocore incorporó la necesidad del tratamiento del esmalte para modificar sus características químicas en la superficie dental y posibilitar una mejora en la adhesión de las restauraciones (106).

Actualmente, el avance de los biomateriales tiene como objetivo mejorar sus componentes, el manejo de los materiales y simplificar las técnicas clínicas, teniendo como finalidad mejorar y conseguir resultados óptimos en un menor tiempo clínico (107).

Las técnicas adhesivas pueden dividirse en dos categorías principalmente, por un lado, se encuentran los materiales adhesivos de grabado total y por otro lado se encuentran los materiales de autograbado. En el primer grupo se requiere de un paso previo de acondicionado de la superficie con ácido ortofosfórico al 37%. Esto provoca una superficie irregular y porosa posibilitando la infiltración de los monómeros de resina, que darán micro retención mecánica a través de los “tags” de resina. Con este paso también se consigue eliminar la capa de barrillo dentinario, lo que permite la acción del adhesivo con la red colágena expuesta, asegurando la penetración y consiguiendo sellar los túbulos de la dentina (108,109).

El segundo grupo de sistemas de autograbado están compuestos por monómeros ácidos, los cuales no necesitan aclarado con agua. Intervienen preparando, desmineralizando y penetrando tanto en esmalte como en dentina. Asimismo consiguen modificar pero no eliminar el barrillo dentinario (110).

El uso de adhesivos en esmalte y dentina en el ámbito de la odontopediatría ha aumentado considerablemente con los años. Así pues, los estudios clínicos disponibles respaldan su uso. Principalmente su uso se justifica para permitir la unión más duradera de diferentes materiales de restauración (111).








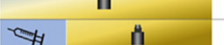


La mayoría de estudios que evalúan adhesivos y resinas en dentición temporal y permanente se han realizado *in vitro*, mostrando que la fuerza de adhesión y la adaptación micromorfológica tanto en esmalte como en dentina son básicamente similares tanto en dentición temporal como definitiva (112).

El primer paso para el uso de sistemas adhesivos es revisar las instrucciones de manipulación, ya que pueden diferir considerablemente según los diferentes sistemas. En general, cuando se utiliza un procedimiento con adhesivo dental se debe tener en cuenta que la adhesión en esmalte tiene una mayor predictibilidad que la adhesión a la dentina o al cemento debido a las diferencias de composición de estos sustratos (113,114). También se sabe que la unión es más alta en dentina superficial que en dentina profunda debido al aumento del número de túbulos (115).

Hay otros factores que pueden disminuir la resistencia de unión y deben ser evitados, como son la presencia de saliva o de sangre. En caso de contaminación accidental existen estrategias probadas para reducir al mínimo los efectos negativos, estos incluyen: volver a grabar la superficie, enjuagar y secar de nuevo la superficie afectada y la aplicación de capas adicionales de adhesivo (116,117).

Por otro lado, existen factores en el esmalte como la fluorosis dental, la amelogénesis imperfecta, la tinción por tetraciclinas, etc. que disminuye la adhesión en los sistemas de grabado total y los sistemas autograbantes (118,119). Otros estudios también han demostrado que la dentina careada tiene menor dureza y produce menor resistencia de unión debido a la mineralización y a la desorganización del colágeno (120).

Un estudio clínico aleatorizado de restauraciones adhesivas en molares temporales en niños de entre 5 y 9 años de dos universidades diferentes y con 18 meses de evolución, mostró que la tasa media de supervivencia era de 17,2 meses (121).

Contemporary Dental Adhesive Systems				Characteristics			Longevity
System Mode	Delivery	Adhesion Steps			Acidity	Hydrophilicity	Bond Stability <sup>b</sup>
		Etching	Primer	Adhesive			
Etch-and-rinse	3-step				+	+	++++
	2-step				++	++	+++
Self-etch	2-step				+++	++	++++
	1-step				++++	+++	+
Universal	1 or 2 steps <sup>a</sup>				+++	++	+(+) +



**Figura 1.** Clasificación de los tipos de adhesivos en relación a las características que afectan a largo plazo en la interfase dentina-resina (113).

Bedran-Russo y col. publicaron las estrategias para optimizar la unión y potenciar los resultados a largo plazo de las restauraciones adhesivas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Estrategias para optimizar la unión y potenciar los resultados a largo plazo de las restauraciones adhesivas (113).

ESTRATEGIA	PROPÓSITO	TÉCNICA
Control del campo	Prevenir la contaminación de la estructura del diente preparado	Uso de dique de goma para conseguir aislamiento absoluto
Remoción de esmalte	Exposición de los prismas de esmalte, elevando la eficacia y la durabilidad de la adhesión	Realización de bisel cavo-superficial.
Grabado selectivo	Mejorar la resistencia de la unión y reducir la microfiltración	Aplicar ácido ortofosfórico en el esmalte y enjuagarlo antes de utilizar el sistema de autograbado
Técnica de unión húmeda	Preparar la dentina para la hibridación	Eliminación de exceso de agua; aplicar la imprimación sobre la dentina húmeda
Desensibilización de la dentina	Obturar los túbulos dentinales para reducir la permeabilidad y la sensibilidad	Paso adicional antes de la aplicación del adhesivo
Evaporación de disolventes	Evaporación de los disolventes	Secado con aire antes de realizar la fotopolimerización
Impregnación de la dentina	Mejorar la impregnación de los monómeros de resina en la dentina	Aplicación de la resina adhesiva durante mayor tiempo
Polimerización extensa	Mejorar la polimerización y reducir la permeabilidad	No utilizar mayores tiempos de polimerización de los recomendados por el fabricante

### 2.2.5. Contracción de polimerización

Los materiales de restauración de resina de aplicación directa son los más usados y se han convertido en la primera opción de elección. Existen diferentes ventajas en cuanto al uso de resinas como materiales de restauración. Al tratarse de una técnica adhesiva, por un lado ofrece una mayor resistencia, y por otro lado, permite una intervención mínima en la superficie del diente, permitiendo mayor conservación de la estructura dental (122).

Sin embargo, como principal desventaja se encuentra la longevidad y durabilidad de este material. Muchos clínicos centran el principal problema en que la reacción de polimerización se acompaña de una contracción volumétrica, la cual genera tensión dentro del material y compromete la adhesión y el sellado entre el material y el diente (122). La contracción de polimerización de una resina compuesta es un procedimiento molecular innato, siendo el resultado de la conversión del monómero en polímero (123).

Otro punto a tener en cuenta en el uso de materiales de resina es la “sensibilidad de la técnica”, siendo necesario el control en el aislamiento, y teniendo en cuenta la limitada profundidad de polimerización (124).

Durante el proceso de polimerización, tanto en el adhesivo, como en la aplicación del material restaurador se produce una tensión entre la interfaz de estos materiales y el diente, debido a la tensión de contracción producido (125).

Cuanta menor contracción del material durante la polimerización, mayor garantía habrá de que el material se mantenga en la misma posición y unido al diente. Los materiales con baja contracción, objetivo seguido por muchos fabricantes, a menudo se describen como una contracción inferior al 1,0% del volumen. El objetivo de reducir a cero la contracción de estos materiales aún no se ha conseguido, por lo que parece prudente esforzarse por conseguir un aislamiento adecuado según las necesidades, técnicas de aplicación incrementales por capas, protocolos de polimerización específicos que minimicen la producción de tensiones, etc., ya que el resultado clínico mostrará diferencias significativas (126).

Si bien hay diferencias entre los muchos estudios publicados acerca de los factores y materiales empleados, en lo que sí que están de acuerdo, basándose en la evidencia científica, es que a mayor tensión de contracción de los materiales, habrá una mayor incidencia de problemas (126).

Los espacios provocados por la contracción de polimerización pueden permitir el paso de fluidos orales y penetración de bacterias que son los principales factores que provocan problemas clínicos como la filtración marginal, caries secundaria y sensibilidad postoperatoria (127).

Existen numerosos estudios clínicos que citan las lesiones de caries secundarias como razón principal para el reemplazo de las restauraciones dentales. En una revisión realizada por Demarco y col. se sugirió que en los estudios a corto plazo la razón principal del fracaso de la restauración fue por caries secundaria. Sin embargo, a largo plazo, más allá de los 10 años, los fracasos de estos materiales de restauración se debieron a la fractura (128).

Existe controversia entre diferentes autores en que un margen con una unión de adhesión adecuada puede estar sujeto a degradación con el paso del tiempo, y que ello aumenta la probabilidad de experimentar caries marginales posteriores (126). No obstante, existe consenso en admitir que la caries recurrente y la fractura de las cúspides son el motivo principal del fracaso de las reconstrucciones con resina (129).

## **2.3. Fluoruro diamínico de plata**

### **2.3.1. Evolución histórica**

El nitrato de plata es un elemento antimicrobiano utilizado industrialmente hace más de 100 años para potabilizar las aguas (59,130). Posteriormente, en 1969, el SDF ( $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$ ) se sintetizó para tratamientos dentales (75,131).

Este material es una disolución alcalina incolora compuesta por fluor y plata, los cuales forman un compuesto con amonio (5,8,132,133). La presencia del catión amonio permite conservar la disolución en una concentración determinada a lo largo de un cierto tiempo (8,133). Generalmente se usa en una concentración del 38-40%, con un pH de 8-10 (131,134-136). Este complejo es muy estable y dicho equilibrio se debe al ion diamino-plata (137). Como muchos de los compuestos de plata, el SDF bajo la radiación de la luz es inestable, por ello debe almacenarse en un frasco a prueba de la luz solar y utilizarse lo antes posible (138). Al contactar con la lesión de caries origina fluoruro cálcico ( $\text{CaF}_2$ ) y fosfato de plata ( $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ ) (131,135).

La estabilidad del reactivo es crucial en la detención del progreso de la caries. Un estudio realizado en 2013 evaluó las concentraciones de iones de flúor y de iones de plata en varios productos de fluoruro diamínico de plata disponibles comercialmente. No se

detectó ningún cambio significativo en las concentraciones ni en el pH 28 días después de abrirlos (139).

Biológicamente, el SDF es un agente bifuncional. Por un lado, el compuesto de plata directamente suprime las bacterias que provocan la caries dental; y, por otro lado, la interacción de la plata y del fluoruro actúan sinérgicamente para formar fluorapatita, fortaleciendo a los dientes y remineralizando su superficie (15,59).

Gracias a las propiedades antimicrobianas de la plata se ha utilizado históricamente tanto en medicina como en odontología (8,140). Asimismo, el flúor se ha utilizado en diferentes y diversas formas para prevenir y detener la caries (137). Por ello se planteó combinar ambos compuestos con el objetivo de limitar el desarrollo de caries y evitar nuevas lesiones de forma simultánea (8,59).

Se sabe la relación directa y proporcional entre los iones de plata bioactivos liberados y el efecto antimicrobiano (141). Las investigaciones indican que la plata se relaciona con los grupos -SH de las proteínas y con el ADN bacteriano, originando el enlace de hidrógeno y reprimiendo los procesos respiratorios, así como la formación adecuada del ADN, dañando la síntesis de la pared celular y a la división celular (142).

En 1960 se añadió a los compuestos de plata el componente de fluoruro con la intención de mejorar y promover sus propiedades “anti caries”. En estudios piloto preliminares de esta época ya se informó sobre la detención de la caries tras la aplicación de estos compuestos (143). Así pues, los primeros estudios *in vitro* realizados en relación al SDF afirmaron que dicho producto detenía el crecimiento del *Streptococcus Mutans* (144–146).

En 1969 Nishiro realizó la misma afirmación, basándose en sus resultados y centrándose únicamente en detención temporal (143). Un año más tarde, Moritani y col. afirmaron, según su estudio, que la aplicación de SDF detenía la mayoría de las lesiones activas de caries (147). Posteriormente en 1978, otros autores se sumaron a la afirmación de que el SDF detenía el desarrollo del *Streptococcus mutans* (144).

En 1960, Reiichi Yamaga en la Universidad de Osaka, Japón, desarrolló el SDF como agente terapéutico. Fue aceptado desde dicha fecha por el Ministerio de Salud y Bienestar

de Japón como material para tratamientos dentales, y es por ello que desde ese momento hasta la actualidad está siendo utilizado en dicho país (148).

Otras investigaciones indicaron que el uso de fluoruro de plata impide el progreso de caries en los dientes temporales (149). Otros estudios como los de Klein y col. se sumaron a la investigación de la capacidad del SDF en limitar la evolución de las lesiones cariogénicas (149).

Las investigaciones realizadas por Wu y col. en 2007 se centraron en analizar el comportamiento bacteriano cuando se les exponía a la plata. Los resultados experimentales mostraron que un pH más bajo aumentaba la toxicidad de la plata de manera dosis dependiente (142).

Diferentes autores han reportado el efecto antimicrobiano del SDF. Entre los estudios más relevantes se encuentra el de Gold y col. en el que observaron el efecto antimicrobiano contra el *S. Mutans* y *A. Naeslundii* situados en el biofilm cariogénico sobre la dentina (150). Estas conclusiones están de acuerdo con los mostrados por Mei y col. que reportan los mismos resultados utilizando SDF al 38% (151). Siguiendo esta línea De Almeida y col. afirmaron el efecto antimicrobiano del SDF incluso en concentraciones comerciales de entre 12 y 30% (152).

Mei y col. concluyeron que la aplicación de SDF al 38% paraliza el avance de las lesiones de caries reduciendo la desmineralización y la destrucción de colágeno. Además, la presencia de altas concentraciones de fluoruro y de plata puede inhibir el crecimiento microbiano de las especies presentes en biofilm cariogénico. También se ha sugerido que SDF tiene un efecto inhibitor sobre las metaloproteinasas, protegiendo así el colágeno en la destrucción en las lesiones de caries, y actuando como otra forma de protección contra la degradación dentinal (151). En otro estudio posterior de Mei y col. afirmaron que los compuestos primarios del SDF parecen reaccionar con los tejidos dentinarios, formando fluoruro de calcio, factor protector frente a la caries (130).

Esta solución se ha utilizado desde 1970 a nivel mundial, principalmente en pacientes pediátricos (30,153). Tomó gran relevancia debido al descubrimiento de sus propiedades antimicrobianas favorables, así como a su baja toxicidad (140,151). En los últimos 50

años son numerosas las investigaciones realizadas en relación al SDF que examinan la eficacia de las diferentes concentraciones sobre la lesión de caries (145).

También se aprobó y se utilizó en otros países como Argentina, Australia, Brasil y China durante muchos años para tratar las lesiones de caries (8,137,145). Posteriormente, en 2014, la FDA aceptó el empleo de SDF como una opción de tratamiento para la sensibilidad dental en pacientes de más de 21 años, es decir, como agente desensibilizante (132,154,155). Un año más tarde, en 2015, la FDA aprobó el uso de este producto para todos los pacientes, incluidos pacientes pediátricos (8,145,156).

Siguiendo a esta aprobación, la facultad de odontología de la Universidad de San Francisco en California (UCSF) dio a conocer un protocolo estandarizado, con indicaciones y con el formulario del consentimiento informado para el uso de SDF en odontología. Las indicaciones propuestas fueron pacientes a los que no se le pudiese realizar el procedimiento tradicional por motivos médicos o psicológicos, y pacientes con riesgo muy alto de caries que no pueden ser tratados con tratamientos convencionales (154,156).

Asimismo, en 2016 la FDA aprobó como terapia innovadora el uso del SDF como medicamento para tratar las caries severas de primera infancia (comunicado de prensa de “Elevate Oral Care” del 30 de octubre de 2016). Esta aprobación consistió en un compromiso para evaluar y ayudar en la aplicación en relación al nuevo medicamento. Esto, sumado a los numerosos ensayos clínicos realizados sugieren que el SDF es el primer fármaco aceptado por la FDA para tratar la caries dental (72). Actualmente la única fórmula disponible en los Estados Unidos es el diamino de plata al 38% (132,157).

A día de hoy existen países como China continental donde no está permitido su uso. A pesar de mostrar resultados favorables en las investigaciones chinas, la Administración Nacional de Productos Médicos de China no ha dado la aprobación de su uso. Sin embargo, en Hong-Kong al tener un sistema de salud diferente, sí que se permite su aplicación (158).

Gracias a la revisión realizada por Gao y col. en 2021 (158) y adaptada posteriormente por Zheng y col. (138) se puede observar en la siguiente tabla las directrices para el uso del SDF según los países (Tabla 2). En algunos países el SDF aún no está disponible,

mientras que en otros las organizaciones gubernamentales y/o asociaciones dentales han desarrollado pautas para su uso clínico. Destaca que no existe una directriz unificada sobre el uso del SDF a nivel internacional. La causa podría deberse a que, a pesar de demostrar la eficacia del SDF, no existe acuerdo científico en relación al protocolo de uso (138).

**Tabla 2. Directrices para el uso del SDF según los diferentes países (138).**

<b>PAÍSES</b>	<b>DIRECTRICES PARA EL USO DE SDF</b>
<b>ÁFRICA</b>	
<b>Egipto</b>	NO
<b>Ghana</b>	NO
<b>Kenia</b>	NO
<b>Nigeria</b>	NO
<b>Sudáfrica</b>	NO
<b>ASIA</b>	
<b>India</b>	NO
<b>Japón</b>	Guía de práctica clínica para el tratamiento de la caries.
<b>Mongolia</b>	Guía estándar y recomendaciones para el uso de SDF.
<b>Tailandia</b>	Guía sobre diagnóstico y manejo de caries.
<b>EUROPA</b>	
<b>Finlandia</b>	Directrices nacionales para el manejo de la caries.
<b>Suiza</b>	Orientación clínica y recomendaciones para el manejo de la caries.
<b>Reino Unido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimiento clínico estándar.</li> <li>- Nuevos recursos SDF de la Sociedad Británica de Odontología Pediátrica.</li> </ul>
<b>AMÉRICA DEL NORTE</b>	
<b>Canadá</b>	Nueva guía en el tratamiento de la caries por la Asociación Dental Canadiense.
<b>Estados Unidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pautas para el uso de SDF por la AAPD.</li> <li>- Guía clínica basada en la evidencia de tratamientos no restauradores para lesiones de caries de la AAD.</li> </ul>
<b>SUDAMÉRICA</b>	
<b>Argentina</b>	NO (Las organizaciones individuales tienen sus propias recomendaciones).
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocolo nacional en atención primaria del sistema de salud público brasileño.</li> <li>- Pautas para los procedimientos clínicos en odontopediatría.</li> </ul>
<b>OCEANÍA</b>	
<b>Australia</b>	Directrices australianas sobre el fluoruro.

Según el estudio realizado por Hadrup y Lam en 2014, aproximadamente se absorbe el 18% de la plata administrada por vía oral, excretándola posteriormente en la bilis y en la orina. Generalmente, parece afectar a todos los órganos, aunque se ha visto que la mayor tasa de afectación se encuentra en el intestino y en el estómago. Según la revisión realizada por Hadrup y Lam, una dosis de toxicidad muy elevada en animales puede variar y tener efectos como la muerte, pérdida de peso, hipoactividad, niveles de neurotransmisores alterados, enzimas hepáticas alteradas, valores sanguíneos alterados, agrandamiento del corazón y alteraciones inmunológicas (159).

Por otro lado, Vásquez y col. en su estudio analizaron la concentración sérica obtenida en sangre tras 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas y 4 horas tras la aplicación tópica oral de SDF. Los resultados sugieren que las concentraciones séricas tras la aplicación tópica de SDF no deberían plantear ningún riesgo de toxicidad en adultos, siempre y cuando se aplique por profesionales. La máxima concentración sérica de plata en la mayoría de los pacientes se observó entre 1 y 3 horas posteriores a la aplicación (160).

Otra investigación realizada en 2016 por Fung y col. a 18 meses, no se observó ningún efecto adverso grave. Sin embargo, no se puede excluir la posibilidad de padecer toxicidad en los niños debido a la ingestión de plata. Por ello sugiere prestar atención en relación a la seguridad de la aplicación de agentes de plata a altas concentraciones en niños pequeños (75).

Chu y col. estimaron que cada aplicación de la disolución sólo contiene 0.2 mg de fluoruro, que está muy por debajo de la dosis tóxica estimada de 5mg/kg (161,162). Una gota de SDF sería suficiente para tratar entre 6 y 8 dientes, conteniendo aproximadamente la mitad de la cantidad utilizada en la aplicación de barniz de flúor (15).

El SDF se puede encontrar en diversas concentraciones según el país donde se adquiera, así como el fabricante. La concentración habitual SDF es al 38%, conteniendo 380 mg de SDF diluido en 1ml de agua, o aproximadamente 44800 partes por millón de ion flúor (59,138). Otras concentraciones de SDF que se pueden encontrar son al 10%, 12% o 30%, también se puede encontrar SDF al 38% junto con KI (14,163).

Diferentes estudios han investigado la toxicidad potencial del SDF en niños. Gotjamanos y Alfonso afirmaron que el  $AgF_2$  comercializado al 40% en Australia, contenía altas

concentraciones de fluoruros y si se utilizaba para tratamientos en pacientes jóvenes podría causar fluorosis (131,164). Los servicios de Salud dental de Australia Occidental realizaron un estudio utilizando  $AgF_2$ , sin embargo no encontraron ninguna evidencia de su fluorosis utilizándolo de forma apropiada (131,165). Hasta la fecha no hay ningún informe clínico reportado de fluorosis como consecuencia del uso de SDF (131).

Entre el 2015 y el 2016 comenzó a introducirse el SDF asociado al yoduro de potasio en Europa, así como a distribuirse en España y otros países de la Unión Europea (156). Ha de recalcar que el SDF cumple con los 6 objetivos de calidad que indica el Instituto de Medicamentos. Estos objetivos comprenden: ser un producto seguro (no producir efectos adversos), ser eficaz (el SDF disminuye y/o detiene la caries dental), eficiente (puede ser aplicado por odontólogos de forma sencilla en cualquier lugar), preciso (aproximadamente se necesitan entre 30 segundos y 3 minutos en su aplicación), para pacientes seleccionados (por ejemplo, niños de corta edad y/o poco colaboradores) y ser equitativo (debe ser igual de eficaz para todos los grupos socioeconómicos, de diferentes razas, etnias y culturas) (15,166).

En 2016, Nelson y col., informaron de que el SDF estaba siendo incorporado rápidamente a los programas preventivos de odontología pediátrica de EE. UU. como un agente de control de caries. El principal inconveniente percibido fue la aceptación de los padres (154,155).

Cabe señalar que además de la aprobación acerca de su uso, existen países que han utilizado el SDF en programas comunitarios con el objetivo de frenar y prevenir las lesiones cariogénicas. Entre estos países se encuentra Cuba, Australia, Camerún, Filipinas y República Árabe Saharaui Democrática (167,168).

### **2.3.2. Mecanismo de acción**

El mecanismo exacto del SDF aún no se conoce (10,40,169). Sin embargo, aunque la interacción producida entre el SDF y el diente no ha sido claramente demostrada se plantea la hipótesis de que principalmente los iones de fluoruro reaccionan con la superficie del diente desmineralizada, mientras que los iones plata, al igual que sucede con otros metales pesados, provocan sus acciones antimicrobianas (10,169). Se cree que

la acción antimicrobiana del SDF frente al biofilm cariogénico es uno de sus principales mecanismos de acción (39).

El SDF tiene un efecto preventivo en la aparición de nuevas caries. Este producto paraliza de manera eficiente la evolución de la caries. La razón de este fenómeno podría ser el efecto sinérgico de iones de plata e iones fluoruro. Los iones argénticos inhiben el crecimiento de la biopelícula, mientras que el fluoruro aumenta la resistencia del mineral. La formación de fluoro hidroxiapatita con solubilidad reducida podría ser una de las principales estructuras producidas tras la aplicación del SDF (170).

Surendranath y col. en su revisión declaran 5 posibles mecanismos de acción del SDF en la caries dental: obturación de los túbulos dentinarios; productos resultantes de la reacción del SDF y el contenido mineral del diente; acciones anti enzimáticas de los productos tras la reacción; inhibición de las metaloproteinasas de la matriz y formación de fluorhidroxiapatita (62).

Durante la aplicación tópica del SDF, éste reacciona con los minerales de hidroxiapatita de la zona más externa del diente y con esta reacción se generan principalmente dos compuestos el  $\text{CaF}_2$  y el  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ , subproductos encargados de evitar la progresión de la caries, del endurecimiento de la superficie dental, además de demostrar una acción antimicrobiana contra múltiples tipos de flora microbiana cariogénica (10,137,139,142,151,169,171–173).

El  $\text{CaF}_2$  obtenido de esta reacción actúa como un depósito de fluoruro y facilita aún más la remineralización y conduce a la formación de fluorapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F})_2$ ), teniendo mayor resistencia frente a la agresión química (10,74,156,169,171).

El efecto del SDF en la caries se vincula con la producción de fosfato de plata al contactar con el esmalte dental. Al penetrar en los túbulos dentinales la estructura se ve comprometida y se bloquean los lúmenes. Asimismo, posee efecto antimicrobiano inactivando bacterias cariogénicas cuando entra en contacto con ellas (59,130,135,160,172,174).

Estructuralmente, estas reacciones provocan la destrucción bacteriana evitando la creación del biofilm (142). Se debe tener en cuenta que la dentina desmineralizada y

tratada con SDF tiene mayor resistencia a las bacterias, ya que el mineral de plata y de fluoruro se encuentra en mayor cantidad en comparación con la dentina sana (174).

Wakshlak y col. y Surendranath y col. describieron el proceso para el efecto duradero de agentes biocidas. Esto se produce por el "efecto zombi", el cual consiste en que las bacterias destruidas por los iones de plata se unen a las bacterias sanas, reactivándose la plata y eliminándolas a estas también (62,175). Esto ayuda a entender por qué los efectos antimicrobianos se mantienen en el tiempo (170,176).

Los iones de plata expresan su efecto antimicrobiano de diferentes maneras. En primer lugar pueden interactuar con las enzimas para mantener la vida y bloquear la movilidad de electrones en las bacterias. Asimismo, los iones de plata también pueden interactuar con el grupo tiol de las enzimas y desactivarlas, lo que resulta de la muerte celular bacteriana. En segundo lugar, los iones de plata tienen la capacidad de adherirse a las células bacterianas a través de la interacción con sus paredes o membranas celulares. Se adhieren electrostáticamente a zonas aniónicas de las membranas e inhiben el movimiento del organismo o causan la rotura de la membrana. En tercer lugar, estos iones pueden interactuar con el ADN de las células bacterianas. A menos que el ADN esté contenido dentro del núcleo, tal como en células eucariotas, la interacción entre los iones de plata y ADN bacteriano dará lugar a la mutación del ADN y la muerte de una célula bacteriana. En cuarto lugar, cuando los iones de plata se unen a los aminoácidos, se forma un complejo órgano-metálico, pudiendo inhibir el movimiento del organismo o causar la rotura de la membrana celular. Por tanto, la resistencia bacteriana contra la plata es muy difícil de lograr debido a sus múltiples mecanismos antibacterianos (170,176).

En estudio *in vitro* sobre la penetración de SDF en la estructura del diente sano, se observó que a nivel de esmalte penetra aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  y en dentina de 50-200  $\mu\text{m}$ , mientras que en las lesiones detenidas alcanzan un espesor aproximado de 150  $\mu\text{m}$  (131,177).

### **2.3.3. Efecto clínico**

Según la revisión científica los efectos clínicos principalmente son (145):

1. Efecto cariostático tanto en dientes temporales como permanentes.
2. Disminución en el avance de la lesión de caries.
3. Aumento en la dureza de la dentina careada.
4. Prevención en superficies oclusales e interproximales.
5. Reducción de sensibilidad dentaria.

### **2.3.4. Tasa de éxito del fluoruro diamínico de plata**

Fung y col. en 2018 equipararon la efectividad del SDF al 12% y al 38% en la interrupción del avance de caries dentinal en los dientes temporales. Entre sus resultados se obtuvo que el SDF al 38% era más efectivo en comparación con la aplicación del SDF al 12% (178). Estos resultados están en línea con los estudios *in vitro* realizados previamente por Mei y col. (130).

Según Fung y col., la tasa de detención de caries con SDF al 38% fue del 66,9% con una aplicación anual y del 75,7% con la aplicación semestral (178). Estas conclusiones son semejantes con los resultados mostrados en una revisión sistemática donde la cifra de detención de caries en dentina con la aplicación de SDF al 38% era de 65,9%. En esta revisión sistemática realizada en 2016 se analizaron 21 estudios y se concluyó que el SDF utilizado comúnmente en una concentración del 38% se puede considerar un producto eficaz (14).

El éxito obtenido del SDF en las investigaciones en la penetración y detención de las lesiones de caries (135,179,180), así como su aparente compatibilidad de unión *in vitro* con ionómero de vidrio (136,181) y con resinas compuestas, conllevan la aprobación justificada, en la mayoría de artículos publicados, del uso del SDF en un contexto de salud pública (136).

Desde hace más de dos décadas el SDF ha demostrado ser eficaz en los programas preventivos comunitarios, ya que es fácil de aplicar, de bajo coste y adecuado para la accesibilidad en todos los países con fines de salud pública (2,182,183). Asimismo, las directrices de la AAPD están a favor de la detención de lesiones cariosas en dentición temporal (157). No obstante, debido a la evidencia clínica limitada sobre el tema, muchos autores sugieren la necesidad de seguir investigando para unificar metodologías y poder establecer protocolos en la frecuencia de aplicación, factores de riesgo para el éxito en la detención, eficacia de tratamiento, etc. (150).

El SDF ha sido identificado como un agente cariostático tópico rentable, simple y de fácil aplicación, que se utiliza principalmente en las lesiones de caries y en la hipersensibilidad (58,154,180). Cabe destacar que existen varios factores asociados a que el éxito del tratamiento se alargue en el tiempo como la concentración de SDF, la frecuencia de aplicación, el lugar de la lesión, la posición de los dientes, la cantidad de placa en la lesión, el tamaño de la lesión, la edad con la que se comienza con la higiene dental y los estudios de la madre, padre y/o cuidador principal. Todos estos parámetros han sido asociados de forma significativa con la efectividad del tratamiento (75).

Gotjamanos, ya en 1996, observó en su estudio una respuesta favorable en dientes temporales tratados con SDF, incluyendo la formación de dentina reparadora. Sin embargo, el espesor de dentina necesaria para proteger a la cámara pulpar aún se desconoce (30,184).

Un ensayo clínico mostró mayor eficacia del SDF en la paralización de las caries activas en dentición temporal equiparado con el tratamiento consistente en realizar una obturación provisional con ionómero de vidrio (183). La tasa de éxito del SDF en la detención de caries es aproximadamente del 81% en las lesiones activas de caries (14,72). Se debe tener en cuenta que estos datos se asemejan con la tasa de los tratamientos restauradores realizados bajo anestesia general (72,185). Por otro lado, Ruff y Niederman en 2018, demostraron la no inferioridad del SDF en comparación con los sellantes tradicionales en la detención y la prevención de caries (60).

Estudios posteriores de autores australianos introdujeron el yoduro potásico para minimizar y enmascarar la tinción con un precipitado blanco; obtuvieron resultados

similares a largo plazo en el efecto de este tratamiento, así como su aceptable interacción con diversos materiales de restauración (136,186,187).

### **2.3.5. Indicaciones del fluoruro diamínico de plata**

Desde 1969, las indicaciones más comunes del SDF han sido detener la caries en dientes temporales, prevenir las caries en fosas y fisuras de la dentición permanente en erupción y prevenir la caries de dentina en los dientes anteriores temporales (8,62,180,188). Además, el SDF también se utiliza para la hipersensibilidad dental, así como para la desinfección de los conductos radiculares (8,133).

Otros estudios como el de Hiraishi y col., investigaron el efecto antibacteriano del SDF en diferentes porcentajes como agente contra el biofilm del *Enterococcus faecalis* y su disposición para acceder en los túbulos de la dentina a través de la creación de sales de plata. Describieron la capacidad del SDF de adyuvante antimicrobiano al utilizarlo en la irrigación intraconducto (189).

Spacciapoli y col. mostraron que con el uso del  $\text{AgNO}_3$  se consiguió disminuir patógenos periodontales gracias al contenido en plata (190). Estos datos proponen al  $\text{AgNO}_3$  como un antimicrobiano local frente a la periodontitis (145).

Ha de recalcar que la AADP especifica que es esencial que los pacientes pediátricos y/o con necesidades especiales de salud reciban un examen exhaustivo dental, así como el diagnóstico junto con el plan de tratamiento antes de la aplicación de este material (10). El SDF, a pesar de considerarse una valiosa herramienta clínica, siempre se debe evaluar de forma individualizada a los pacientes candidatos para este tratamiento (157).

A diferencia de otros agentes preventivos frente a la caries, el SDF puede realizar de forma simultánea y en la misma aplicación, tanto la detención de la caries como la prevención de la misma (170).

Actualmente, las principales indicaciones en el uso del SDF son:

- Pacientes de elevado riesgo de caries (156).

- Lesiones cavitadas activas en sector anterior o posterior de pacientes odontopediátricos (28,156,157).
- Lesiones de caries cavitadas en pacientes especiales (28,157); pacientes con lesiones activas con alteración en el flujo salival (secundarios al tratamiento oncológico), síndrome de Sjögren y pacientes polimedicados (156).
- Pacientes con múltiples lesiones de caries a los que no se le pueda realizar el tratamiento en una única sesión (28,157).
- Pacientes de difícil manejo con lesiones de caries activas cavitadas (28,157), incluyéndose a aquellos pacientes que por razones médicas o psicológicas no sea posible su colaboración. Generalmente, estos son pacientes candidatos a la anestesia general para poder realizar tratamientos restauradores (145).
- Pacientes que no puedan o a los que le resulte complejo acceder a la atención dental (28,145,157) donde el SDF puede proveer de un efecto preventivo con una técnica sencilla, económica y sin necesidad de formación compleja de los profesionales que lo apliquen (191).
- Lesiones difíciles de tratar, como aquellas situadas en la interfase obturación-estructura dental y coronadas, así como caries en furca y superficie de un diente parcialmente erupcionado. Es decir, todas aquellas lesiones de caries que planteen un tratamiento restaurador complejo (145).

### **2.3.6. Reacciones adversas**

El efecto adverso más conocido asociado con la aplicación de SDF es la tinción oscura en la lesión de caries (1,28,40,62,178). Rossi y col. en su estudio en 2017 concluyeron que el uso de SDF produce efectos adversos mínimos a nivel de las estructuras dentales (131). De hecho, en Japón no se ha reportado ningún efecto adverso desde que comenzó a utilizarse Saforide<sup>®</sup> (137).

Según la bibliografía se han reportado diferentes efectos adversos:

- Sabor amargo metálico (1,138,156,157).
- Tinción temporal de piel y mucosas, resuelta en un plazo de 2 a 14 días (1,156,157). El SDF puede provocar manchas en las superficies de trabajo, objetos, así como en la ropa (138,145).
- Irritación o lesiones de la mucosa por contacto accidental con el producto, resuelto en un plazo de 48 horas (1,15,138,192).

Otros efectos adversos hipotéticos son:

- Fluorosis (62,138,145).
- Irritación de la pulpa y posterior necrosis pulpar (62,138,145).
- Inflamación pulpar leve y reversible (15).

Uno de los motivos de preocupación con este producto es la posible reacción pulpar o gingival. En los estudios revisados por Crystal y Niedelman, los cuales abarcan desde 2002 a 2016, no observaron ninguna reacción adversa pulpar y sólo al 0.1% de los niños le provocó una irritación gingival leve (15).

No se ha reportado ningún daño pulpar grave o reacción del SDF (135,157,184). Sin embargo, no se recomienda el uso en dientes con exposición pulpar. Las lesiones extensas se deben valorar de forma individual (157). Por otro lado, Llodra y col. y Chu y col. informaron que las aplicaciones con SDF pueden producir irritación gingival reversible, aunque esta desventaja se reduce al mínimo cuando el SDF se aplica utilizando un protocolo adecuado de aislamiento relativo (135,137).

Se sabe que un alto contenido en flúor de forma sistémica podría producir fluorosis dental. Por ello, una de las preocupaciones surge en relación a las concentraciones del SDF mal controladas. Con el objetivo de resolver esta cuestión, el Departamento de Salud de Australia Occidental realizó una investigación mostrando que no hay relación entre la fluorosis y el SDF (165).

Hay que tener en cuenta que algunos autores sugieren que el SDF asociado a KI no se debe usar en embarazadas y durante la lactancia para prevenir posibles efectos en la tiroides (145).

### **2.3.7. Seguridad del uso**

Se calcula que con una gota (25 µl) se podrían tratar 5 dientes. Esta gota se compone de 9,5 mg de SDF. Considerando que los pacientes más pequeños rondarán los 10 kg, la dosis utilizada correspondería a 0,95 mg/kg, cantidad ampliamente considerada dentro del margen de seguridad (156).

Un estudio farmacocinético encontró que 2,37 mg de SDF fue la mayor dosis aplicada para un total de 3 dientes temporales, estando esta cifra muy por debajo de la dosis tóxica aguda menor a 400 veces (160). A esto se suma que la aplicación de SDF se realiza en un total de una o dos veces al año, por lo que el problema de seguridad a una exposición excesiva de flúor es insignificante, y por tanto se puede considerar un material seguro (11,59,178).

### **2.3.8. Ventajas y desventajas**

Las ventajas principales del SDF son su eficacia, la facilidad de uso y el bajo coste (193). Con respecto a los programas comunitarios en países en desarrollo son muchas las ventajas observadas. En primer lugar, su eficacia en la detención de las lesiones de caries, ya que si no se tratan causarán dolor e infección. En segundo lugar, el coste es reducido, por lo que podría ser asequible en la mayoría de las comunidades. En tercer lugar, el procedimiento es sencillo y simple, por lo que podría ser aplicado por trabajadores sanitarios de atención primaria. En cuarto lugar, no requiere de aparatología específica, material o equipos costosos. Y, por último, en quinto lugar, no es un tratamiento invasivo, por lo que el riesgo de propagación infecciosa es muy bajo (15).

La principal desventaja es la coloración oscura permanente que se observa tras su aplicación en las zonas cariosas. También puede manchar cualquier objeto o superficie que esté en contacto con la solución de SDF. Asimismo, también puede provocar manchas temporales en mucosas y labios (132).

Con respecto a la tinción que produce el SDF sobre la dentina con lesión de caries cavitada, han sido múltiples autores los que lo han demostrado en sus estudios y publicaciones (30,59,137,178). Además, el estudio publicado por Quock y col. en 2012, demostró que en la dentina no careada tratada con SDF también se observaba tinción (30).

La solución de SDF tiene un sabor metálico que no resulta agradable. Sin embargo, al ser una cantidad reducida y ser un sabor transitorio suele ser aceptado (193).

### **2.3.9. Pasos clínicos según la recomendación de la AADP**

1. Retirar los residuos gruesos (alimentos y biofilm) proporcionando mayor contacto del producto con la superficie dental (157).
2. Minimizar el contacto con mucosas y encía para evitar, en lo posible, la potencial tinción o irritación de las mismas. Utilizar para ello el aislamiento apropiado con cuidado de no cubrir inadvertidamente las zonas a tratar (157).
3. Secar con aire, con algodón o bien con una gasa las zonas a tratar (157).
4. Humedecer ligeramente el microcepillo, retirando los excesos antes de la aplicación (157), esperar de 1 a 3 minutos (145). Se debe matizar que la duración en la aplicación no se ha correlacionado con los resultados obtenidos en los estudios, sin embargo, se recomienda el mayor tiempo de aplicación, para así disminuir la preocupación de la eliminación con un enjuague subsiguiente (156).
5. Eliminar el sobrante de SDF con una gasa o con algodón para minimizar la absorción sistémica. Mantener el aislamiento, siempre que sea posible, un tiempo aproximado de tres minutos (157).

La eliminación de tejidos afectados por caries previa a la aplicación del SDF no parece afectar a la capacidad de detención de caries. Lo y col. demostraron en su investigación que tras 18 meses no se observaron variaciones entre el grupo al que se le realizó la remoción parcial de caries en comparación con el grupo al que no se le realizó dicha remoción (193).

Recientemente se ha propuesto la aplicación previa en la superficie dentinaria afectada por caries de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ya que puede ayudar en la eliminación de la capa de hidroxiapatita superficial la apertura de los túbulos dentinales de la dentina afectada acelerando así la penetración del SDF. Sin embargo, son pocos los estudios y se debe seguir investigando al respecto (169).

### **2.3.10. Aplicación práctica del fluoruro diamínico de plata**

Según la AAPD las recomendaciones en la aplicación práctica son las siguientes (157):

1. La no intervención del diente, ni la eliminación de la dentina afectada ni infectada. No se considera requisito necesario para lograr el éxito del tratamiento.
2. Proteger a los pacientes con baberos con capa plástica.
3. Utilizar torundas de algodón para minimizar en lo posible la coloración de las zonas orales no tratadas, así como el uso de cualquier otro tipo de aislamiento apropiado.
4. Usar un vaso dappen para colocar el producto, evitando colocarlo en recipientes de vidrio o metal, ya que podría deteriorarse.
5. Depositar los guantes, torundas de algodón, microcepillo, etc. en una bolsa de residuos individual para evitar tinciones de superficies de trabajo u otros objetos.

### **2.3.11. Tiempo de aplicación**

Como ya se ha mencionado anteriormente, una revisión científica establece que la duración en la aplicación no se relaciona con los efectos (156). Siguiendo esta línea, la AADP recomienda la realización de más estudios para establecer un protocolo ideal. No obstante, la recomendación aportada es la aplicación de SDF durante un minuto, utilizando un flujo de aire suave hasta el secado total del producto. Los tiempos de aplicación, según la AADP, oscilan de 10 segundos a 3 minutos (157).

Es recomendable y razonable realizar fotografías de control para realizar un seguimiento de la lesión de caries (156,169).

### **2.3.12. Frecuencia de aplicación**

La eficacia de una sola aplicación de SDF oscila entre el 47 y el 90%; en ello influirá el tamaño de la lesión, la localización del diente y de la lesión (157).

Un estudio mostró que los dientes anteriores tenían tasas más altas de detención de las lesiones cariosas en comparación con los dientes de sectores posteriores (75). La efectividad en la detención de la lesión de caries disminuye con el tiempo. Después de una sola aplicación de SDF al 38%, la mitad de estas lesiones volvieron a ser activas tras 2 años (179).

Según la revisión realizada por Crystal y Niederman en 2016, el tratamiento más efectivo en relación a la concentración de SDF fue al 38% aplicado dos veces al año. Las cifras muestran una detención de la caries en el 80% de las lesiones, así como la reducción de la recidiva en dichos dientes tratados (15).

La AADP recomienda, siempre que sea posible, revisión de la lesión a las 2-4 semanas y considerar si es necesario otra aplicación en las lesiones en las que sea necesario. Se recomienda hacer revisiones según el riesgo de caries (cada 3, 4 o 6 meses). También se recomienda disminuir los factores de riesgo de forma individualizada, ya que el objetivo principal no sólo es detener la caries activa existente, sino la no aparición de nuevas lesiones de caries (157).

Autores como Evans y col., Denisson y col. y Zhi y col. están de acuerdo en sugerir que la aplicación de SDF cada 6 meses reportaría resultados mejores. Además, el hecho de realizarlo cada 6 meses coincide con la frecuencia de las revisiones en pacientes de alto riesgo. Estos autores están de acuerdo en afirmar que es una alternativa viable con pacientes no colaboradores y donde no existe el acceso a la consulta odontológica (61,194).

Otras publicaciones han mostrado que la aplicación de SDF dos veces al año hasta la restauración convencional o la exfoliación natural resultó ser más eficaz en el control de la caries en comparación con una sola aplicación al año (61,154,179). Según Duangthip, el aumento anual de una a dos aplicaciones de SDF aumentaría la detención de caries en un 15% aproximadamente (195).

En una revisión sistemática realizada en 2018 se concluyó que tras 30 meses de seguimiento, el uso de SDF al 38% aplicado 2 veces al año resultó tener un 1,13 veces más de probabilidad de detener las lesiones cavitadas sobre los dientes temporales en comparación con la aplicación anual; y un 1,29 más de probabilidad de detención en caries cavitadas comparado con la aplicación de SDF al 12% aplicado dos veces al año (28).

Urquart en 2019, de acuerdo con lo publicado en 2018 por Slayton y col., sugiere que el SDF al 38% aplicado dos veces al año fue el método de mayor eficacia ante la detención de caries en dientes temporales, en comparación con la aplicación de SDF al 12% aplicado dos veces al año o SDF al 38% aplicado anualmente (1,28).

### **2.3.13. Recidiva de lesiones de caries tras su tratamiento**

La tasa de recidiva de lesiones de caries tras el tratamiento restaurador bajo anestesia general debe ser destacado, ya que la incidencia es muy alta según diversos autores. Estas tasas de recidiva indican la necesidad de mejoras en los planes de tratamiento y en los modelos de atención (70,72,192). Tras 6 meses, el 38%  $\pm$  1% de los pacientes presentaban nuevas lesiones (70,72,192,196,197). Esta cifra aumenta al año, presentando en un 45%  $\pm$  32% después de 1 año (72,192,198,199). Y tras 2 años la tasa de recidiva se encuentra entre el 62%  $\pm$  15% (72,192,200–202).

Un aspecto destacado en relación al SDF es la disminución observada en la aparición de nuevas lesiones activas de caries en niños. Esta disminución oscila entre  $58\% \pm 22\%$  después de entre 1 a 3 años en comparación con controles sin tratamiento o con placebo (72,135,161,167,203).

Según la revisión sistemática realizada en 2018, la dureza de las superficies del diente al sondaje es una indicación de que la lesión de caries está detenida. En contraste, el color de la lesión (generalmente negra debido a la aplicación del SDF), no es un método juzgable en la detención de una lesión (28).

Se debe recalcar la importancia de la supervisión activa de las lesiones no cavitadas y cavitadas durante el curso del tratamiento no restaurador para asegurar el éxito de la detención de la lesión. Los odontólogos deben observar la evidencia radiográfica, así como la dureza mediante un suave sondaje, y en el caso de no ver estos signos, implementar opciones de tratamiento adicionales o alternativas (28).

El estudio realizado por Fung en 2018 obtuvo que una buena higiene oral y la ausencia de biofilm en las lesiones son de suma importancia para obtener el éxito de la no recidiva tras la aplicación de SDF (178). Estas conclusiones son similares con un estudio previo por Duangthip y col., en que se observó que la aplicación de SDF en las lesiones cavitadas no fue bastante para evitar el avance de nuevas caries durante periodos de 30 meses en niños de alto de riesgo de caries (11).

Por tanto, el número de aplicaciones de SDF junto con la higiene oral puede tener una correlación importante. El número de cepillados diarios debe influir en la decisión de la periodicidad de las aplicaciones con SDF. En los pacientes con mala higiene bucal, el uso semestral de SDF ha demostrado ser más eficaz en comparación con el uso anual (178).

#### **2.3.14. Adhesión**

Autores como Quock en 2012, mencionaron que a medida que fuese creciendo la evidencia en relación al uso del SDF, la investigación y el papel de la operatoria dental también iría en aumento (30).

En los primeros estudios realizados en relación a la adhesión, Yamaga y col. afirmaron que los resultados obtenidos en sus investigaciones mostraban que el uso conjunto de SDF e IV elevaba la fuerza de unión (181). Siguiendo esta línea Auychai y col. en 2022 obtuvieron como resultado en su estudio una mayor fuerza de unión al cizallamiento con el uso de SDF previo a la obturación con ionómero de vidrio (3).

Sin embargo, la mayoría de autores afirman que la aplicación tópica de SDF no interfiere (ni de forma beneficiosa ni de forma perjudicial) con la unión de las restauraciones, sea con resina o con ionómero de vidrio (10,59,74,161,169,171).

En la misma línea, autores como Knight, McIntyre y Mulany se centraron en analizar, tras el uso del SDF, la efectividad posterior de la resistencia de unión entre los materiales de restauración y la dentina (136).

Quock y col. mostraron que el SDF al 38% no influye en la adhesión entre las RR y la dentina no careada. Sin embargo, aconseja que se deben utilizar AAG o sistemas de grabado en dos fases (30). Posteriormente, Knight y col. investigaron acerca de la influencia del SDF y KI (combinación utilizada en diferentes zonas europeas y en Australia) y la unión entre dentina y RIV. Como conclusiones sugirieron que mientras exista un enjuague con agua de la zona donde se ha aplicado el SDF no influiría en la fuerza de adhesión (136). Por otro lado, Horst y col. aclaran que con la limpieza y el enjuague con agua no se necesitaría ningún paso más antes de realizar las restauraciones. Sin embargo, se aconseja la eliminación de la dentina más superficial tratada con SDF previo a la cementación de coronas (156).

### **2.3.15. Estética**

El sello distintivo del SDF es la tinción que produce sobre el diente. Esta tinción suele ser permanente a menos que sea restaurada. Algunos autores sugieren la necesidad de mejorar la estética resultante de la aplicación del SDF sobre las lesiones de caries para poder ampliar en mayor medida su uso (157).

Se contempla el uso de ionómeros de vidrio para ayudar a la detención de la caries, así como la prevención de la recidiva de las lesiones de caries. Además, su color blanco hace que sea una buena opción para su uso en sectores anteriores (61).

Algunos autores sugieren la eliminación parcial del tejido afectado en cuestiones estéticas, ya que en algunos estudios, como el realizado por Lo y col., se mostró que la eliminación de caries antes de la aplicación de SDF redujo la proporción de tejido teñido tras la aplicación de SDF (193).

Por otro lado, Knight y col. llevaron a cabo estudios *in vitro* combinando SDF y KI, la cual disminuye la tinción de la superficie con caries mientras que preserva las propiedades antimicrobianas. Sin embargo, no todos los países que usan el SDF, hacen uso de dicho producto con esta combinación (136,163). La revisión realizada por Hiait y col. muestran que no hay una diferencia estadísticamente significativa de la acción antimicrobiana utilizando SDF de forma única o combinándolo con KI (39).

La mayoría de los padres prefieren el uso de esta opción para evitar el uso de otras técnicas como puede ser la sedación o la anestesia general. También se observó que un tercio de los padres aproximadamente tachó de inaceptable el uso del SDF bajo cualquier circunstancia debido a motivos estéticos (157). Según Crystal y Niedelman, una vez está controlada la lesión de caries, así como los factores de riesgo, estos dientes pueden ser tratados con tratamientos de restauración (15).

Son pocos los estudios publicados que evalúan la aprobación de la madre/padre para el uso de SDF en sus hijos. La aceptación de los padres en el uso de SDF en sus hijos fue mayor entre los padres de los niños no colaboradores o que requieren un manejo de conducta más avanzado. Aunque el principal inconveniente sea la tinción, muchos padres prefieren esta opción antes que la anestesia general (132,154,157,204).

Un estudio publicado por Hu y col. en 2018 informó que la mayoría de los padres estaban conformes con el resultado estético tras la aplicación de SDF en los dientes de sus hijos. Los niños también afirmaron que fue un tratamiento cómodo y sin dolor (205).

Asimismo, el nivel de aceptación en el estudio realizado por Gordon en 2018 aumentaba de acuerdo con el nivel de dificultad de tratamiento en clínica, es decir, encontraron correlación entre la aceptación y la no colaboración de los niños en clínica. Gordon,

también obtuvo mayor aceptación entre padres jóvenes, menor nivel de ingresos y de etnia hispana. Además, encontró un nexo significativo entre la educación de los padres, relacionando el menor nivel de educación con una mayor aceptación del tratamiento, independientemente del comportamiento del niño (132). Un año antes, en 2017, Crystal y col. desarrollaron una investigación semejante para valorar la aceptabilidad del tratamiento, obteniendo resultados similares. Los autores obtuvieron que cuanto mas jóvenes eran los padres, menores ingresos y menor nivel de educación, mayor aceptación en el uso de SDF. También se observó una mayor aceptación entre población hispana (157).

De acuerdo con el concepto de consentimiento informado, los odontopediatras/odontólogos están obligados y deben explicar todas las opciones de tratamiento no invasivos, así como los tratamientos de restauración. Es decir, deben explicar opciones de tratamiento y sus alternativas, así como sus beneficios y los posibles efectos adversos, incluyendo la ausencia de tratamiento a todos los pacientes (10,28). También se aconseja previo al tratamiento, mostrarles fotos a los padres con las imágenes reales de antes y después del tratamiento (10).

En el consentimiento informado se debe destacar especialmente la tinción esperada en las lesiones tratadas, la potencial coloración en la piel y mucosas, así como en la ropa; y la recomendación de nuevas aplicaciones del SDF para controlar las lesiones existentes y evitar nuevas lesiones de caries (10,206).

La decisión final sobre la gestión de la enfermedad y la aplicación del SDF debe ser una combinación entre el odontopediatra y los padres/pacientes, reconociendo individualmente el riesgo del avance de la enfermedad, estilo de vida y medio ambiente. Es esencial que los padres entiendan y acepten todo lo que conlleva el tratamiento (10,157).

### **2.3.16. Limitaciones y recomendaciones postoperatorias**

No hay limitaciones postoperatorias por parte del fabricante, así como no hay contraindicación en comer y beber poco después de la aplicación (157,169). No obstante,

varios ensayos clínicos recomiendan no comer ni beber durante los 30 o 60 minutos posteriores (61,179,183).

Cabe mencionar que los pacientes pueden seguir utilizando pasta fluorada de forma diaria tras la aplicación del SDF. Así pues, se necesitan más investigaciones clínicas al respecto, y así poder establecer y orientar las mejores prácticas postoperatorias a los pacientes (157).

### **2.3.17. Preparación de los pacientes y recomendaciones para los profesionales**

Se ha observado que en los dientes anteriores las tasas de detención de caries son mayores (61,75). Esto podría ser debido o bien a que en estas zonas la limpieza de las superficies es más accesible, o bien a que las superficies expuestas a la luz pueden dar lugar a que la precipitación de plata sea más activa (15).

En el estudio realizado por Zhi y col. en 2012 los resultados mostraron que la aplicación en los dientes anteriores, así como en las superficies lisas tenían una mayor probabilidad de mayor eficacia en la detención de la caries. Estos autores sugirieron que probablemente se debiese a que estos dientes son más fáciles de limpiar. Es importante destacar, que los dientes anteriores superiores, implicados generalmente en la ECC, responden de forma eficaz al tratamiento con SDF (61).

El comité de expertos en la revisión sistemática realizada en 2018 sugiere que el SDF puede ser más eficaz en dientes anteriores que en los dientes posteriores. Esto puede deberse en gran medida a que en el sector anterior es más fácil mantener una higiene adecuada, así como a la hora de aplicar el producto se puede mantener más fácilmente la superficie dental seca mientras se procede a la aplicación del SDF (28).

Por otro lado, cabe destacar que los estudios que han evaluado la percepción y aceptación del SDF en base a la tinción, obtuvieron que este producto está más aceptado para el uso de dientes posteriores en comparación con dientes anteriores (132,154,157,206). Asimismo, la aceptación de los padres ante el uso de SDF aumenta en los dientes temporales comparado con la dentición permanente. Por otro lado, la aceptación es mucho mayor en aquellos padres con niños con antecedentes no colaboradores en la clínica dental (154).

En su estudio en 2018, Gordon también obtuvo una mayor aceptación para dientes posteriores o zonas menos visibles (132). Esto concuerda con el estudio realizado un año más tarde por Bagher en 2019, donde la diferencia fue significativa en la aceptación del uso de SDF entre los padres con niños con antecedentes de no colaboración en la clínica dental con independencia de la ubicación de los dientes (si es sector anterior o posterior) y el tipo de dentición (temporal o permanente) (154). Investigadores como Crystal y col. y Clemens y col. obtuvieron los mismos resultados años anteriores (157,204).

### **2.3.18. Combinación de SDF y barniz de flúor**

Entendiendo que las lesiones de caries no cavitadas pueden ser detenidas y revertidas, se ha producido nuevo modelo de tratamiento de las lesiones de caries. Por ello, la investigación en relación a la caries también se ha centrado en el desarrollo de nuevas y mejores terapias remineralizantes. Asimismo, el fluoruro se sigue considerando la terapia más importante disponible en la actualidad para conseguir remineralizar la estructura dental (31).

Por otro lado, como ya se ha mencionado, existen resultados firmes acerca de que el SDF se considera el material de mayor eficacia en las caries en comparación con los barnices fluorados (10,14,59,74,137,161,171,172,188).

El uso principal del barniz de flúor es prevenir la caries en las superficies lisas, así como remineralizar las lesiones incipientes de desmineralización en esmalte de forma temprana. Por otro lado, el principal uso del SDF es detener las lesiones de caries cavitadas. Por ello, la combinación de productos puede ser beneficioso y queda por determinar. Una posible opción propuesta por Crystal y Niedelman es alternar su uso en intervalos de 3 meses (15).

En diferentes ensayos clínicos se ha afirmado que durante la aplicación tópica de SDF la cantidad de fluoruro retenido es casi 2 o 3 veces mayor en comparación con cualquier otro fluoruro tópico, como el fluoruro sódico, o el fluoruro estañoso (10,59).

Existen evidencias clínicas que sugieren que el barniz de NaF al 5% en comparación a no aplicar ningún producto sobre el diente con lesión de caries no cavitada muestra ser eficaz en la remineralización de estas lesiones en zona facial o lingual (1). El barniz de flúor al 5% es, desde hace décadas, uno de los productos más utilizados en prevención de caries, conteniendo 5% de fluoruro de sodio (193).

El estudio realizado por Lo y col. mostró que una aplicación anual de SDF al 38% era más efectiva para endurecer o detener la caries dentinal (lesiones cavitadas) en dientes temporales superiores anteriores en comparación con el uso de un barniz de NaF al 5% cada tres meses (193). Estos resultados coinciden por los reportados por otros investigadores anteriores a la fecha de dicho estudio (147,148,193).

Por otro lado, en las lesiones de caries oclusales no cavitadas la aplicación de sellado de fosa y fisuras en las caras oclusales junto con el uso de barniz de flúor al 5% cada 3-6 meses, resultó ser el método más eficaz para prevenir y revertir las caries. En zonas interproximales con lesión de caries no cavitada los expertos aconsejan el uso de barniz de flúor cada 3-6 meses, o bien solo o bien en combinación con sellantes o resinas de infiltración. Por otro lado, cuando las lesiones de caries se encuentran en superficies libres los expertos sugieren el uso de gel de APF al 1.23% o barniz de flúor al 5% (28).

Se estima que el coste entre el uso de barniz de flúor o de SDF es comparable y aproximadamente similar (207). En la revisión sistemática de 2018 los expertos recomiendan que para detener las lesiones de caries cavitadas sobre cualquier superficie de los dientes temporales se priorice el uso de la solución de SDF al 38% (aplicación bianual) junto con el uso de barniz de flúor al 5% (aplicación semanal durante tres semanas). Dado que no hay evidencia clínica directa para los dientes permanentes, los expertos hacen esta recomendación clara para dentición temporal y una recomendación condicional para dentición permanente (28).

La revisión sistemática publicada de forma posterior por Urquart en 2019, sigue esta misma línea, donde sugiere según la evidencia científica revisada que la combinación de selladores y de barniz de NaF al 5% es la opción más eficaz para las lesiones de caries no cavitadas en zonas oclusales. Por otro lado, para las lesiones de caries no cavitadas en zonas interproximales sugiere el uso de resinas infiltradas combinadas con barniz de NaF al 5% (1).

Según la revisión sistemática publicada por Lenzi y col., el barniz de NaF al 5% tiene mayor eficacia en comparación con la aplicación de gel de APF al 1,23%, o la no aplicación de ningún material. Asimismo, los autores compararon sus conclusiones con otros autores y sugieren que los selladores de fosas y fisuras podrían ser más eficaces que el barniz de NaF al 5% en las lesiones oclusales no cavitadas (1,208).

En la revisión sistemática publicada por Hafiz y col. en 2022 afirmaron que ha demostrado ser más efectivo el uso de SDF en la detención de caries en dentición temporal y permanente frente a los productos de fluoruro tópicos usados habitualmente en clínica (209).

### **2.3.19. Técnica atraumática frente al uso del fluoruro diamínico de plata**

Los estudios publicados por Chu y col. ponen de manifiesto que no es necesaria la remoción de tejido careado previo a la aplicación de los agentes fluorados (ya sea SDF o NaF), debido a que no existe un mayor efecto sobre la capacidad de detención de la caries (58,161).

Estos son de gran relevancia, ya que simplifican el proceso de aplicación, permitiendo una mínima intervención sobre la lesión de caries. Asimismo, se oponen a los resultados de Weerheijm y col. en 1999, donde consideraban necesaria la excavación completa de la caries previa a las restauraciones (210).

En la investigación de Dos Santos y col. confrontaron la aplicación de SDF al 30% frente a la técnica atraumática de obturación provisional con ionómero de vidrio. Los resultados mostraron que el SDF al 30% fue el de mayor eficacia para detener la caries. Además, a los 12 meses de seguimiento, el SDF continuaba siendo 1.73 veces más eficaz (183).

Los resultados de este estudio siguen la línea, y están de acuerdo con Niederman y col. en la cual afirman resultados muy prometedores en la detención de caries con el uso del SDF al 38% aplicándolo una vez al año. Se obtuvieron unas cifras que oscilan entre un 55.6% de detención de lesiones de caries en molares permanentes recién erupcionados, y obteniendo un máximo de detención de hasta un 96% en dientes temporales con lesiones de caries (211). En la revisión realizada por Wakhloo y col. concluyeron que no existe

diferencia estadísticamente significativa en la detención de caries a los 12 meses entre la aplicación de SDF al 30% y la técnica ART en molares primarios (2).

Se sabe que el ionómero de vidrio podría ayudar a remineralizar la lesión de caries debido a la liberación de flúor tras su colocación. Tras un día de su colocación se conoce que podría liberar 213  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  de fluoruro, el cual es el doble de liberación aproximada que una resina modificada con ionómero de vidrio (61,212).

Gracias a la alta viscosidad del IV y a la liberación de flúor que produce se considera un material recomendado para la obturación provisional de los dientes de leche, especialmente desde un enfoque del tratamiento atraumático restaurador (ART). Sin embargo, la tasa de retención relativamente baja se considera una desventaja clínica importante (213,214).

A pesar de que la obturación provisional atraumática sea efectiva en paralizar la caries por la liberación de fluoruro en boca, la literatura muestra tasas de fracaso muy elevadas. Estas tasas tras 12 meses, y dependiendo del tipo de cavidad y de las marcas utilizadas, pueden oscilar en baremos muy amplios de entre un 12% y el 96% (183,215). Dos Santos y col. pone de manifiesto que esto se debe a que con la caída del material las cavidades quedan al descubierto y las lesiones de caries progresan de una forma más rápida (183).

Tantbirojn y col. afirman que el fluoruro liberado por el ionómero de vidrio solo es efectivo en evitar la progresión de las caries incipientes, no siendo aplicable a las lesiones que afectan a la dentina (216). Asimismo algunos autores sostienen que la propiedad preventiva de la caries obturada con ionómero de vidrio es el resultado de su propiedad adhesiva a los tejidos dentales duros. Por ello, hay que tener en cuenta la capacidad del material para sellar las cavidades y evitar la filtración marginal de la obturación (183,216,217).

Dos Santos y col. afirmaron no haber encontrado diferencia significativa en la tasa de fracaso entre aquellos dientes con ART con IV que implicasen una o más superficies dentales, siendo del 52.2% para múltiples superficies y del 47.8% en una sola superficie. Con ello afirman que el tamaño de la cavidad no está relacionado con la pérdida de la restauración (183).

La baja retención obtenida en el estudio de Zhi y col. en 2012 en las obturaciones con IV tras 24 meses fue justificada por los múltiples factores que pueden contribuir, como la baja resistencia del producto utilizado, la no conformación de las cavidades tratadas en los dientes primarios y la eliminación parcial de las lesiones de caries (únicamente de tejidos blandos) (61).

Aunque los procedimientos de ITR y técnica de ART tienen técnicas similares, difieren en cuanto a la finalidad. El ITR puede usarse en niños, pacientes no colaboradores o con necesidades especiales, para los cuales la preparación y/o colocación de los materiales restauradores no son factibles o debe ser pospuesto (27,218–220). También puede usarse cuando coexisten varias lesiones de caries activas, previo a la restauración con material definitivo. Por otro lado, ART, aprobado por la OMS y la Asociación Internacional de Investigación Dental, es una técnica utilizada para reparar y evitar la caries en zonas de difícil acceso a la atención dental (27).

Tanto Opdam y col. como Dos Santos y col. destacan la importancia de plantear dos cuestiones como son “¿qué se entiende por restauración temporal?” y “¿en cuánto tiempo se estima la supervivencia de una obturación en los dientes temporales?” (183,221). En su investigación, Opdam y col., concluyen que hasta la fecha no es posible asignar cifras fiables que contesten estas preguntas, ya que sus resultados indicaron que la edad media de las restauraciones fracasadas se puede considerar como una medida engañosa de la durabilidad de las restauraciones. Por ello, estos autores afirman que aún se desconoce la longevidad de las restauraciones (221).

Recientemente se ha descrito en la literatura la técnica SMART, la cual implica el tratamiento de las lesiones de caries con SDF y posterior restauración con IV. Esta técnica ofrece enfoque prometedor para los tratamientos en dentición temporal, pudiendo implementarse en los programas de salud a nivel mundial (5,40,62).

### **2.3.20. Uso de SDF como tratamiento preventivo ante la desmineralización del esmalte en dentición permanente**

Cabe señalar la reducción significativa observada en la aparición de nuevas lesiones de caries en los niños que recibieron SDF anual comparado con los que no recibieron. Este

hallazgo percibido por Lo y col. sugiere que además de la capacidad ya conocida en paralizar las caries, el SDF también podría ofrecer una prevención primaria en las superficies sanas (193).

Son pocos los estudios que han investigado el posible efecto del ion plata en relación a la desmineralización del esmalte. No obstante, Liu y col. estudiaron a nivel ultraestructural la interacción de la plata y el flúor en relación a la desmineralización. Estas evaluaciones se realizaron mediante tomografías computerizadas, afirmando que el flúor impide la desmineralización del esmalte. Asimismo, afirman que el ion plata posee una efectividad inferior en comparación al flúor (222).

Posteriormente, May y col. afirmaron que en la lesión de caries tratada con SDF se podría observar una mayor densidad mineral y un aumento de la resistencia (130).



### **3. Justificación**

Los estudios que han investigado el fluoruro diamínico de plata difieren mucho en cuanto a objetivos, hipótesis, metodología, condiciones experimentales, sistemas de modelo y conclusiones.

El objetivo de estudios como el de Zhao y col. en 2018 fue revisar la evidencia sobre el SDF de las publicaciones en diferentes idiomas: chino, inglés, japonés, portugués y español. Concretamente se centró en los mecanismos de acción del SDF en las lesiones de la caries dental, incluyendo su acción sobre las bacterias cariogénicas. La amplia revisión realizada por este autor evidencia la efectividad en cuanto a la detección de la caries, así como a la prevención de lesiones de caries en algunos casos (8). En ese mismo año, se publicó un informe de actualización sobre el SDF por los autores González y Bakari donde se vio reflejada la justificación de su uso, así como su efectividad sobre las lesiones activas de caries (145).

Autores como Quock, ya en 2012, mencionaron que a medida que crece la evidencia en relación al uso del SDF, la investigación y el papel de la operatoria dental también iría en aumento (30). En la misma línea, este autor y otros autores, como Knigh y col. y Craig y col., se centraron en observar la influencia del uso de este producto en la efectividad posterior de la resistencia de unión a la dentina tras el uso del fluoruro diamínico de plata (136,186).

Se tiene constancia de la efectividad de la detención de caries mediante la aplicación del SDF al 38%. Sin embargo, se ha seguido investigando mucho acerca de la recidiva una vez transcurren los 6 primeros meses, ya que siguen siendo pacientes de alto riesgo de caries (135,161,179,183). Asimismo, autores como Crystal y col. en 2016 sugirieron la alternativa del uso de ionómero de vidrio tras la aplicación de SDF en dientes anteriores, reduciendo de ese modo aún más el riesgo de recidiva de caries y aumentando la estética dental anterior (15).

Por ello, la justificación de esta investigación se basa en conocer si el SDF influye en la adhesión de los principales materiales de reconstrucción en odontopediatría (tanto con ionómero de vidrio como con resinas), ya que una de las alternativas en aquellos pacientes candidatos podría ser detener la caries con la aplicación de SDF en una primera línea de

acción. Seguidamente, en una segunda línea de acción, se encontraría la prevención de la reactivación de dicha caries sellando la cavidad, bien con ionómero de vidrio o bien con resinas. De este modo, también se facilitaría la mejora de la higiene, por lo que ayudaría a prevenir nuevas caries y a la disminución del riesgo de caries.

Por otro lado, con respecto a los pacientes candidatos, podrían incluirse aquellos pacientes en los que no se pueda realizar tratamientos restauradores por cuestiones médicas, psicológicas o por edad. Asimismo, podrían incluirse pacientes con múltiples lesiones de caries, los cuales por el momento no puedan realizarse todos los tratamientos en un breve periodo de tiempo (ya sea por causas médicas, económicas, psicológicas o por edad), frenando de este modo las lesiones de caries hasta poder realizar los tratamientos estándares adecuados.

Con este método y siguiendo la línea de autores previamente mencionados (Quock, Knight, McIntyre y Mulany) se facilitaría el aislamiento, la técnica anestésica y la limpieza necesaria en comparación con la técnica estándar sin el uso de SDF.

#### **4. Hipótesis/Objetivos**

Este estudio *in vitro* tiene como propósito poner a prueba las siguientes hipótesis.

##### **Hipótesis Nula (HN):**

- El SDF no tiene efecto en la adhesión entre los diferentes materiales estudiados y el diente.

##### **Hipótesis alternativa (Ho):**

- El SDF tiene efecto en la adhesión entre los diferentes materiales estudiados y el diente.

## **OBJETIVO PRINCIPAL:**

Estudiar la relación entre el uso de SDF y la adhesión entre el diente y los materiales de restauración más utilizados en odontopediatría.

## **OBJETIVOS SECUNDARIOS:**

- Analizar si existen diferencias realizando grabado selectivo previo o únicamente utilizando adhesivo autograbante en la adhesión entre el diente y la restauración con resina tras la aplicación de SDF.
- Valorar si existe diferencia en la resistencia de la adhesión en la restauración con resina comparado con la restauración de ionómero de vidrio utilizando SDF de forma previa.
- Considerar si hay mejora en la adhesión al aplicar adhesivo autograbante previo a la restauración con ionómero de vidrio aplicando SDF.
- Examinar qué grupo muestra mejores resultados en la fuerza de adhesión tras el uso de SDF.
- Observar si el tipo de diente, premolar o molar, influye en la fuerza de adhesión con el uso de SDF.
- Valorar el orden de influencia de los diferentes materiales utilizados en los Grupos (aplicación de SDF y sistema de adhesión), así como el tipo de diente.

## 5. Metodología

### • CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Las variables utilizadas en este estudio pueden dividirse en dependientes e independientes. Por un lado, se encuentra la variable dependiente “fuerza de adhesión”, medida en Newton. Esta variable puede catalogarse como cuantitativa. Por otro lado, entre las variables independientes de este estudio se encuentran los “Grupos”, entendidos como la combinación de los distintos materiales (sistemas de adhesión y materiales de obturación) y la aplicación o no de fluoruro diamínico de plata. En este mismo grupo de variables independientes también se encuentra el “tipo de diente”. Todas estas variables del segundo grupo se definen como variables cualitativas.

En este estudio se definieron 2 grandes grupos en función de la utilización o no del fluoruro de plata a los que fueron asignados una serie de dientes permanentes naturales extraídos.

Cada uno de estos grupos se dividió, a su vez, en 4 subgrupos:

- Restauraciones con adhesivo autograbante y ionómero de vidrio.
- Restauraciones con adhesivo autograbante y resina.
- Restauraciones con sólo ionómero de vidrio.
- Restauraciones con grabado selectivo, adhesivo y resina

En definitiva, se dispusieron de 8 subgrupos independientes definidos a partir de la combinación de los factores. El outcome primario de la investigación fue la fuerza de adhesión evaluada mediante la máquina de ensayos universales “Shimadzu”.

La hipótesis alternativa de la investigación sugiere que la utilización del SDF es beneficiosa para la adhesión de los materiales restauradores y por tanto debería haber diferencias en la resistencia entre los grupos de trabajo.

El artículo de Quock en 2012 (30) puede servir de referencia para conocer cuál es la fuerza de adhesión media y variabilidad tras el uso de material de SDF, similar a este estudio. En su apartado de resultados reporta fuerzas medias de adhesión en el rango 24-

39 Mpa con desviaciones 2,5-11,5. Con estos valores, los tamaños de efecto varían de medios ( $f=0,25$ ) a grandes ( $f=0,4$ ).

Se estimará el tamaño muestral mínimo necesario para detectar fuerzas medias de adhesión entre los 8 grupos como significativamente distintas. La tabla siguiente proporciona los tamaños muestrales para diferentes valores de potencia estadística (Tabla 3)

**Tabla 3.** Tamaño muestral total necesario para diferencia de la fuerza media de adhesión entre grupos y potencia estadística para un nivel de confianza 95% y un test F del modelo ANOVA de una vía.

Tamaño efecto (f)	Potencia alcanzada		
	70%	80%	90%
<b>0,1 (pequeño)</b>	1184	1448	1840
<b>0,25 (medio)</b>	200	240	304
<b>0,4 (grande)</b>	88	104	128

Para diferencias de la fuerza media entre los grupos compatibles con un tamaño de efecto medio ( $f=0,25$ ), se necesitó un total de 240 dientes para detectar la diferencia como significativa con una potencia del 80% y a nivel de confianza 95%.

- **MUESTRA**

Se seleccionaron 240 dientes humanos permanentes extraídos, divididos en 8 grupos de 30 casos cada uno ( $n=30$ ), según el pretratamiento o no con SDF, y el uso de diferentes sistemas de adhesión y materiales de restauración (Tabla 4). Todos los pacientes firmaron

el consentimiento informado previo a la extracción dental (Anexo 1). El periodo de recogida de la muestra, dientes extraídos vitales que cumplieron los requisitos de inclusión, fue de septiembre de 2020 a mayo de 2021, en las clínicas de la Universidad Católica de Valencia. El Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Católica de Valencia aprobó la realización del mismo con fecha 14 de Noviembre de 2019.

**Tabla 4 . Distribución de la muestra en los diferentes grupos según uso o no de pretratamiento, y el uso de los diferentes sistemas de adhesión y materiales.**

<b>GRUPO 1</b>	Restauración con aplicación de adhesivo autograbante y ionómero de vidrio.
<b>GRUPO 2</b>	Restauración con aplicación de adhesivo autograbante y resina.
<b>GRUPO 3</b>	Restauración únicamente con ionómero de vidrio.
<b>GRUPO 4</b>	Restauración con uso de grabado selectivo, aplicación de adhesivo y obturación con resina.
<b>GRUPO 5</b>	Pretratamiento con SDF y restauración con aplicación de adhesivo autograbante y ionómero de vidrio
<b>GRUPO 6</b>	Pretratamiento con SDF, restauración con aplicación de adhesivo autograbante y resina.
<b>GRUPO 7</b>	Pretratamiento con SDF y restauración únicamente con ionómero de vidrio.
<b>GRUPO 8</b>	Pretratamiento con SDF, grabado selectivo, aplicación de adhesivo y obturación con resina.

Los criterios de inclusión utilizados de la muestra fueron:

- Dientes permanentes no tratados extraídos por motivos periodontales y/o ortodóncicos.
- Únicamente se utilizaron premolares y molares.
- Todos los dientes permanecieron en un recipiente en una disolución de cloruro de sodio al 0,9% hasta su uso en este estudio para mantener la hidratación.

Por el contrario, los criterios de exclusión de la muestra fueron:

- Todos aquellos dientes que habían sido tratados mediante tratamientos conservadores como restauraciones, tratamientos pulpares, prótesis, etc.
- Dientes muy desgastados.
- Dientes con diagnóstico de sospecha de fisura.

### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA EN CLÍNICA**

Durante todo el periodo de recogida de muestra los dientes estuvieron sumergidos en una solución de cloruro de sodio al 0,9% para poder mantener la hidratación. Esta solución se fue cambiando de forma rutinaria cada 72 horas hasta el momento de realizar las preparaciones. Una vez recogida toda la muestra se sumergieron los dientes seleccionados en hipoclorito de sodio al 5% durante 10 minutos. Posteriormente se zocalaron de forma individual en escayola, se numeraron y se distribuyeron en los diferentes grupos.

Cabe mencionar que todos los dientes fueron limpiados con ultrasonidos y/o curetas, eliminando de este modo los restos de tártaro. Asimismo se limpiaron todas las caras de los dientes con un cepillo de profilaxis utilizando el contraángulo para eliminar los posibles restos de biofilm o suciedad.

En clínica se realizaron en todos ellos cavidades tipo Clase V (Figura 2), con una profundidad y extensión aproximadamente similar de 2 mm y 5 mm respectivamente. Todos los márgenes fueron biselados para que las cavidades fueran expulsivas y poder valorar de forma adecuada la adhesión.

En la totalidad de los dientes, y durante el último paso (aplicación de la resina o del ionómero de vidrio) se introdujo el botón de tracción antes de la polimerización del material. En todos los materiales y pasos realizados se ha tenido en cuenta las instrucciones del fabricante.



*Figura 2. Preparación de la cavidad Clase V en los dientes de la muestra*

Según los grupos, los pasos realizados tras la realización de la cavidad Clase V fueron:

- **GRUPO 1: Restauración con aplicación de adhesivo autograbante y ionómero de vidrio (AAG + RIV)**

Aplicación de forma homogénea del adhesivo autograbante *Futurabond*® en la cavidad durante 20 segundos, se aplicó aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

Seguidamente se restauró la cavidad con ionómero de vidrio (*Ionoseal*®) y se polimerizó durante 20 segundos (Figura 3).

- **GRUPO 2: Restauración con aplicación de adhesivo autograbante y resina (AAG + RR)**

Aplicación de forma homogénea de AAG (*Futurabond*®) en la cavidad durante 20 segundos, se aplicó aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

A continuación se obturó la cavidad con resina fluida *GrandioSO Heavy Flow*® y se polimerizó durante 20 segundos.

- **GRUPO 3: Restauración únicamente con ionómero de vidrio (RIV)**

No se realizó ningún acondicionado ni pretratamiento previo. Únicamente se obturó la cavidad con ionómero de vidrio (*Ionoseal*®) y se polimerizó durante 20 segundos.

- **GRUPO 4: Restauración con uso de grabado selectivo, aplicación de adhesivo y obturación con resina (AAO + AAG + RR)**

En primer lugar se aplicó ácido ortofosfórico al 37% durante 15-20 segundos para acondicionar el esmalte. Seguidamente se enjuagó con agua durante 15 segundos y se secó la superficie.

A continuación, se aplicó de forma homogénea el adhesivo autograbante *Futurabond*® en la cavidad durante 20 segundos, aplicación posterior de aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

Por último, se obturó con resina fluida *GrandioSO Heavy Flow*® y se polimerizó durante 20 segundos.

- **GRUPO 5: Pretratamiento con SDF y restauración con aplicación de adhesivo autograbante y ionómero de vidrio (SDF+ AAG + RIV)**

Aplicación cuidadosa a lo largo de toda la cavidad de la solución de la cápsula plateada de *Riva Star*® (fluoruro diamínico). Inmediatamente después, aplicación abundante de la solución de la cápsula verde de *Riva Star*® (yoduro potásico) hasta que la crema blanca se convirtió en transparente. A continuación, lavado profuso con agua para eliminar los restos de material y secado durante 20 segundos de la cavidad.

Seguidamente, se aplicó de forma homogénea el adhesivo autograbante *Futurabond*® en la cavidad durante 20 segundos, se aplicó aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

Para la obturación de la cavidad se aplicó ionómero de vidrio (*Ionoseal*®) y se polimerizó durante 20 segundos.

- **GRUPO 6: Pretratamiento con SDF, restauración con aplicación de adhesivo autograbante y resina (SDF + AAG + RR)**

Aplicación cuidadosa a lo largo de toda la cavidad de la solución de la cápsula plateada de *Riva Star*® (fluoruro diamínico). Inmediatamente después, aplicación abundante de la solución de la cápsula verde de *Riva Star*® (yoduro potásico) hasta que la crema blanca se convirtió en transparente. A continuación, lavado profuso con agua para eliminar los restos de material y secado durante 20 segundos de la cavidad.

Seguidamente, se aplicó de forma homogénea el adhesivo autograbante *Futurabond*® en la cavidad durante 20 segundos, se aplicó aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

Por último, se obturó con resina fluida *GrandioSO Heavy Flow*® y se polimerizó durante 20 segundos.

▪ **GRUPO 7: Pretratamiento con SDF y restauración únicamente con ionómero de vidrio (SDF+ RIV)**

Aplicación cuidadosa a lo largo de toda la cavidad de la solución de la cápsula plateada de *Riva Star*® (fluoruro diamínico). Inmediatamente después, aplicación abundante de la solución de la cápsula verde de *Riva Star*® (yoduro potásico) hasta que la crema blanca se convirtió en transparente. A continuación, lavado profuso con agua para eliminar los restos de material y secado durante 20 segundos de la cavidad.

Seguidamente se restauró la cavidad con ionómero de vidrio (*Ionoseal*®) y se polimerizó durante 20 segundos.

▪ **GRUPO 8: Pretratamiento con SDF, grabado selectivo, aplicación de adhesivo y obturación con resina (SDF + AAO + AAG + RR)**

Aplicación cuidadosa a lo largo de toda la cavidad de la solución de la cápsula plateada de *Riva Star*® (fluoruro diamínico). Inmediatamente después, aplicación abundante de la solución de la cápsula verde de *Riva Star*® (yoduro potásico) hasta que la crema blanca se convirtió en transparente. A continuación, lavado profuso con agua para eliminar los restos de material y secado durante 20 segundos de la cavidad.

En primer lugar se aplicó ácido ortofosfórico al 37% durante 15-20 segundos para acondicionar el esmalte. A continuación, se lavó con agua durante 15 segundos y se secó la superficie.

Seguidamente, se aplicó de forma homogénea el adhesivo autograbante *Futurabond*® en la cavidad durante 20 segundos, se aplicó aire para eliminar los solventes durante 5 segundos y polimerización durante 10 segundos.

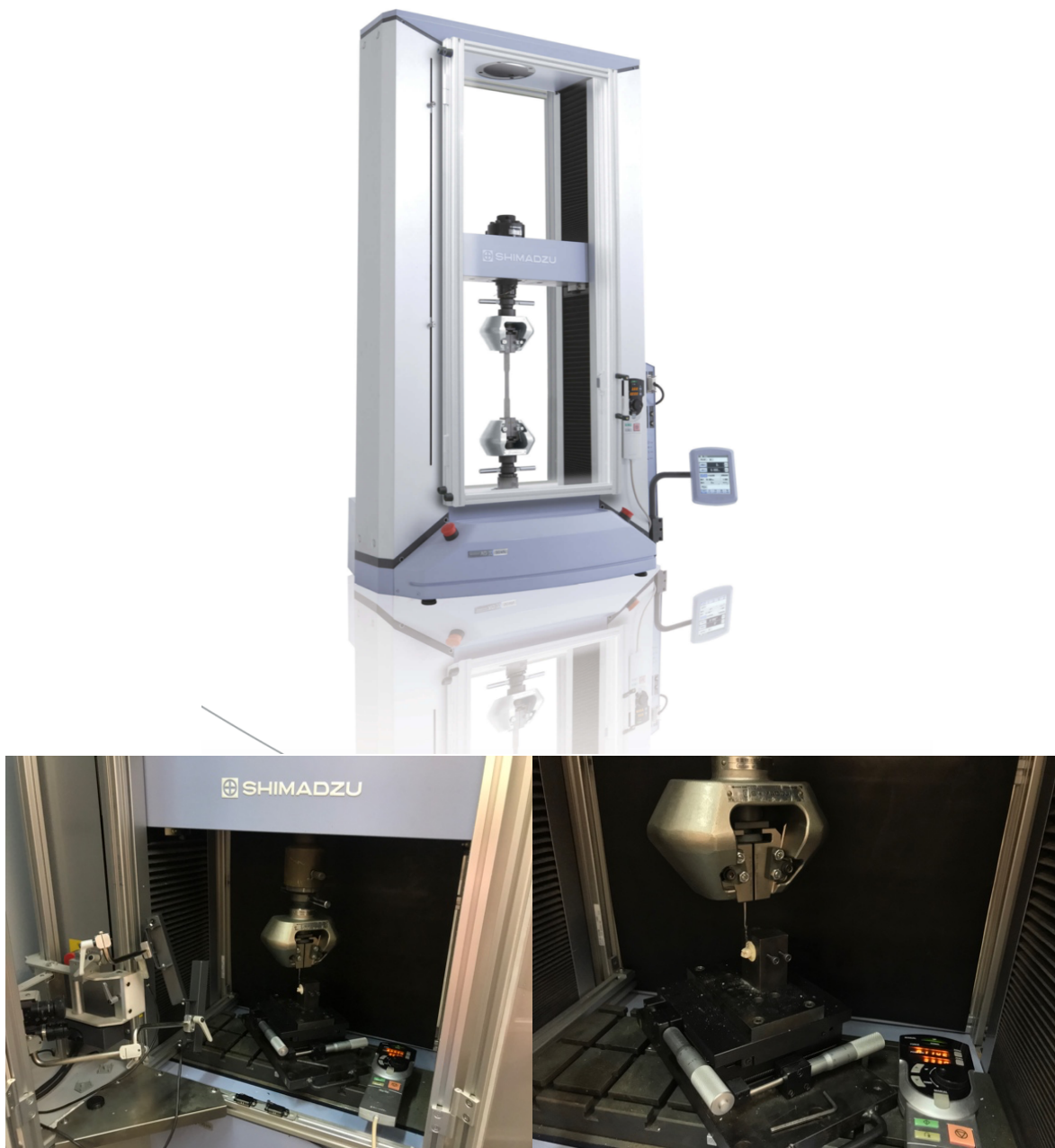
Por último, se obturó con resina fluida *GrandioSO Heavy Flow*® y se polimerizó durante 20 segundos.



*Figura 3. Grupo 1 de la muestra a modo de ejemplo.*

## PROTOCOLO EN EL LABORATORIO

Una vez preparada toda la muestra se realizó en ensayo de tracción utilizando la máquina de ensayos universales *SHIMADZU Autograph AG-X plus Series*® que se muestra en la Figura 4, situada en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, en concreto en el Instituto de Tecnología de Materiales.



*Figura 4. SHIMADZU Autograph AG-X plus Series*® utilizada para la realización de la tracción en la muestra de este estudio.

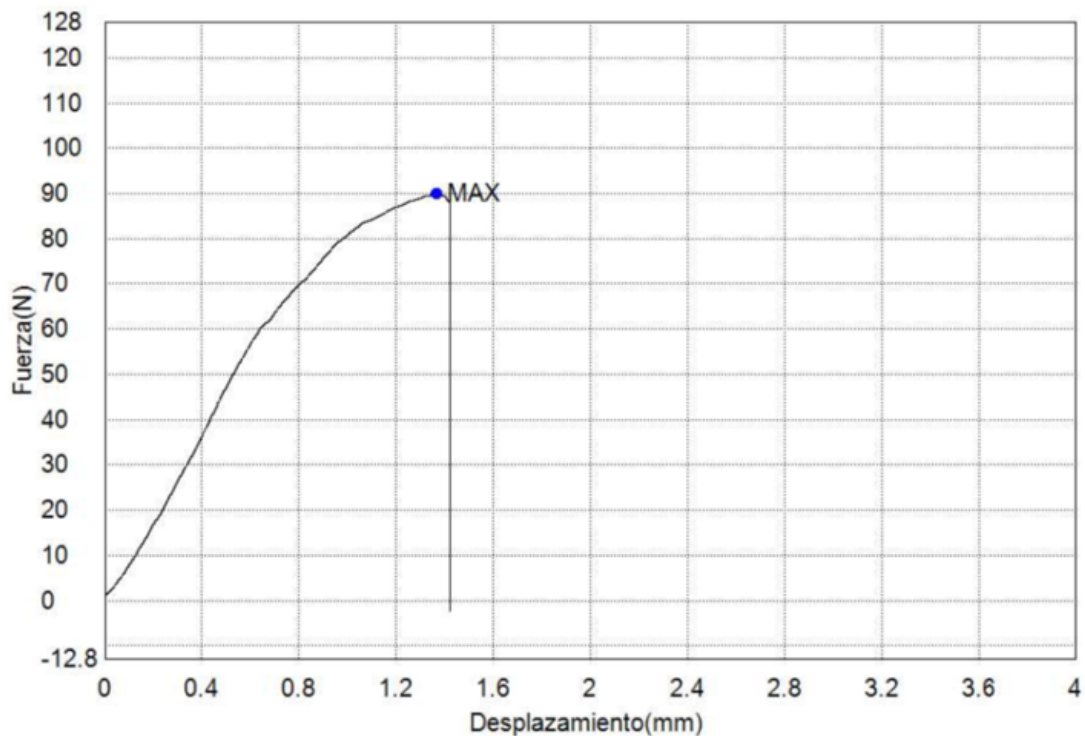
En cada uno de los dientes (Figura 5) se aplicó una velocidad de desplazamiento de la cruceta de 1mm/min, obteniéndose la curva fuerza-desplazamiento que se muestra en la Figura 6. Se valoró en cada uno de ellos la fuerza máxima aplicada necesaria para retirar la obturación y el desplazamiento máximo que se produjo.



**Figura 5.** Molar zocalado en escayola preparado para insertar en la máquina de ensayos universal.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	115-Odontologia_Tracciónl_1.0mmxmin_20201204_1212.xtak	Nombre de metodo de ensayo	Odontologia_Tracciónl_1.0mmxmin.xmak
Fecha de informe	04/12/2020	Fecha de ensayo	04/12/2020
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	1mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Desplazamiento	Rotura_Fuerza	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	N	mm	N	mm
115	90.1063	1.36802	--	--



Comentarios

*Figura 6. Ejemplo del gráfico obtenido en uno de los ensayos realizados*

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Tras el proceso de restauración, se realizó un ensayo de tracción en una máquina universal y se obtuvo la fuerza de separación del fragmento restaurado. Esta fuerza o resistencia, medida en Newton, es la variable respuesta primaria del estudio. Adicionalmente, se registró el desplazamiento de la muestra en milímetros (mm).

El análisis estadístico se realizó con el programa informático SPSS 15.0. El tamaño muestral asegura una potencia del 80% para un tamaño de efecto medio. El nivel de significatividad de referencia fue 5%.

Previo al análisis estadístico se aplicó el Test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si las variables se distribuyeron normalmente en los diferentes grupos. El Test de Levene se utilizó para comparar las varianzas. Mediante el Test  $\chi^2$  se comprobó la homogeneidad de los grupos en cuanto a tipos de dientes incluidos.

Asimismo, se utilizó el modelo ANOVA de una vía para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de fuerza de los distintos grupos. Para las comparaciones múltiples, se realizó la Prueba T2 de Tamhane, adecuada cuando las varianzas son desiguales. El efecto del tipo de diente se estudia con una ampliación del modelo a 2 vías.

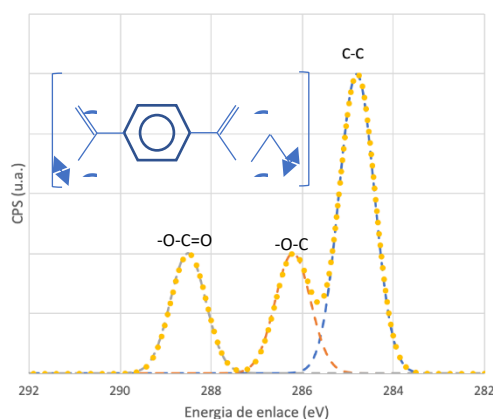
## XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)

Posteriormente se decidió realizar el estudio de la interfase generada entre el diente y la restauración. Para ello se seleccionó la técnica de XPS.

Existen muchas técnicas de análisis en química, una de las más poderosas es el XPS, ya que con esta técnica se puede realizar el análisis puntual de una superficie. Esto hace que sea una técnica fundamental en ciencia de los materiales, en especial en catálisis y metalurgia. Dar valores absolutos es muy complejo, ya que depende del material y del equipo. Sin embargo, se puede afirmar que el área analizada es del orden de las micras, y que la profundidad es del orden de los nanómetros.

La técnica consiste en la interacción de un fotón de Rayos-X con el sólido. Este fotón promueve la salida de un electrón, este electrón saldrá con una velocidad dependiendo del átomo que esté analizando, y siendo quizá lo más importante de su entorno. Por lo tanto, lo que mide esta técnica es la velocidad con la que sale el electrón. Como ejemplo para su comprensión, la Figura 7 se muestra el espectro de XPS para el C del PET. Como vemos se observan 3 señales. Cada señal nos indica con quien está enlazado el C, y por lo tanto su estado de oxidación dado el caso.

El principal inconveniente de esta técnica es el alto coste y los requisitos que debe cumplir la muestra. El alto coste viene derivado principalmente a que el análisis se debe realizar en UHV (ultra alto vacío), y en menor medida que se utiliza una fuente de Rayos X.



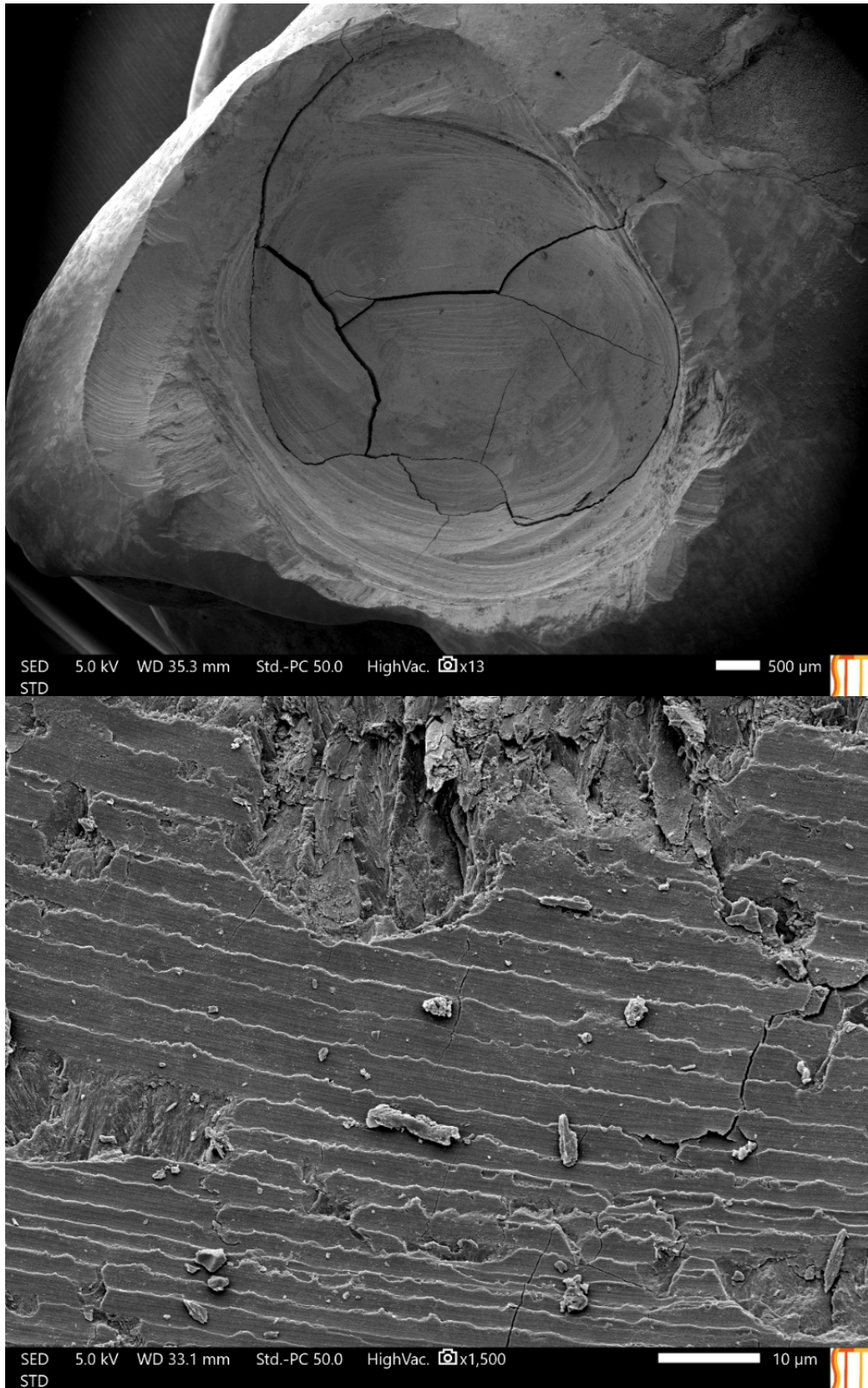
**Figura 7.** Espectro de XPS del C ( $1s_{1/2}$ ) en un polímero (PET), donde se distingue tres señales relacionadas con los tres tipos de enlaces del C en dicha molécula. Imagen

*extraída de [https://xpssimplified.com/\\_whatisxps.php](https://xpssimplified.com/_whatisxps.php). Los puntos representan los datos experimentales y las líneas segmentadas las deconvoluciones realizadas*

Las mediciones de XPS se adquirieron en un dispositivo VG-Microtech Multilab (VG-Microtech, Reino Unido) de las instalaciones de la Universidad de Alicante, en concreto al Instituto Universitario de Materiales, con una fuente de radiación MgKalpha (Hv: 1253,6 eV), y una energía de paso de 50 eV y presión de fondo de  $5 \times 10^{-7}$  Pa. Se hizo una deconvolución cuidadosa de los espectros y las áreas de los picos se estimaron calculando la integral de cada pico después de restar un fondo de Shirley y ajustar el pico experimental a una combinación de líneas lorentzianas/gaussianas de proporciones 30/70.

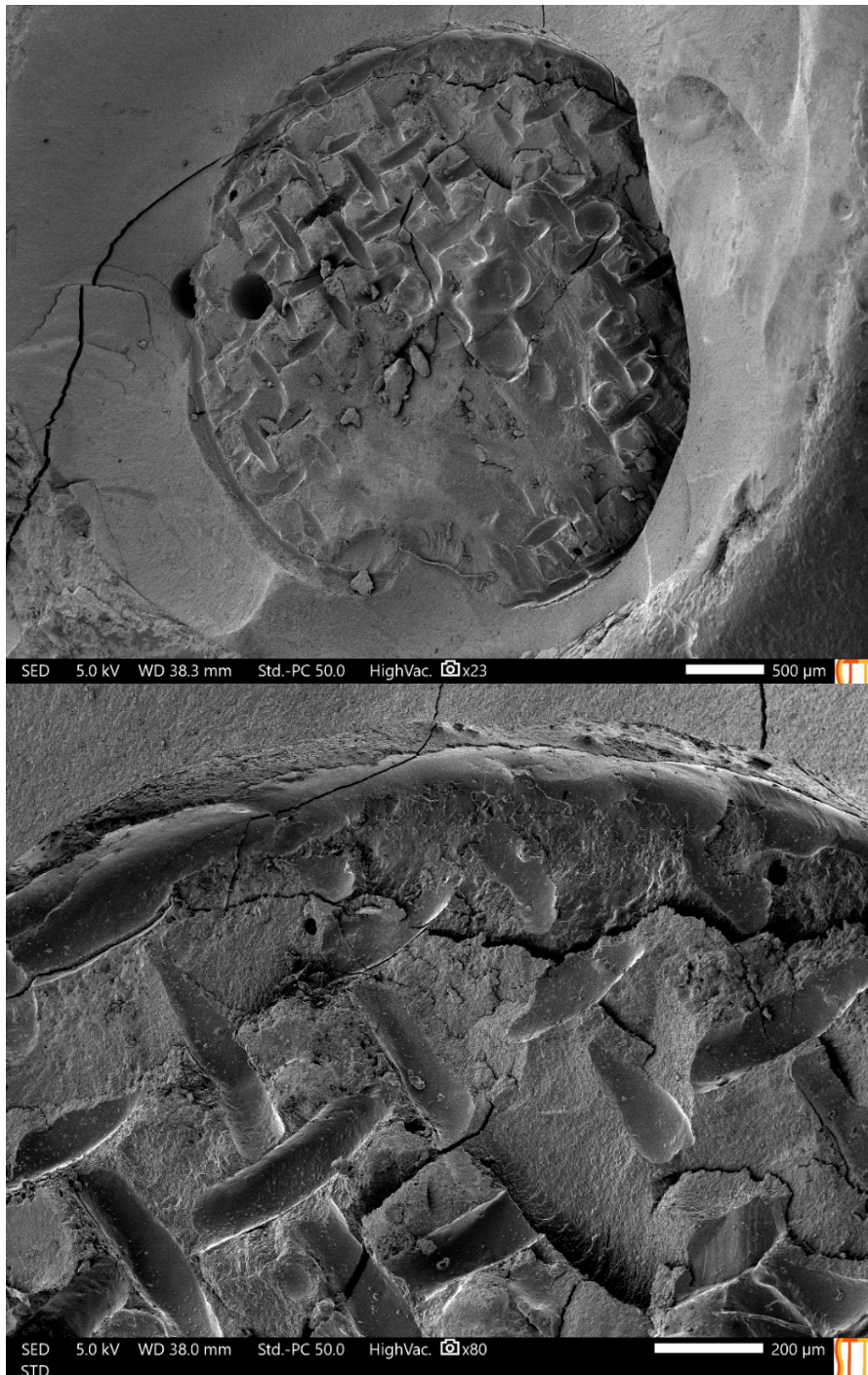
En este estudio para conocer la relación entre los diferentes materiales y la resistencia en la adhesión se realizó una selección de las 287 muestras para realizar un análisis fractográfico. Se seleccionaron y analizaron los grupos con mayor resistencia (Grupo 8) y con la menor resistencia (Grupo 3).

Al analizar la muestra del Grupo 3 se pudo observar una cavidad totalmente limpia sin restos del material de obturación. Asimismo, se observaron algunas grietas, así como las marcas de playa producida por el instrumental utilizado para crear la cavidad. Estas imágenes permitieron afirmar que no se observó ningún resto del material utilizado (Figura 8). Esto se reafirma por el análisis realizado de la superficie mediante EDX, donde los principales componentes son Ca, P y O, correspondientes a la hidroxiapatita. También se observó Pt, compuesto utilizado como conductor, lo cual justifica su presencia.



*Figura 8. Imágenes extraídas del análisis fractográfico de la muestra del Grupo 3*

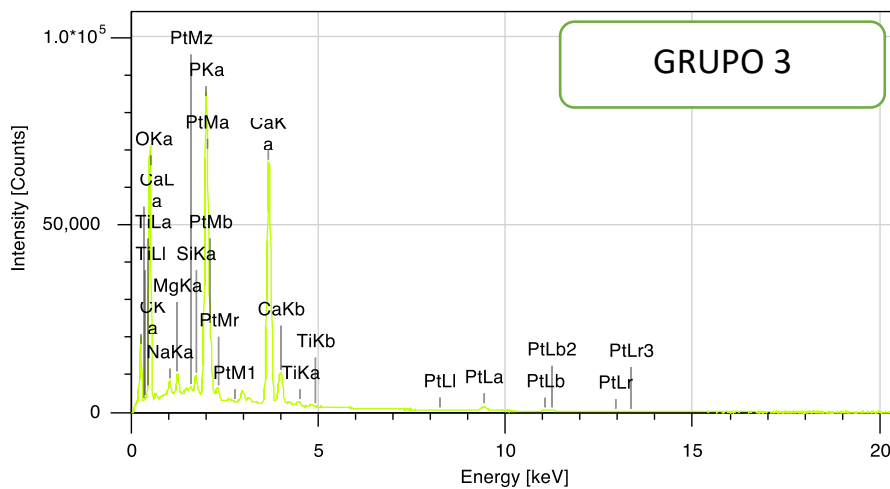
Por otro lado, en la muestra del Grupo 8 se observó que la fractura se produjo a través de la obturación, lo que pone de manifiesto que existe una gran adhesión con la superficie del diente, a diferencia de la muestra del grupo 3 (Figura 9).



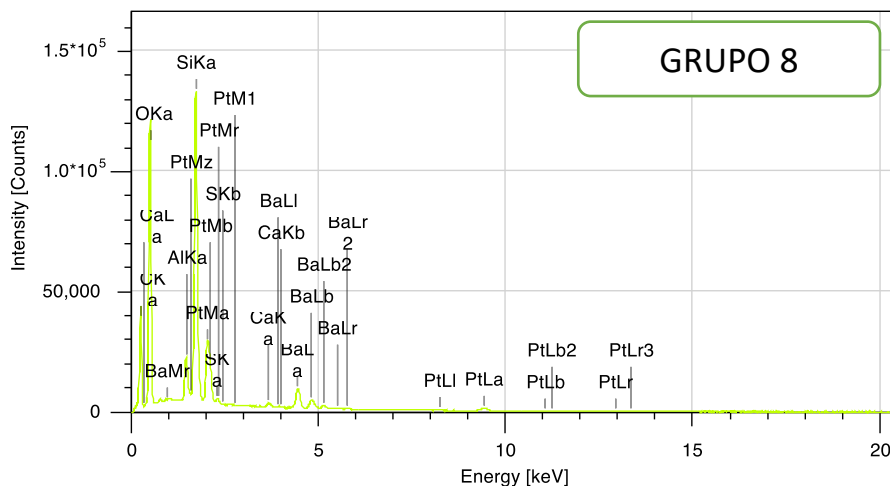
*Figura 9. Imágenes extraídas del análisis fractográfico de la muestra del Grupo 8*

En ambos casos se realizó un análisis de la superficie de la muestra donde se pudo observar distintos elementos. En este último caso, en el grupo 8, no se apreció la presencia de hidroxiapatita y sí se apreció la presencia de Al y Si (Figura 10 y 11).

Con el objeto de comprobar la fiabilidad del análisis se realizó otro análisis en una zona cercana a la zona tratada y obturada. En esta zona se apreció que el análisis corresponde principalmente a hidroxiapatita, cuasi similar al encontrado al fondo de la cavidad de la muestra del Grupo 3.



**Figura 10.** Análisis de la superficie de la muestra del Grupo 3.



**Figura 11.** Análisis de la superficie de la muestra del Grupo 8.

## 6. Resultados

### HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS

La muestra estuvo conformada por 240 dientes distribuidos en 8 grupos de 30 casos cada uno, según el sistema de adhesión y pretratamiento con SDF. Se utilizaron un total de 188 molares (78,3%) y 52 premolares (21,7%).

La proporción de premolares en cada uno de los grupos es similar, oscilando entre el 20% y 30%. La homogeneidad se confirma mediante prueba Chi<sup>2</sup> de asociación (p=0,980). El nivel de significatividad empleado en los análisis fue del 5% ( $\alpha=0.05$ ) (Tabla 5).

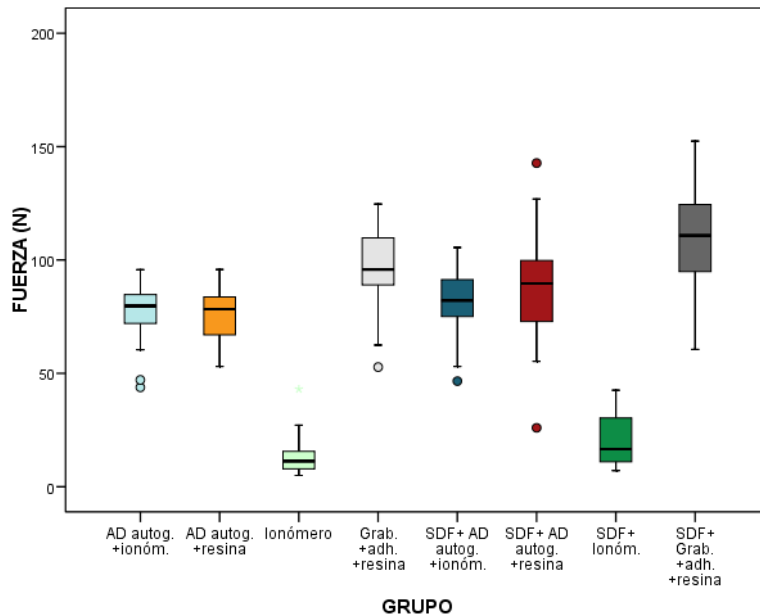
*Tabla 5. Homogeneidad de los grupos según Tipo de diente: resultados test Chi<sup>2</sup> de asociación.*

	<b>p-valor</b>
<b>TIPO DE DIENTE</b>	0,980

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

### COMPARATIVO ENTRE LOS 8 GRUPOS

El siguiente gráfico representa las distribuciones de valores de resistencia de los diferentes grupos (Figura 12).



**Figura 12.** Distribuciones de valores de resistencia de los diferentes grupos de la muestra.

Los resultados muestran que tanto si se aplicó SDF (4 últimos grupos) como si no (4 primeros grupos), las diferencias por grupos son notables. En particular, la escasa resistencia que ofrece el ionómero de vidrio, sin pretratamiento ni sistema de adhesión, comparado con el resto. Por otro lado, la aplicación de SDF eleva ligeramente las distribuciones (mejora la resistencia de forma moderada). Además, tiende a incrementar la variabilidad dentro de cada grupo. En general, son excepcionales los casos atípicos que se detectan en los diferentes grupos.

En la siguiente tabla (Tabla 6) se puede observar la resistencia de los diferentes grupos, así como la resistencia según la aplicación de SDF y del sistema utilizado (Tabla 7).

**Tabla 6.** Resistencia (N) según grupos.

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>IC 95% media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>
	240	70,65	36,26	66,0 - 75,2	4,98	152,40	79,32
<b>GRUPO</b>	30	77,76	12,01	73,3 - 82,2	43,81	95,70	79,70
	30	75,84	10,58	71,9 - 79,8	53,04	95,78	78,29
	30	14,00	8,08	11,0 - 17,0	4,98	43,03	11,25
	30	97,54	17,15	91,1 - 103,9	52,75	124,65	95,77
	30	81,76	12,72	77,0 - 86,5	46,57	105,51	82,15
	30	88,98	23,72	80,1 - 97,8	25,97	142,73	89,64
	30	20,01	10,59	16,0 - 23,9	7,12	42,57	16,59
	30	109,28	23,77	100,4 - 118,1	60,56	152,40	110,81

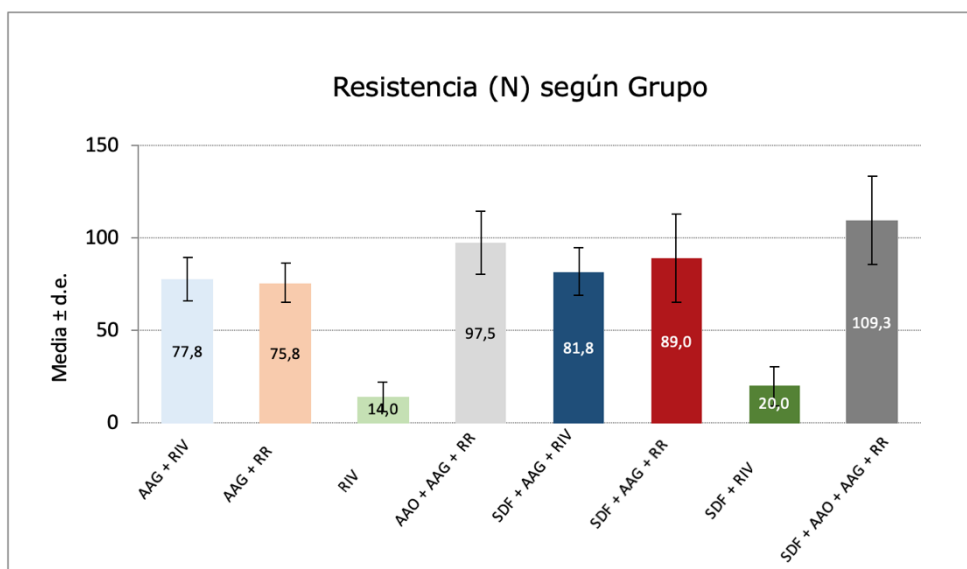
**Tabla 7. Resistencia (N) según aplicación de SDF y sistema utilizado.**

		<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>		
<b>SDF</b>	<b>TOTAL</b>	TOTAL	240	70,65	36,26	4,98	152,40	79,32	
		<b>SISTEMA</b>	AAG + RIV	60	79,76	12,43	43,81	105,51	81,16
			AAG+RR	60	82,41	19,38	25,97	142,73	81,26
			RIV	60	17,00	9,82	4,98	43,03	13,39
			AAO + AAG+RR	60	103,41	21,38	52,75	152,40	103,03
			TOTAL	120	66,29	33,79	4,98	124,65	77,68
	AAG + RIV	30	77,76	12,01	43,81	95,70	79,70		
	<b>NO</b>	<b>SISTEMA</b>	AAG+RR	30	75,84	10,58	53,04	95,78	78,29
			RIV	30	14,00	8,08	4,98	43,03	11,25
			AAO + AAG+RR	30	97,54	17,15	52,75	124,65	95,77
			TOTAL	120	75,00	38,22	7,12	152,40	82,15
			AAG + RIV	30	81,76	12,72	46,57	105,51	82,15
AAG+RR		30	88,98	23,72	25,97	142,73	89,64		
<b>SI</b>	<b>SISTEMA</b>	RIV	30	20,01	10,59	7,12	42,57	16,59	
		AAO + AAG+RR	30	109,28	23,77	60,56	152,40	110,81	

Las impresiones, a nivel descriptivo, son similares a las mencionadas anteriormente. Las medias reflejan los mismos patrones que antes las distribuciones y las medianas.

Por ejemplo, el grupo de AAO + AAG + RR con pretratamiento SDF exhibe la fuerza media más elevada:  $109,3 \pm 23,8$  N. El IC 95% para la media es 100,4-118,1. La mediana 110,8 N es, prácticamente, idéntica a la media (por tanto, el 50% de todos los dientes del grupo están resistiendo) (Figura 13).

Notar que la mayor diferencia entre medias y medianas tiene lugar en los grupos de ionómero de vidrio. Esto se debe a que sus distribuciones son algo más asimétricas.



**Figura 13.** Medias según grupo.

El test de Kolmogorov permite aceptar el ajuste a distribución normal en todos los grupos excepto los de ionómero de vidrio sin pretratamiento ni acondicionado. Sin embargo, y como claramente se aprecia en los gráficos previos, no puede admitirse la homogeneidad de las varianzas ( $p < 0,001$ , Levene). Así pues, se aplicará el modelo ANOVA; controlando el problema y utilizando una prueba de comparación múltiple específica para este tipo de situaciones, como es T2 de Tamhane (Tabla 8 y Tabla 9).

**Tabla 8.** Comparación de resistencia media según Grupo: resultados test F del modelo lineal general ANOVA.

	p-valor
<b>GRUPO</b>	<b>&lt;0,001**</b>
	*

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

Se encontraron diferencias significativas en la resistencia media de los 8 grupos ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 9.** Comparación de resistencia media según Grupo: resultados prueba post hoc de Tamhane. La zona gris no se muestra por simetría.

	<b>AAG + RIV</b>	<b>AAG + RR</b>	<b>RIV</b>	<b>AAO+A AG+RR</b>	<b>SDF+AA G+RIV</b>	<b>SDF+AA G+RR</b>	<b>SDF+ RIV</b>						
<b>AAG+RIV</b>													
<b>AAG + RR</b>								1,000					
<b>RIV</b>								<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***				
<b>AAO+AAG+RR</b>								<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***			
<b>SDF+AAG+RIV</b>	0,999	0,796	<b>&lt;0,001</b> ***	<b>0,005**</b>									
<b>SDF+AAG+RR</b>	0,518	0,212	<b>&lt;0,001</b> ***	0,967				0,989					
<b>SDF+ RIV</b>	<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***	0,377	<b>&lt;0,001*</b> **				<b>&lt;0,001**</b> *	<b>&lt;0,001**</b> *				
<b>SDF+AAO+AA G+RR</b>	<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***	<b>&lt;0,001</b> ***	0,606				<b>&lt;0,001**</b> *	0,044* ***				

Deben aceptarse como significativos sólo aquellos p-valores inferiores a 0,001. Esto es debido a que es recomendable aplicar la corrección de Bonferroni para un número tan grande de comparaciones a pares (28).

Por tanto:

- La aplicación del SDF no está modificando significativamente la resistencia de ninguno de los 4 sistemas. Por ejemplo, no hay diferencias entre AAG + RIV con y sin SDF (p=0,999), ni en los otros 3 grupos. El grupo AAG + RR es el que

experimentó un mayor incremento; pero lejos aún de la relevancia estadística ( $p=0,212$ ).

- Si no se aplicó SDF, el grupo AAO + AAG + RR implica una fuerza de despegado significativamente superior a cualquiera de los otros grupos. Los grupos AD son similares entre sí ( $p=1,000$ ) y significativamente más resistentes que el solo ionómero.
- Si se aplicó SDF, los resultados son bastante similares. El grupo AAO + AAG + RR fue superior en términos de resistencia media, igualado sólo con el grupo AAG + RR (si se aplica Bonferroni). Los grupos AAG + RIV y AAG + RR son similares entre sí ( $p=0,989$ ) y significativamente más resistentes que el solo ionómero.

### **EFECTO TIPO DE DIENTE**

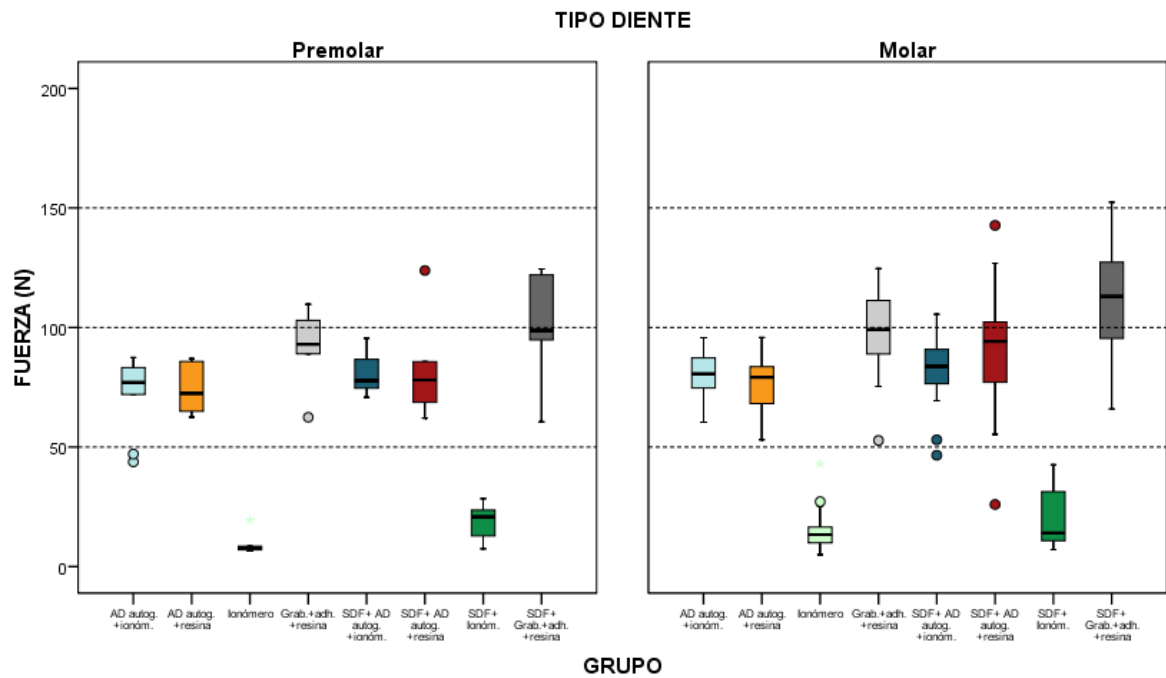
La tabla 10 y la tabla 11 describen los resultados segmentando según se haya realizado la restauración sobre premolares o molares. En la Figura 14 se puede observar la resistencia según grupo y tipo de diente.

**Tabla 10.** Resistencia (N) según grupo en premolares.

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>
	52	66,91	33,48	6,56	124,49	76,81
<b>Total</b>						
<b>AAG + RIV</b>	9	72,27	15,93	43,81	87,45	76,99
<b>AAG+RR</b>	6	74,19	10,66	62,48	86,96	72,47
<b>RIV</b>	6	9,52	4,90	6,56	19,42	7,81
<b>AAO+AAG+R</b>	6	91,69	16,25	62,45	109,77	92,94
<b>SDF+ AAG+RIV</b>	7	80,95	9,36	70,79	95,48	77,79
<b>SDF+AAG+R</b>	6	82,74	21,98	62,12	123,82	78,06
<b>SDF+RIV</b>	6	19,00	7,59	7,47	28,42	20,82
<b>SDF+ AAO+AAG+R</b>	6	99,89	23,17	60,56	124,49	98,72

**Tabla 11.** Resistencia (N) según grupo en molares

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>
	188	71,68	37,01	4,98	152,40	80,41
<b>Total</b>						
<b>AAG+RIV</b>	21	80,12	9,39	60,42	95,70	80,60
<b>AAG+RR</b>	24	76,26	10,75	53,04	95,78	79,16
<b>RIV</b>	24	15,12	8,40	4,98	43,03	13,39
<b>AAO+AAG+RR</b>	24	99,01	17,38	52,75	124,65	99,19
<b>SDF+AAG+RIV</b>	23	82,00	13,75	46,57	105,51	83,73
<b>SDF+ AAG+RR</b>	24	90,54	24,32	25,97	142,73	94,16
<b>SDF+ RIV</b>	24	20,26	11,34	7,12	42,57	14,04
<b>SDF+ AAO+AAG+RR</b>	24	111,62	23,81	65,90	152,40	113,03



**Figura 14.** Resistencia (N) según grupo y tipo de diente.

Se sugiere, por tanto, que las medidas en los molares parecen algo más elevadas en grupos específicos con SDF, como el AAG + RR y el AAO + AAG + RR.

Se estima el correspondiente modelo para obtener resultados- sobre el efecto tipo de diente (Tabla 12)

**Tabla 12.** Comparación de resistencia media según Grupo y Tipo de diente: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías.

	<b>p-valor</b>
<b>GRUPO</b>	<b>&lt;0,001**</b> *
<b>TIPO DIENTE</b>	<b>0,027*</b>
<b>GRUPO x TIPO DIENTE</b>	0,958

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Los datos permiten observar que hay un efecto significativo del tipo de diente sobre la resistencia ( $p=0,027$ ). En promedio y sin diferenciar por grupos, los molares ofrecen una resistencia significativamente superior a los premolares.

El modelo también muestra que esta “superioridad” de los molares sobre premolares debe admitirse como similar en todos los grupos evaluados, es decir, no hay efecto interacción ( $p=0,958$ ).

Como toda interacción, existe una interpretación recíproca igualmente válida. Las diferencias entre grupos ( $p<0,001$ ) son extrapolables a cualquiera de los 2 tipos de diente ( $p=0,958$ ).

### **EFECTO GENERAL DEL SISTEMA Y SISTEMA DE ADHESIÓN**

En los modelos anteriores se han considerado los 8 grupos como combinaciones independientes de SDF (sí/no) y sistema de adhesión. Se evaluó por separado el efecto de ambas variables con la finalidad de saber si una u otra variable son en mayor o menor medida responsables de la variabilidad de las mediciones de fuerza.

Por tanto, si se compara la fuerza media de los 4 sistemas (con 60 dientes cada uno), se hallan diferencias significativas ( $p < 0,001$ ).

Globalmente, los datos muestran que el SDF tiene un efecto sobre la fuerza media medida ( $p < 0,001$ ) (Tabla 13). Dicho de otra forma, ignorando el sistema de adhesión, puede afirmarse que los 120 dientes tratados con SDF ejercieron una resistencia media significativamente superior a los 120 no tratados.

**Tabla 13.** Comparación de resistencia media según Sistema y SDF: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías.

	<b>p-valor</b>
<b>SISTEMA</b>	<b>&lt;0,001**</b> *
<b>SDF</b>	<b>&lt;0,001**</b> *
<b>SISTEMA x SDF</b>	0,327

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

El modelo confirma que las diferencias entre los 4 sistemas son bastante similares tanto si los comparamos sin aplicar SDF como si lo hacemos tras la aplicación ( $p = 0,327$ ) (Tabla 14).

Aunque aparentemente los p-valores relativos a los efectos de sistema y SDF son de la misma magnitud ( $p < 0,001$ ), se ha comprobado que su orden de magnitud real es extremadamente distinto.

**Tabla 14.** Comparación de resistencia media según Sistema y SDF: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 2 vías. Estadístico F y p-valor exacto.

	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>SISTEMA</b>	331,0	<b>1,63</b> x <b>10<sup>-83</sup></b>
<b>SDF</b>	18,1	<b>3,07</b> x <b>10<sup>-5</sup></b>
<b>SISTEMA x SDF</b>	1,16	0,327

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Es evidente que hay una mayor fiabilidad en rechazar la hipótesis nula que afirma la igualdad de fuerza entre los diferentes sistemas comparada a la que sostiene la igualdad entre SDF y no SDF.

Por tanto, el sistema de adhesión es responsable en mayor medida de la variabilidad de fuerza registrada en el ensayo.

Por tanto, a los ya consabidos efectos del sistema y el pretratamiento con SDF, se suma el del tipo de diente ( $p=0,027$ ); aunque mucho menos intenso (Tabla 15).

**Tabla 15.** Comparación de resistencia media según Sistema, SDF y Tipo de diente: resultados test F del modelo lineal general ANOVA de 3 vías.

	<b>p-valor</b>
<b>SISTEMA</b>	<b>&lt;0,001**</b> *
<b>SDF</b>	<b>0,001**</b>
<b>TIPO DIENTE</b>	<b>0,027*</b>
<b>SISTEMA x SDF</b>	0,804
<b>SISTEMA x TIPO DIENTE</b>	0,840
<b>SDF x TIPO DIENTE</b>	0,960
<b>SISTEMA x SDF x TIPO DIENTE</b>	0,756

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Ninguna interacción es significativa, es decir, los efectos son aditivos en el sentido de que las diferencias según sistemas son iguales tanto si se comparan sin SDF como con SDF y, además, el patrón se repite tanto en premolares como molares.

En resumen, desde un punto de vista general:

- La resistencia del grupo 4 es la máxima, por encima de grupos homogéneos 1 y 2 y estos por encima de grupo 3.
- El pre-tratamiento con SDF mejora la fuerza de adhesión.
- En los molares la fuerza es siempre mayor.

**En base a los resultados obtenidos y analizados estadísticamente cabe destacar que:**

- Para un sistema de adhesión cualquiera, la aplicación de SDF no modifica significativamente la resistencia media a la tracción.
- Sin embargo, conjuntamente todas las muestras de los diferentes sistemas, la resistencia media sí se detecta significativamente aumentada en el bloque SDF respecto al no-SDF.
- Las diferencias entre grupos son significativas, siendo el AAO + AAG + RR el que ofrece mayor resistencia media, seguidos del par de AD y, por último, el ionómero solo.
- El patrón anterior es válido tanto para la utilización como la no utilización de SDF, salvo ligeros matices. El sistema AD AAG + RR es el que más aumentó del no-tratamiento al tratamiento con SDF, sin alcanzar la significatividad; pero su combinación con SDF permitiría situarlo a nivel similar al líder.
- El tipo de diente es otro aspecto relevante en términos de resistencia a la tracción, demostrándose que las restauraciones en molares son significativamente más resistentes que las de premolares.
- De forma general, la técnica de adhesión es la fuente de variabilidad más importante de la fuerza, seguido del SDF y, por último, el tipo de diente.
- No se hallaron interacciones significativas entre estos factores, es decir, las fuertes diferencias por sistema se expresan de forma similar tanto si se aplica SDF como si no, o si se trabajó en un tipo de diente u otro.

## 7. Discusión

En los últimos años se han realizado diferentes estudios de investigación con el objetivo de analizar el efecto del SDF en relación a la adhesión. Estos estudios difieren mucho en cuanto a metodología.

En este estudio y para la viabilidad del análisis de resultados se decidió utilizar el método de resistencia de la unión por tracción (TBS), similar al utilizado por los autores Kucukyilmaz y col. Sin embargo, en los ensayos realizados hasta el momento se han utilizado varios métodos de prueba de resistencia de la unión, como son la resistencia de la unión al cizallamiento (SBS), resistencia de la unión a la microtensión (mTBS) y resistencia a la unión al microcizallamiento (mSBS) (223), haciendo muy complejo la comparación de resultados.

Algunos de los estudios que utilizan el método de prueba de unión a la microtensión son el de Puwanawiroj y col. y Aldosari y col. (40,224), Wang y col. (225), Wu y col. (7), Koizumi y col. (226) y Quock y col. (30). Por otro lado, tanto Knight y col. como Zhao y col. utilizaron el método de resistencia de unión al cizallamiento (SBS) (136,227); sin embargo, Lutgen y col. y Selvaraj y col. utilizaron el método de resistencia a la unión al microcizallamiento (228,229).

En primer lugar mencionar que al tratarse de un estudio *in vitro* la aplicación clínica real de los diferentes materiales puede verse comprometida por diferentes factores, los cuales no han estado presentes en este estudio tales como factores salivales y pH oral.

En relación al producto, en este estudio se utilizó Riva Star ®. Cabe destacar que en España es el único producto aprobado y comercializado compuesto por fluoruro diamínico de plata. La concentración de SDF es del 38%, teniendo disponible un segundo paso de aplicación de yoduro potásico. En los estudios publicados difiere mucho la concentración del SDF oscilando entre el 12% y el 40%. También se debe tener en cuenta que en un porcentaje minoritario de los estudios publicados se utilizaba de forma combinada con yoduro potásico, con el objetivo de reducir la coloración y mejorar la estética (223).

En las indicaciones del fabricante no existe ninguna recomendación sobre el enjuague posterior con agua. En este estudio y siguiendo la línea de muchos autores se optó por hacer un enjuague posterior a la aplicación del KI, para así evitar la presencia de material que pudiese interferir en la fuerza de adhesión de los diferentes materiales.

Otro punto importante a destacar son las diferencias en los protocolos de aplicación de material. Por ejemplo, en varios estudios se aplicó SDF y se dejó secar al aire antes del proceso de adhesión, mientras que en otros estudios la aplicación de SDF fue seguida de enjuague con agua. Por tanto, la falta de protocolos a la hora de preparar la muestra, incluido el protocolo de aplicación de SDF, es una de las principales razones que dificulta el poder comparar los resultados obtenidos por los diferentes autores (223).

Para la unión de adhesivos dentales a la dentina existen dos enfoques principales. En el sistema de grabado y enjuague, antes de la aplicación de la imprimación y el adhesivo, se usa un ácido para grabar el sustrato dental y luego se enjuaga con agua. Por el contrario, en el sistema de autograbado, se omite la etapa de ataque ácido y enjuague con agua y se usa un ácido suave o intermedio para disolver y modificar parcialmente la capa de frotis. En ambos sistemas, la adhesión se logra mediante retención micromecánica a los sustratos dentales grabados subyacentes. Se puede observar una unión química adicional entre los sustratos dentales y los adhesivos en el sistema de autograbado (113).

Algunos de los estudios publicados hasta la fecha centraron su objetivo en valorar esta influencia de adhesión según el uso de diferentes materiales. Por un lado se encuentran los estudios que valoran principalmente los sistemas de adhesión con grabado y autograbado como es el caso de Selvaraj y col. (229); por otro lado, otras investigaciones valoran el uso restauraciones de ionómero de vidrio, como puede ser Puwanawiroj y col., Knight y col., Wang y col. y Zhao y col. (136,224,225,227); o bien se analiza el uso de resinas como material restaurador, como se observa en los estudios realizados por Wu y col., Kucukyilmaz y col., Lutgen y col., Quock y col. (7,30,228,230). En el presente estudio se decidió formar diferentes grupos para observar la posible diferencia entre el sistema de adhesión (grabado y aplicación de adhesivo; o únicamente adhesivo autograbante), y entre el uso de ionómero de vidrio y resinas.

Los resultados obtenidos permiten detectar algunos patrones como que con la aplicación o sin la aplicación de SDF las diferencias por grupos son notables. En concreto, la escasa resistencia que ofrece el ionómero de vidrio como obturación, sin pretratamiento ni sistema de adhesión, comparado con el resto de los materiales utilizados en el estudio. Asimismo, se detectó que la aplicación de SDF eleva ligeramente las distribuciones.

La revisión sistemática realizada en 2020 por Jiang y col. concluyó que no es posible determinar y extraer una conclusión sólida y homogénea sobre el efecto de la aplicación sobre la fuerza de unión de la dentina a los adhesivos debido al alto grado de variación de los estudios realizados hasta la actualidad (223).

Fröhlich y col. en su meta-análisis realizado en 2020 también sugieren para futuros estudios realizar y describir cuidadosamente todos los parámetros metodológicos implicados en la realización de los estudios, ya que en los realizados hasta la fecha se observa mucha heterogeneidad en la metodología, dificultando la comparación de resultados (231).

En base a los resultados obtenidos y analizados estadísticamente cabe destacar que la resistencia media se detecta significativamente aumentada en el bloque SDF respecto al no-SDF. Asimismo, las diferencias entre grupos son significativas, siendo el AAO + AAG + RR el que ofrece mayor resistencia media, seguidos del par de AD y, por último, el ionómero solo. Por otro lado, el tipo de diente es otro aspecto relevante en términos de resistencia a la tracción, demostrándose que las restauraciones en molares son significativamente más resistentes que las de premolares. De forma general, la técnica de adhesión es la fuente de variabilidad más importante de la fuerza, seguido del SDF y, por último, el tipo de diente.

En concordancia con los resultados obtenidos en este estudio, Quock y col. concluyen que el SDF parece presentar interesantes posibilidades para el tratamiento mínimamente invasivo y para la prevención del avance de la caries dental (30). Realizar una restauración dental tras detener la caries mediante la aplicación del SDF podría ser una posible solución en pacientes pediátricos o en pacientes especiales. En estos casos se podrían utilizar materiales de restauración estéticos para restaurar la cavidad provocada por la caries y así cubrir la zona oscurecida causada por el SDF. Remodelar el contorno del

diente mejorará la capacidad de masticación y la estética dental. Por lo tanto, parece prometedor incorporar la aplicación de SDF en el manejo de las lesiones de caries junto con el tratamiento restaurador (223).

En cuanto a las diferentes concentraciones del SDF en uno de los primeros estudios *in vitro* realizado por Gotjamanos se utilizó una solución acuosa al 40% de fluoruro de plata en Australia. Con los resultados se sugirió que una concentración tan alta de fluoruro puede conllevar una cantidad sustancial de fluoruro en la circulación sistémica potencial y causar fluorosis en niños pequeños (184). Posteriormente, esta sugerencia de fluorosis fue refutada por el Departamento de Salud de Australia Occidental (165). Sin embargo, autores como Yee y col. recomiendan el uso de una menor concentración de producto para minimizar riesgos, ya que sigue mostrando la misma eficacia al 38%. Este autor muestra en sus resultados la ineficacia frente a la detención de caries de este producto a concentraciones bajas, como son al 12% (179). En contraposición a los estudios de Yee y col., un estudio publicado por Braga y col. mostró que tres aplicaciones al 10% de SDF durante más de tres semanas consecutivas fue eficaz en la detención de la caries en niños pequeños (232). En este estudio no se pudo comparar la eficacia según diferentes concentraciones de SDF, ya que como se ha mencionado anteriormente el único producto comercializado en España posee una concentración al 38%.

En las investigaciones publicadas por Fung y col. en 2016, se afirmó que los resultados a 18 meses muestran que el SDF a una concentración del 38% es más eficaz frente a una concentración del 12%. Asimismo, muestra mayor eficacia con aplicaciones cada 6 meses frente a una aplicación anual. Además, menciona que son necesarios más ensayos clínicos controlados sobre la recomendación generalizada del uso de SDF, así como para evaluar la eficacia del SDF a concentraciones altas y bajas, o si las aplicaciones en periodos de 6 y 12 meses difieren en el resultado de tratamiento (75). En el meta-análisis publicado por Zaffarano y col. en 2022 concluyeron que el SDF es efectivo para detener las caries en molares temporales especialmente cuando se realiza de forma semestral, aunque mencionan que la evidencia científica general aún es deficiente (4). En este estudio no se valoró la aplicación continuada de SDF tras 6 o 12 meses, ya que tras la aplicación de SDF se realizó la obturación dental, impidiendo la aplicación posterior.

Por otro lado, en relación a la estética, un resultado común tras la aplicación de SDF, y según la mayoría de los autores, es la coloración grisácea o negruzca en las lesiones de caries detenidas (136). Se debe destacar que todos los autores que afirman este efecto no cuentan con el uso de SDF combinado posteriormente con KI.

En el estudio realizado por Crystal y col. preguntaron a los padres acerca de la aceptación de la posibilidad de tinción del SDF sobre el diente. Únicamente el 32% de los padres aceptaron el tratamiento. Sin embargo, ante la opción de ser necesaria una anestesia general para permitir el tratamiento conservador, la aceptación de éste aumentó llegando hasta el 70% de aceptación de tratamiento (206).

Un estudio realizado en Nueva York a 33 padres de niños “no colaboradores” obtuvo que la mayoría de ellos prefería la tinción del uso del SDF de las lesiones de caries cavitadas antes que la incertidumbre sobre el resultado de un tratamiento conservador realizando restauraciones con resinas estéticas, el cual incluye la técnica anestésica, la remoción de la caries y un mayor tiempo de tratamiento en el sillón dental. En general, el resultado mostró que dos terceras partes de los padres escogían la opción menos estética antes que la opción restauradora. Los resultados mostraron que el 86% de los padres escogieron la opción de SDF para sus hijos, mientras que sólo el 61% lo hizo para sus hijas (233).

Otro estudio realizado en Guangzhou, China, obtuvo que únicamente el 7% de los padres de los niños tratados con SDF mostraba insatisfacción por la tinción producida tras su aplicación en zonas estéticas (161). Siguiendo esta línea, otro estudio realizado en Oregon evaluó la percepción de los padres tras el tratamiento con SDF. La mayoría de estos estuvieron de acuerdo en que “la aplicación de SDF fue un procedimiento sencillo, y estaban conformes con la tinción producida por el SDF; la aplicación de SDF no producía dolor en sus hijo y que el sabor del SDF era aceptable para su hijo”. Todos los padres de los niños respondieron estar de acuerdo o ser neutral con estas respuestas a excepción de uno de ellos que estaba en desacuerdo con la coloración de las lesiones cavitadas (204). Los datos recabados de los diferentes estudios y ensayos realizados sugieren la alta tasa de aceptación del SDF en las diferentes culturas y países (72). Estos datos ponen de manifiesto que el inconveniente de la tinción tras el uso de SDF podría solventarse con el

uso combinado de SDF/KI, consiguiendo una aceptación mucho más alta en relación a su uso.

Siempre que se use SDF para la detención de las lesiones de caries se debe tener en cuenta la posible tinción del esmalte o dentina, especialmente en la zona marginal de restauraciones o en su aplicación en el sector anterior (234,235). Como alternativa para solucionar este problema estético se ha propuesto aplicar una solución saturada de KI inmediatamente después de la aplicación de SDF para minimizar la zona oscurecida. Los iones de yoduro en la solución de KI pueden reaccionar con los iones de plata para formar yoduro de plata (AgI) que aparece como un precipitado amarillento proporcionando mayor estética (136).

Algunos estudios afirman que este efecto adverso de la tinción del SDF parece estar enmascarado con el uso combinado de SDF y KI, algunos de los autores que evaluaron este pretratamiento combinado son Knight y col., Koizumi y col., Selvaraj y col. y Zhao y col. (136,226,227,229).

Estos resultados no son comparables con los obtenidos en este estudio, ya que, en primer lugar ninguno de nuestros objetivos fue analizar el posible cambio de color de la superficie, ya que Riva Star ® aconseja el uso combinado de SDF/KI, y no en todos los estudios se utilizan ambos productos. Asimismo, en la mayoría de los estudios publicados donde valoran la tinción suelen ser cavidades tratadas con SDF y no obturadas, es decir, de forma contraria a la metodología realizada en este estudio.

De los estudios revisados, tanto el estudio de Van Duker y col., de Quock y col., Selvaraj y col. y el de Wu y col. observaron que la aplicación de SDF seguida de enjuague inmediatamente después con agua no tuvo ninguna influencia significativa en la fuerza de unión (7,30,229,236). Asimismo, el estudio de Knight y col. observó que dejando secar al aire el SDF previo a la restauración disminuía la fuerza de unión de la restauración, mientras que realizar un enjuague con agua inmediatamente después no mostraba diferencia significativa en la fuerza de unión (136).

Un meta-análisis publicado en 2020 concluyó que el efecto adverso de la aplicación de SDF sobre la resistencia de unión de los sistemas adhesivos parece ser eliminado si se enjuaga tras su aplicación. En los grupos de los estudios comparados los resultados entre

los grupos control y grupo a estudio la aplicación de SDF con posterior enjuague con agua mostraban resultados similares, por lo que afirman que el enjuague con agua parece ser capaz de eliminar el exceso de precipitado de plata peritubular e intertubular en la dentina (231).

Cualquier material aplicado sobre el diente previo a la realización de la restauración podría comprometer negativamente la unión entre el material y la restauración (40). Sin embargo, en la mayoría de estudios se ha observado que la fuerza de unión no se ha visto comprometida adversamente tras la aplicación de SDF/KI, siempre y cuando hubiese un enjuague posterior con agua; de lo contrario, sin dicho enjuague se reducía significativamente la fuerza de unión (136,227,229,237). En el caso del estudio realizado por Farahat y col. observaron que la fuerza de unión al cizallamiento disminuyó en dentina sana tras la aplicación SDF/KI en comparación a las restauraciones sin su aplicación (238).

En este estudio y siguiendo la línea de muchos autores se optó por hacer un enjuague posterior a la aplicación del KI, para así evitar la presencia de material que pueda interferir en la fuerza de adhesión de los diferentes materiales.

Algunos de los estudios más recientes llegaron a la conclusión de que la aplicación de SDF no tuvo una influencia adversa en la resistencia de la unión entre el material restaurador y el diente (226,228,230,239). Sin embargo, estudios como el de Lutgen y col., Kucukyilmaz y col., Koizumi y col. y Soeno y col. demostraron que la aplicación del SDF disminuye significativamente la fuerza de adhesión entre los adhesivos y la dentina (226,228,230,239).

Fröhlich y De Oliveira en su meta-análisis realizado en 2020 acerca de la influencia de la aplicación de SDF concluyeron que no hay evidencias acerca de la posible influencia de la aplicación previa de SDF al 38% en relación de la resistencia de unión de las restauraciones con ionómero de vidrio a dentina. Sin embargo, observaron una disminución significativa en la fuerza de unión en relación a los sistemas adhesivos a dentina (231).

En este estudio los resultados mostraron que la fuerza de unión entre los materiales utilizados y la dentina sin la aplicación de SDF/KI era ligeramente inferior, aumentado en aquellos grupos con aplicación de SDF/KI. Esto se vio reflejado en todos los grupos y de forma global, tanto en los diferentes sistemas de adhesión (grabado ácido- aplicación de adhesivo, y autograbado), como en los diferentes materiales (ionómero de vidrio y resina). Mientras que en la restauración con ionómero de vidrio sigue la línea de resultados de diferentes autores donde afirman esta mejora en la resistencia de unión entre ionómero de vidrio y dentina tras el uso de SDF; los resultados obtenidos en este estudio en relación a la restauración con resina y su mejora en la resistencia de unión tras el uso de SDF están en contraposición a la mayoría de los autores. Autores como Aldosari y col. proponen, según sus resultados, esperar para la realización de las restauraciones al menos una semana tras la aplicación del SDF para lograr una fuerza de unión adecuada, ya que justo tras la aplicación de SDF se producen cambios estructurales en la superficie del diente que pueden comprometer la adhesión (40).

Con base en los resultados de este estudio, se afirma la hipótesis alternativa donde el SDF no tiene ningún efecto negativo en las fuerzas de unión, observando una posible mejora en la adhesión tras su uso. Asimismo, tras el análisis de los resultados también se puede observar que el grabado selectivo influye en la adhesión entre la resina y el diente.

#### ▪ **Limitaciones del estudio**

Se debe tener en cuenta las posibles variaciones en el esmalte y en la dentina en relación a la composición bioquímica, a la morfología y a las propiedades mecánicas según diferentes factores. Algunos de estos factores difieren según la edad del paciente y de las propiedades de la estructura dental (profundidad de la dentina, relación de la cercanía del esmalte o pulpa, etc.). La composición y la morfología de la estructura dental proporciona la elasticidad y la resistencia necesaria donde apoyar el esmalte y proteger el tejido pulpar durante un largo periodo de tiempo. Por tanto, la dentina se debe considerar un tejido dinámico, que va modificándose y adaptándose según las circunstancias a las que se ve sometida, elemento que no ha podido ser contemplado en este estudio.

## 8. Conclusiones

1. Existe relación entre el uso de fluoruro diamínico de plata y la adhesión entre el diente y los materiales analizados en este estudio. Generalmente, la resistencia media aumentó en los grupos donde se utilizó SDF previamente en comparación con los grupos donde no se aplicó.
2. El grupo con pretratamiento de fluoruro diamínico de plata, uso de grabado selectivo, uso de adhesivo autograbante y restauración de resina demostró ser el que mayor fuerza de adhesión ofrece en comparación al grupo con pretratamiento de fluoruro diamínico de plata, uso de adhesivo autograbante y restauración de resina. Por tanto, se puede afirmar que el acondicionado previo del esmalte con el grabado selectivo influyó significativamente.
3. Existe diferencia estadísticamente significativa entre la restauración con resina frente al ionómero de vidrio con aplicación previa de SDF, siendo la restauración con resina mucho más resistente.
4. Se apreció una mejora estadísticamente significativa aplicando previamente adhesivo autograbante en las restauraciones con aplicación de fluoruro diamínico de plata y restauración con ionómero de vidrio.
5. El grupo que mejores resultados mostró en relación a la resistencia de adhesión tras el uso de fluoruro diamínico de plata fue el grupo que utilizó pretratamiento con grabado selectivo, uso de adhesivo autograbante y restauración de resina.
6. Se ha observado que el tipo de diente influyó en la fuerza de adhesión, demostrando que las restauraciones con aplicación de fluoruro diamínico de plata en molares son significativamente más resistentes que las restauraciones en premolares.

7. Se determinó que la fuente de variabilidad más importante de la resistencia de adhesión del material fue el sistema de adhesión, seguido de la aplicación o no de SDF y, por último, el tipo de diente. No se hallaron interacciones significativas entre estos factores, es decir, las fuertes diferencias por sistema se expresan de forma similar tanto si se aplica SDF como si no, o si se trabajó en un tipo de diente u otro.

## 9. Anexos

**ANEXO 1.** Consentimiento informado entregado a los pacientes para el uso de sus dientes extraídos en este estudio.



Valencia, a 4 de Octubre de 2019

V.1.

Código Promotor: UCV / 2019-2020 / 007

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LA INVESTIGACIÓN  
TITULADA: “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL FLUORURO DIAMÍNICO DE PLATA  
EN LA ADHESIÓN DE LOS MATERIALES RESTAURADORES”.**

D. / Dña. ...., mayor de edad, con DNI....., en nombre propio; o en su caso, en nombre y representación del paciente ..... con DNI.....y en calidad de .....acepto que mis dientes extraídos sean incluidos en el estudio realizado por Mónica Fernández Mafé con DNI 48326157Y.

El objetivo de este estudio consiste en investigar cómo influye el uso y la combinación de diferentes materiales odontológicos en la adhesión a dientes naturales humanos. Este objetivo a largo plazo tiene como fin poder mejorar los conocimientos acerca de que combinación de materiales poseen mejores características en cuanto a la adhesión.

Los dientes incluidos en el estudio serán aquellos que, por causas ajenas a nuestra investigación, hayan sido extraídos de su boca y cumplan una serie de requisitos. Algunos de estos requisitos son: presentar caras libres de caries, dientes no coronados, fracturados, etc.

El uso de estos dientes, así como los resultados obtenidos tras la realización del estudio tendrán únicamente fines académicos, científicos y de investigación, pudiendo ser presentados en eventos o publicaciones científicas.

La participación en este estudio no tiene beneficio alguno, así como tampoco presenta ningún tipo de riesgo. Soy consciente que esta investigación no contempla ningún tipo de remuneración o compensación por donar mis dientes a esta investigación. Asimismo, se me ha informado que no existe ningún tipo de financiación para la realización de la misma.

Contemplo la garantía de confidencialidad y el resguardo de mi identidad o la de mi representado/a, de la información suministrada, así como la confidencialidad de mis dientes extraídos. Asimismo, se me garantiza que se cumplirá con la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal y asegurando el cumplimiento de las normas éticas y legales vigentes (Declaración de Helsinki 2013, versión Fortaleza y CIOMS/OMS 2002).

Confirmando que tras aclarar mis dudas, comprendo la información, libre, sin persuasión, manipulación ni coacción para decidir con quien considere pertinente, de acuerdo a mis valores e intereses, y me declaro competente para tomar las decisiones que correspondan.

En tal sentido, **DOY MI CONSENTIMIENTO AL INVESTIGADOR A UTILIZAR MIS DIENTES EXTRAÍDOS**, sabiendo y siendo conocedor/a que puedo retirar este consentimiento por escrito cuando así lo desee, sin represalia, ni penalidad ninguna.

En Valencia, a ..... de ..... de 20...

Fdo: (Representante legal)

Fdo: (Investigadora principal)  
Mónica Fernández Mafé

## 10. Bibliografia

1. Urquhart O, Tampi MP, Pilcher L, Slayton RL, Araujo MWB, Fontana M, et al. Nonrestorative Treatments for Caries: Systematic Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res*. 2019;98(1):14–26.
2. Wakhloo T, Reddy S, Sharma S, Chug A, Dixit A, Thakur K. Silver Diamine Fluoride Versus Atraumatic Restorative Treatment in Pediatric Dental Caries Management: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Int Soc Prev Communit Dent*. 2021;11:367–75.
3. Auychai P, Khumtrakoon N, Jitongart C, Daomanee P, Laiteerapong A. Bond Strength and Microleakage of a Novel Glass Ionomer Cement Containing Silver Diamine Fluoride. *Eur J Dent*. 2022;16:606–11.
4. Zaffarano L, Salerno C, Campus G, Cirio S, Balian A, Karanxha L, et al. Silver Diamine Fluoride (SDF) Efficacy in Arresting Cavitated Caries Lesions in Primary Molars: A Systematic Review and Metanalysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022;19(19). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36232217><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC9566773>
5. Bridge G, Martel AS, Lomazzi M. Silver Diamine Fluoride: Transforming Community Dental Caries Program: THE USE OF SDF IN COMMUNITY CARIES PROGRAMMES. *Int Dent J* [Internet]. 2021;71(6):458–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2020.12.017>
6. Council on Clinical Affairs. Fluoride Therapy. *Compr Prev Dent*. 2018;40(6):18–9.
7. Wu DI, Velamakanni S, Denisson J, Yaman P, Boynton JR, Papagerakis P. Effect of silver diamine fluoride (SDF) application on microtensile bonding strength of dentin in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2016;38(2):148–53.
8. Zhao IS, Gao SS, Hiraishi N, Burrow MF, Duangthip D, Mei ML, et al. Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *Int Dent J*. 2018;68(2):67–76.

9. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 2007;369(4):51–9.
10. Council on Clinical Affairs. Policy on the use of silver diamine fluoride for pediatric dental patients. *Pediatr Dent*. 2018;40(6):51–4.
11. Duangthip D, Chu CH, Lo ECM. A randomized clinical trial on arresting dentine caries in preschool children by topical fluorides - 18 month results. *J Dent*. 2016;44:57–63.
12. Edelstein B. Solving the problem of early childhood caries: a challenge for us all. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2009;163(7):667–8.
13. Finucane D. Rationale for restoration of carious primary teeth : A review . *Eur Arch Paediatr Dent*. 2010;13(6):281–92.
14. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, Duangthip D, Mei ML, Lo ECM, et al. Clinical trials of silver diamine fluoride in arresting caries among children: A systematic review. *JDR Clin Transl Res*. 2016;1(3):201–10.
15. Crystal YO, Niederman R. Silver Diamine Fluoride Treatment Considerations in Children’s Caries Management. *Pediatr Dent*. 2016;38(7):466–71.
16. Blumenshine SL, Vann WF, Gizlice Z, Lee JY. Children’s school performance: Impact of general and oral health. *J Public Health Dent*. 2008;68(2):82–7.
17. De Paula JS, Mialhe FL. Impact of oral health conditions on school performance and lost school days by children and adolescents: What are the actual pieces of evidence? *Brazilian J Oral Sci*. 2013;12(3):189–98.
18. Detty AMR, Oza-Frank R. Oral health status and academic performance among Ohio third-graders, 2009-2010. *J Public Health Dent*. 2014;74(4):336–42.
19. Jackson SL, Vann WF, Kotch JB, Pahel BT, Lee JY. Impact of poor oral health on children’s school attendance and performance. *Am J Public Health*. 2011;101(10):1900–6.
20. Seirawan H, Faust S, Mulligan R. The impact of oral health on the academic performance of disadvantaged children. *Am J Public Health*. 2012;102(9):1729–34.

21. Onoriobe U, Rozier RG, Cantrell J, King RS. Effects of enamel fluorosis and dental caries on quality of life. *J Dent Res*. 2014;93(10):972–9.
22. Ramos-Jorge J, Pordeus IA, Ramos-Jorge ML, Marques LS, Paiva SM. Impact of untreated dental caries on quality of life of preschool children: Different stages and activity. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2014;42(4):311–22.
23. Kagihara LE, Niederhauser VP, Stark M. Assessment, management, and prevention of early childhood caries. *J Am Acad Nurse Pract*. 2009;21(1):1–10.
24. De Paula JS, Sarracini KLM, Meneghim MC, Pereira AC, Ortega EMM, Martins NS, et al. Longitudinal evaluation of the impact of dental caries treatment on oral health-related quality of life among schoolchildren. *Eur J Oral Sci*. 2015;123(3):173–8.
25. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on use of fluoride. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. *Pediatr Dent*. 2018;40(6):49–50.
26. Tinanoff N, Douglass JM. Clinical decision-making for caries management in primary teeth. *J Dent Educ*. 2001;65(10):1133–42.
27. American Academy of Pediatric Dentistry. Pediatric restorative dentistry. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry. 2020;371–83.
28. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, et al. Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions: A report from the American Dental Association. *J Am Dent Assoc*. 2018;149(10):837–49.
29. Kidd E. The operative management of caries. *Dent Updat*. 1998;25(3):104–10.
30. Quock RL, Barros JA, Yang SW, A PS. Effect of Silver Diamine Fluoride on Microtensile Bond Strength to Dentin. *Oper Dent*. 2012;37(6):610–6.
31. González-Cabezas C. The chemistry of caries: Remineralization and demineralization events with direct clinical relevance. *Dent Clin North Am*. 2010;54(3):469–78.

32. Christensen G. The advantages of minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2005;136(11):1563–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0088>
33. Fleming E, Afful J. Prevalence of total and untreated dental caries among youth: United States, 2015-2016. *NCHS Data Brief* [Internet]. 2018;(307):1–8. Available from: [https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db307\\_table.pdf#1](https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db307_table.pdf#1).
34. Tinanoff N, Reisine S. Update on Early Childhood Caries Since the Surgeon General’s Report. *Acad Pediatr*. 2009;9(6):396–403.
35. Chu CH, Ho PL, Lo ECM. Oral health status and behaviours of preschool children in Hong Kong. *BMC Public Health*. 2012;12(1).
36. Schwendicke F, Dörfer CE, Schlattmann P, Page LF, Thomson WM, Paris S. Socioeconomic inequality and caries: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2015;94(1):10–8.
37. Featherstone JDB, Chaffee BW. The Evidence for Caries Management by Risk Assessment (CAMBRA®). *Adv Dent Res*. 2018;29(1):9–14.
38. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res*. 2016;28(2):58–67.
39. Haiat A, Ngo HC, Samaranayake LP, Fakhruddin KS. The effect of the combined use of silver diamine fluoride and potassium iodide in disrupting the plaque biofilm microbiome and alleviating tooth discoloration: A systematic review. *PLoS One* [Internet]. 2021;16(6 June 2021):1–18. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0252734>
40. Aldosari MM, Al-Schaibany FS. Evaluation of the Effect of the Loading Time on the Microtensile Bond Strength of Various Restorative Materials Bonded to Silver Diamine Fluoride-Treated Demineralized Dentin. *Materials* (Basel). 2022;15(13):123–30.
41. Kotsantos N, Darling A. Influence os posteruptive age of enamel on ist susceptibility to artificial caries. *Caries Res*. 1991;25:241–50.

42. Qamar Z, Rahim ZBHA, Chew HP, Fatima T. Influence of trace elements on dental enamel properties: A review. *J Pak Med Assoc.* 2017;67(1):116–20.
43. Margolis HC, Moreno EC. Composition and cariogenic potential of dental plaque fluid. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1994;5(1):1–25.
44. Duckworth RM, Huntington E. On the relationship between calculus and caries. *Monogr Oral Sci.* 2006;19:1–28.
45. Holmen L, Thylstrup A, Ogaard B, Kragh F. A scanning electron microscopic study os progressive stages of enamel caries in vivo. *Caries Res.* 1985;19:355–67.
46. Larsen MJ, Fejerkov O. Chemical and structural challenges in remineralization of dental enamel lesions. *Eur J Oral Sci.* 1989;97(4):285–96.
47. Stanley HR, Pereira JC, Spiegel E, Broom C, Schultz M. The detection and prevalence of reactive and physiologic sclerotic dentin, reparative dentin and dead tracts beneath various types of dental lesions according to tooth surface and age. *J Oral Pathol Med.* 1983;12(4):257–89.
48. Shellis RP. Effects of a supersaturated pulpal fluid on the formation of caries-like lesions on the roots of human teeth. *Caries Res.* 1987;28(1):14–20.
49. Bjørndal L. Presence or absence of tertiary dentinogenesis in relation to caries progression. *Adv Dent Res.* 2001;15:80–3.
50. Frank R, Voegel J. Ultrastructure of the human odontoblast process and its mineralisation during dental caries. *Caries Res.* 1980;14:367–80.
51. Paper O. A Clinical and Microbiological Study of Approximal Carious Lesions. *Caries Res.* 2001;35(1):8–11.
52. Murdoch-Kinch C, Mc Lean M. Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2003;134(1):87–95. Available from: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=11&sid=eee704cb-4a20-45c0-b681-3d4c1a5268e1%40sessionmgr103&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbG12ZQ%3D%3D#AN=12555961&db=mdc>

53. Zheng L, Hilton JF, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. Dentin caries activity status related to hardness and elasticity. *Eur J Oral Sci.* 2003;111(3):243–52.
54. Mertz-fairhurst E, Ergle JW, Fred A, Adair SM. Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results at year 10. 1998;129(January 1998):55–66.
55. Oong EM, Griffin SO, Kohn WG, Gooch BF, Caufield PW. The Effect of Dental Sealants on Bacteria Levels in Caries Lesions. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2008;139(3):271–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0156>
56. Hevinga MA, Opdam NJ, Frencken JE, Truin GJ. Fracture Strength of Excavated and Restored Teeth. *J Dent Res.* 2010;89 (11):1270–5.
57. Tsang P, Qi F, Huwig A, Anderson M, Wesley D, Shi W. A medical approach to the diagnosis and treatment of dental caries. *AHIP Cover.* 2006;47(2):38–42.
58. Chu C, Mei M, Lo E. Use of fluorides in dental caries management. *Gen Dent.* 2010;58(1):37–43.
59. Rosenblatt A, Stamford TCM, Niederman R. Silver diamine fluoride: A caries “silver-fluoride bullet.” *J Dent Res.* 2009;88(2):116–25.
60. Ruff RR, Niederman R. Silver diamine fluoride versus therapeutic sealants for the arrest and prevention of dental caries in low-income minority children: study protocol for a cluster randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2018;19(1):523. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30257696> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6158895>
61. Zhi QH, Lo ECM, Lin HC. Randomized clinical trial on effectiveness of silver diamine fluoride and glass ionomer in arresting dentine caries in preschool children. *J Dent.* 2012;40(11):962–7.
62. Surendranath P, Krishnappa S, Srinath S. Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries: A Review of Current Trends. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022;15(2):247–51.

63. Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United States. *MMWR Recomm Rep.* 2001;17(50):1–42.
64. Griffin SO, Jones K, Tomar SL. An economic evaluation of community water fluoridation. *J Public Health Dent.* 2001;61(2):78–86.
65. Ihezor-Ejiofor Z, Worthington H V., Walsh T, O’Malley L, Clarkson JE, Macey R, et al. Water fluoridation for the prevention of dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(6).
66. Weyant RJ, Tracy SL, Anselmo TT, Beltrán-Aguilar ED, Donly KJ, Frese WA, et al. Topical fluoride for caries prevention: executive summary of the updated clinical recommendations and supporting systematic review. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2013;144(11):1279–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24177407><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4581720>
67. Ricketts D, Lamont T, Innes NPT, Kidd E, Clarkson JE. Operative Caries Management in Adults and Children. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(6):387–91.
68. Lenters M, van Amerongen WE, Mandari GJ. Iatrogenic damage to the adjacent surfaces of primary molars, in three different ways of cavity preparation. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2006;7(1):6–10.
69. Dhar V, Marghalani AA, Crystal YO, Kumar A, Ritwik P, Tulunoglu O, et al. Use of vital pulp therapies in primary teeth with deep caries lesions. *Pediatr Dent.* 2017;39(5):146–59.
70. Berkowitz R. Dental caries recurrence following clinical treatment for severe early childhood caries. *Pediatr Dent.* 2011;33:510–4.
71. Mortazavi H, Baharvand M, Safi Y. Death rate of dental anaesthesia. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(6):7–9.
72. Horst JA. Silver Fluoride as a Treatment for Dental Caries. *Adv Dent Res.* 2018;29(1):135–40.

73. Bruen BK, Steinmetz E, Bysshe T, Glassman P, Ku L. Potentially preventable dental care in operating rooms for children enrolled in Medicaid. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2016;147(9):702–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adaj.2016.03.019>
74. Fung M, Wong M, Lo E, Chu C. Arresting Early Childhood Caries with Silver Diamine Fluoride-A Literature Review. *J Oral Hyg Heal*. 2013;1:117–223.
75. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Arresting dentine caries with different concentration and periodicity of silver diamine fluoride. *JDR Clin Transl Res*. 2016;1(2):143–52.
76. Santamaria R, Innes N, Franzon R, Guimarães LF, Magalhães CE, Haas AN, et al. Trial shows partial caries removal is an effective technique in primary molars. *Evid Based Dent* [Internet]. 2014;15(3):81–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ebd.6401044>
77. De Medeiros Serpa EB, Alves Clementino M, Granville-Garcia AF, Rosenblatt A. The effect of atraumatic restorative treatment on adhesive restorations for dental caries in deciduous molars. *J india Soc Pedod Anterior Dent* [Internet]. 2017;35:167–73. Available from: [http://jocpd.org/doi/10.17796/1053-4628-42.1.4%0Ahttp://jcdr.net/article\\_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2018&volume=12&issue=1&page=ZL02&issn=0973-709x&id=11100](http://jocpd.org/doi/10.17796/1053-4628-42.1.4%0Ahttp://jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2018&volume=12&issue=1&page=ZL02&issn=0973-709x&id=11100)
78. Gonçalves CF, Lindemaier e Silva MV, Costa LR, de Toledo OA. One-year follow-up of Atraumatic Restorative Treatment(ART) for dental caries in children undergoing oncohematological treatment: A pragmatic trial. *BMC Oral Health*. 2015;15(1):1–10.
79. Waggoner W. Restoring Primary Anterior Teeth. *Pediatr Dent*. 2015;37(2):163–70.
80. Shah P V., Lee JY, Wright JT. Clinical success and parental satisfaction with anterior preveneered primary stainless steel crowns. *Pediatr Dent*. 2004;26(5):391–5.

81. Donly K. Restorative dentistry for children. *Dent Clin North Am.* 2013;57(1):75–82.
82. Croll TP, Bar-Zion Y, Segura A, Donly KJ. Clinical performance of resin-modified glass ionomer cement restorations in primary teeth: A retrospective evaluation. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2001;132(8):1110–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2001.0336>
83. Leinfelder K. Posterior composite resins. *J Am Dent Assoc.* 1988;117(4):21–6.
84. Minguez N, Ellacuria J, Soler J, Triana R, Ibaseta G. Advances in the history of composite resins. *J Hist Dent.* 2003;51(3):103–5.
85. Burgess J, Walker R, Davidson J. Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatr Dent.* 2002;24(3):465–79.
86. Pallav P, De Gee A, Davidson CL, Erickson RL, Glasspoole E. Resin on Wear , Tensile Strength , Hardness , and Surface Roughness. *J Dent Res.* 1989;68(3):489–90.
87. Bernardo M, Luis H, Martin M, Leroux B, Rue T, Leitão J, et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(6):775–83.
88. Antony K, Genser D, Hiebinger C, Windisch F. Longevity of dental amalgam in comparison to composite materials. *GMS Heal Technol Assess.* 2008;13(4).
89. Innes NPT, Evans DJP, Stirrups DR. Sealing caries in primary molars: Randomized control trial, 5-year results. *J Dent Res.* 2011;90(12):1405–10.
90. Maltz M, Jardim JJ, Mestrinho HD, Yamaguti PM, Podestá K, Moura MS, et al. Partial removal of carious dentine: A multicenter randomized controlled trial and 18-month follow-up results. *Caries Res.* 2013;47(2):103–9.
91. Reichert C. Randomized trial of partial vs. stepwise caries removal: 3-year follow-up. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2013;(3):531–7.
92. Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: Three-year follow-up. *Caries Res.* 2012;46(6):544–8.

93. Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: An efficacy randomized trial. *J Dent Res.* 2010;89(8):823–6.
94. Dorri M, Dunne S, Walsh T, Schwendicke F. Micro-invasive interventions for managing proximal dental decay in primary and permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(11).
95. Tellez M, Gomez J, Kaur S, Pretty IA, Ellwood R, Ismail AI. Non-surgical management methods of noncavitated carious lesions. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2013;41(1):79–96.
96. Senestraro S, Crowe J, Wang M, Vo A, Huang G, Ferracane J, et al. Minimally invasive resin infiltration of arrested white-spot lesions A randomized clinical trial. *JADA.* 2013;144(9):997–1005.
97. Wilson A, Kent B. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. 1972 Feb 15;132(4):133-5. PubMed PMID: 4501690. *Br Dent J.* 1972;132(4):133–5.
98. Mitra S, Kedrowski B. Long-term mechanical properties of glass ionomers. *Dent Mater.* 1994;10(2):78–82.
99. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials.* 1998;19(6):503–8.
100. Donly KJ, Istre S, Istre T. *In vitro* enamel remineralization at orthodontic band margins cemented with glass ionomer cement. *Am Assoc Orthod.* 1995;107(5):461–4.
101. Donly K, Nelson J. Fluoride release of restorative materials exposed to a fluoridated dentifrice. *ASDC J Dent Child.* 1997;64(4):249–50.
102. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand.* 2004;62(1):37–45.
103. Chadwick BL, Evans DJ. Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2007;8(1):14–21.

104. Toh SL, Messer LB. Evidence-based assessment of tooth-colored restorations in proximal lesions of primary molars. *Pediatr Dent*. 2007;29(1):8–15.
105. Dos Santos MPA, Luiz RR, Maia LC. Randomised trial of resin-based restorations in Class I and Class II beveled preparations in primary molars: 48-Month results. *J Dent* [Internet]. 2010;38(6):451–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2010.02.004>
106. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J D Res*. 1954;34(6):849–53.
107. Silva E Souza M, Carneiro K, Lobato M, Silva E Souza P, De Goes M. Adhesive systems: Important aspects related to their composition and clinical use. *J Appl Oral Sci*. 2010;18(3):207–14.
108. Mithiborwala S, Chaugule V, Munshi A, 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.
109. Chun-zi Q, Yong J, Shi-yang L, Yuan L, Xiao-min F, Qing Y. The ultrastructural study of bonding interface between two adhesive systems and three types of dental hard tissue. *Shanghai J Stomatol*. 2011;20(3):260–5.
110. Fernandes Pegado RE, Botelho do Amaral FL, Flório FM, Basting RT. Effect of Different Bonding Strategies on Adhesion to Deep and Superficial Permanent Dentin. *Eur J Dent*. 2010;04(02):110–7.
111. García-Godoy F, Donly KJ. Dentin-Enamel Adhesives in Pediatric Dentistry: An Update. *Pediatr Dent*. 2015;37(2):133–4.
112. Vashisth P, Mittal M, Goswami M, Chaudhary S, Swivedi S. Bond strength and interfacial morphology of adhesives to primary teeth dentin. *J od Dent*. 2014;11(2):179–87.
113. Bedran-Russo A, Leme-Kraus AA, Vidal CMP, Teixeira EC. An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth–Adhesive Interface. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2017;61(4):713–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.001>

114. Peumans M, De Munck J, Mine A, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives for the restoration of non-cariou cervical lesions. A systematic review. *Dent Mater* [Internet]. 2014;30(10):1089–103. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.07.007>
115. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent* [Internet]. 2001;3(4):315–24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11893047>
116. Cobanoglu N, Unlu N, Ozer FF, Blatz MB. Bond strength of self-etch adhesives after saliva contamination at different application steps. *Oper Dent*. 2013;38(5):505–11.
117. Aboushelib MN. Clinical performance of self-etching adhesives with saliva contamination. *J Adhes Dent*. 2011;13(5):489–93.
118. Ertugrul F, Türkün M, Türkün L, Toman M, Cal E. Bond Strength of Different Dentin Bonding Fluorotic Enamel. *J Adhes Dent*. 2009;11(4):299–303.
119. Yaman BC, Ozer F, Blatz MB, Cabukusta CS, Eren MM, Koray F. Microtensile bond strength to enamel affected by hypoplastic amelogenesis imperfecta. *J Adhes Dent*. 2014;16(1):7–14.
120. Hosoya Y, Tay F. Hardness, Elasticity, and Ultrastructure of Bonded Sound and Caries-Affected Primary Tooth Dentin. *J Biomed Mater Res B*. 2007;80:135–41.
121. Casagrande L, Dalpian D, Ardenghi T, Zanatta F, Balbinot C, García-Godoy F, et al. Randomized clinical trial of adhesives restorations in primary molars. 18-month results. *Am J Dent*. 2013;26(6):351–5.
122. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, et al. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent*. 2014;42(4):377–83.
123. Sakaguchi R. A review of the curing mechanics of composites and their significance in dental applications. *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 1999;25:16–23.

124. Sarrett DC. Prediction of clinical outcomes of a restoration based on in vivo marginal quality evaluation. *J Adhes Dent*. 2007;9:117–20.
125. Goncalves F, Azevedo CLN, Ferracane JL, Braga RR. BisGMA/TEGDMA ratio and filler content effects on shrinkage stress. *Dent Mater*. 2011;27(6):520–6.
126. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress - Is it clinically meaningful? *Dent Mater* [Internet]. 2016;32(1):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.06.020>
127. Ishikiriama SK, Valeretto TM, Franco EB, Mondelli RFL. The influence of “C-factor” and light activation technique on polymerization contraction forces of resin composite. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(6):603–6.
128. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJM. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater* [Internet]. 2012;28(1):87–101. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.003>
129. Naoum SJ, Ellakwa A, Morgan L, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *J Dent* [Internet]. 2012;40(1):64–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2011.10.006>
130. Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Chu CH, Lo ECM. The inhibitory effects of silver diamine fluorides on cysteine cathepsins. *J Dent*. 2014;42(3):329–35.
131. Rossi GN, Squassi AF, Mandalunis P, Kaplan AE. Effect of silver diamine fluoride (SDF) on the dentin-pulp complex: ex vivo histological analysis on human primary teeth and rat molars TT. *Acta Odontol Latinoam* [Internet]. 2017;30(1):5–12. Available from: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aol/v30n1/v30n1a02.pdf>
132. Gordon NB. Silver Diamine Fluoride Staining is Acceptable for Posterior Primary Teeth and Is Preferred Over Advanced Pharmacologic Behavior Management by Many Parents. *J Evid Based Dent Pract* [Internet]. 2018;18(1):94–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2018.01.001>

133. Mei ML, Lo EC, Chu C. Clinical Use of Silver Diamine Fluoride in Dental Treatment. *Compend Contin Educ Dent*. 2016;37(2):93–8.
134. Nilsson KB, Persson I, Kessler VG. Coordination chemistry of the solvated Ag I and Au I ions in liquid and aqueous ammonia, trialkyl and triphenyl phosphite, and tri-n-butylphosphine solutions. *Inorg Chem*. 2006;45(17):6912–21.
135. Llodra J, Rodriguez A, Ferrer B, Menardia V, Ramos T, Morato M. Efficacy of silver diamine fluoride for caries reduction in primary teeth and first permanent molars of schoolchildren: 36-Month clinical trial. *J Dent Res* [Internet]. 2005;84(8):721–4. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L43827828%0Ahttp://bj7rx7bn7b.search.serialssolutions.com?sid=EMBASE&issn=00220345&id=doi:&atitle=Efficacy+of+silver+diamine+fluoride+for+caries+reduction+in+primary+teeth+and+first+>
136. Knight GM, McIntyre JM, Mulyani. The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. *Aust Dent J*. 2006;51(1):42–5.
137. Chu C, Lo E. Promoting Caries Arrest in Children With Fluoride : A Review. *Oral Heal Prev Dent*. 2008;6:315–21.
138. Zheng FM, Yan IG, Duangthip D, Gao SS, Lo ECM, Chu CH. Silver diamine fluoride therapy for dental care. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2022;58:249–57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2022.08.001>
139. Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Lo ECM, Chu CH. Inhibitory effect of silver diamine fluoride on dentine demineralisation and collagen degradation. *J Dent*. 2013;41(9):809–17.
140. Peng JJY, Botelho MG, Matinlinna JP. Silver compounds used in dentistry for caries management: A review. *J Dent* [Internet]. 2012;40(7):531–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.03.009>
141. Lansdown A. Silver. I: Its antibacterial properties and mechanism of action. *J Wound Care*. 2002;11(4):125–30.

142. Wu MY, Suryanarayanan K, van Ooij WJ, Oerther DB. Using microbial genomics to evaluate the effectiveness of silver to prevent biofilm formation. *Water Sci Technol.* 2007;55(8–9):413–9.
143. Nishiro M, Yoshida S, Sobue S, Kato J, Nishida M. Effect of topically applied ammoniacal silver fluoride on dental caries in children. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1969;9:149–55.
144. Thibodeau EA, Handelman SL, Marquis RE. Inhibition and Killing of Oral Bacteria by Silver Ions Generated with Low Intensity Direct Current. *J Dent Res.* 1978;57(9–10):922–6.
145. González Alarcón D, Bakari Ndjidda W. Update Report on Silver Diamine Fluoride. Mindja Paul Health and Emancipation Research Center. 2018.
146. Ostela I, Tenovuo J. Antibacterial activity of dental gels containing combinations of amine fluoride, stannous fluoride, and chlorhexidine against cariogenic bacteria. *Eur J Oral Sci.* 1990;98(1):1–7.
147. Moritani Y, Doi M, Yao K, Yoshihara M, Miyazaki K, Ito M, et al. Clinical evaluation of diamine silver fluoride (Saforide) in controlling caries of deciduous teeth [in Japanese]. *Rinsho Shika.* 1970;266:48–53.
148. Yamaga R, Yokomizo I. Arrestment of caries of deciduous teeth with diamine silver fluoride. *Dent Outlook.* 1969;33:1007–13.
149. Klein U, Kanellis M, Drake D. Effects of four anticaries agents on lesion depth progression in an *in vitro* caries model. *Pediatr Dent.* 1999;21(3):176–80.
150. Gold J. Limited Evidence Links Silver Diamine Fluoride and Caries Arrest in Children. *J Evid Based Dent Pract* [Internet]. 2017;17(3):265–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.06.012>
151. Mei ML, Li QL, Chu CH, Lo ECM, Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob* [Internet]. 2013;12(1):1. Available from: *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*

152. De Almeida LF, Cavalcanti Y, Valença A. *In vitro* antibacterial activity of silver diamine fluoride in different concentrations. *Acta Odontol Latinoam*. 2011;24(2):127–31.
153. Walker D, Yee R. Arrest of Caries Technique (ACT): Appropriate Technique for the Clinician and for Disadvantaged Communities in Nepal. *JNDA*. 1990;3(1):1–5.
154. Bagher SM, Sabbagh HJ, Aljohani SM, Alharbi G, Aldajani M, Elkhodary H. Parental acceptance of the utilization of silver diamine fluoride on their child's primary and permanent teeth. *Patient Prefer Adherence*. 2019;13:829–35.
155. Nelson T, Scott J, Crystal Y, Berg J, Milgrom P. Silver diamine fluoride in pediatric dentistry training programs: survey of graduate program directors. *Pediatr Dent*. 2016;38:212–7.
156. Horst JA, Ellenikiotis H, Milgrom PM. UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications and Consent. *J Calif Dent Assoc*. 2016;44(1):17–28.
157. Crystal Y, Marghalani A, Ureles S, Wright J, Sulyanto R, Divaris K, et al. Use of Silver Diamine Fluoride for Dental Caries Management in Children and Adolescents, Including Those with Special Health Care Needs. *Pediatr Dent*. 2017;39(5):135–45.
158. Gao SS, Amarquaye G, Arrow P, Bansal K, Bedi R, Campus G, et al. Global Oral Health Policies and Guidelines: Using Silver Diamine Fluoride for Caries Control. *Front Oral Heal*. 2021;2(July):1–12.
159. Hadrup N, Lam HR. Oral toxicity of silver ions, silver nanoparticles and colloidal silver - A review. *Regul Toxicol Pharmacol* [Internet]. 2014;68(1):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2013.11.002>
160. Vasquez E, Zegarra G, Chirinos E, Castillo JL, Taves DR, Watson GE, et al. Short term serum pharmacokinetics of diammine silver fluoride after oral application. *BMC Oral Health* [Internet]. 2012;12(1):1. Available from: BMC Oral Health

161. Chu C, Lo E, Lin H. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children. *J Dent Res.* 2002;81(11):767–70.
162. Whitford GM. Fluoride in Dental Products: Safety Considerations. *J Dent Res.* 1987;66(5):1056–60.
163. Hamama HH, Yiu CK, Burrow MF. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on residual bacteria in dentinal tubules. *Aust Dent J.* 2015;60(1):80–7.
164. Gotjamanos T, Afonso F. Unacceptably high levels of fluoride in commercial preparations of silver fluoride. *Aust Dent J.* 1997;42(1):52–3.
165. Neesham D. Fluoride concentration in AgF and dental fluorosis. *Aust Dent J.* 1997;42(4):268–9.
166. Atchison KA. Using Information Technology and Community-based Research to Improve the Dental Health-care System. *Adv Dent Res.* 2003;17:86–8.
167. Monse B, Heinrich-weltzien R, Mulder J, Holmgren C. Caries preventive efficacy of silver diammine fluoride ( SDF ) and ART sealants in a school-based daily fluoride toothbrushing program in the Philippines. *J Osaka Univ Dent Sch.* 2012;9:149–55.
168. Castaño A, Ribas D. *Odontología Preventiva y Comunitaria. La odontología social. Un deber, una necesidad, un reto.* 2012.
169. Juneja A, Sultan A, Siddiqui M, Kaur G. Silver diamine fluoride as a proactive anti-caries tool: A review. *Int J Oral Heal Dent.* 2019;5(2):63–8.
170. Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What’s Behind It? *J Dent Res.* 2018;97(7):751–8.
171. Yamaga R, Nishino M, Yoshida S, Yokomizo I. Diammine silver fluoride and its clinical application. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1972;12:1–20.

172. Chu CH, Mei L, Seneviratne CJ, Lo ECM. Effects of silver diamine fluoride on dentine carious lesions induced by *Streptococcus mutans* and *Actinomyces naeslundii* biofilms. *Int J Paediatr Dent*. 2012;22(1):2–10.
173. Oppermann RV, Johansen JR. Effect of fluoride and non-fluoride salts of copper, silver and tin on the acidogenicity of dental plaque *in vivo*. *Eur J Oral Sci*. 1980;88(6):476–80.
174. Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Mulyani, Zilm PS, Gully NJ. Differences between normal and demineralized dentine pretreated with silver fluoride and potassium iodide after an *in vitro* challenge by *Streptococcus mutans*. *Aust Dent J*. 2007;52(1):16–21.
175. Wakshlak RBK, Pedahzur R, Avnir D. Antibacterial activity of silver-killed bacteria: The “zombies” effect. *Sci Rep*. 2015;5:1–5.
176. Marx DE, Barillo DJ. Silver in medicine: The basic science. *Burns* [Internet]. 2014;40(S1):S9–18. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2014.09.010>
177. Mei ML, Ito L, Cao Y, Lo ECM, Li QL, Chu CH. An *ex vivo* study of arrested primary teeth caries with silver diamine fluoride therapy. *J Dent*. 2014;42(4):395–402.
178. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized Clinical Trial of 12% and 38% Silver Diamine Fluoride Treatment. *J Dent Res*. 2018;97(2):171–8.
179. Yee R, Holmgren C, Mulder J, Lama D, Walker D, Helderma WVP. Efficacy of silver diamine fluoride for arresting caries treatment. *J Dent Res*. 2009;88(7):644–7.
180. Jabin Z, Vishnupriya V, Agarwal N, Nasim I, Meena J, Ankur S. Effect of 38% silver diamine fluoride on control of dental caries in primary dentition: A Systematic review. *J Fam Med Prim Care* [Internet]. 2020;(9):1302–7. Available from:  
<http://www.jfmpc.com/article.asp?issn=2249-4863;year=2017;volume=6;issue=1;spage=169;epage=170;aulast=Faizi>

181. Yamaga M, Koide T, Hieda T. Adhesiveness of Glass Ionomer Cement Containing Tannin-Fluoride Preparation (HY agent) to Dentin - An Evaluation of Adding Various Ratios of HY agent and Combination with Application Diammine Silver Fluoride. *Dent Mater J*. 1993;12(1):36–44.
182. Wambier D, Bosco V. Use of cariostatic in pediatric dentistry: silver diamine fluoride. *Rev Odontopediatr*. 1995;4:35–41.
183. Dos Santos VE, De Vasconcelos FMN, Ribeiro AG, Rosenblatt A. Paradigm shift in the effective treatment of caries in schoolchildren at risk. *Int Dent J*. 2012;62(1):47–51.
184. Gotjamanos T. Pulp response in primary teeth with deep residual caries treated with silver fluoride and glass ionomer cement (“atraumatic” technique). *Aust Dent J*. 1996;41(5):328–34.
185. Bücher K, Tautz A, Hickel R, Kühnisch J. Longevity of composite restorations in patients with early childhood caries (ECC). *Clin Oral Investig*. 2014;18(3):775–82.
186. Craig GG, Knight GM, McIntyre JM. Clinical evaluation of diamine silver fluoride/potassium iodide as a dentine desensitizing agent. A pilot study. *Aust Dent J*. 2012;57(3):308–11.
187. Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Zilm PS, Gully NJ. Inability to form a biofilm of *Streptococcus mutans* on silver fluoride – and potassium iodide – treated demineralized dentin. *Quintessence Int (Berl)*. 2009;40(2):155–62.
188. Tan HP, Dyson JE, Luo Y, Corbet EF. A Randomized Trial on Root Caries Prevention in Elders. *J Dent Res*. 2010;89(10):1086–90.
189. Hiraishi N, Yiu CKY, King NM, Tagami J, Tay FR. Antimicrobial efficacy of 3.8% silver diamine fluoride and its effect on root dentin. *J Endod [Internet]*. 2010;36(6):1026–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.029>
190. Spacciapoli P, Buxton D, Rothstein D, Friden P. Antimicrobial activity of silver nitrate against periodontal pathogens. *J Periodontal Res*. 2001;36(2):108–13.

191. Duangthip D, Fung MHT, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Adverse Effects of Silver Diamine Fluoride Treatment among Preschool Children. *J Dent Res*. 2018;97(4).
192. Twetman S, Dhar V. Evidence of Effectiveness of Current Therapies to Prevent and Treat Early Childhood Caries. *Pediatr Dent*. 2015;37(3):246–53.
193. Lo E, Chu C, Lin C. A community-based caries control program for pre-school children using topical fluorides: 18-month results. *J Dent Res* [Internet]. 2001;80(12):2071–4. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L35574104%0Ahttp://bj7rx7bn7b.search.serialssolutions.com?sid=EMBASE&issn=00220345&id=doi:&atitle=A+community-based+caries+control+program+for+pre-school+children+using+topical+fluor>
194. Evans RW, Dennison PJ. The Caries Management System: An evidence-based preventive strategy for dental practitioners. Application for children and adolescents. *Aust Dent J*. 2009;54(4):381–9.
195. Duangthip D, Gao SS, Lo ECM, Chu CH. Early childhood caries among 5- to 6-year-old children in Southeast Asia. *Int Dent J*. 2017;67(2):98–106.
196. Primosch R, Balsewich C, Thomas C. Outcomes assessment an intervention strategy to improve parental compliance to follow-up evaluations after treatment of early childhood caries using general anesthesia in a Medicaid population. *ASDC J Dent Child*. 2001;68(2):102–8.
197. Chase I, Berkowitz R, Proskin H, Weinstein P, Billings R. Clinical outcomes for Early Childhood Caries (ECC): the influence of health locus of control. *Eur J Paediatr Dent*. 2004;5(2):76–80.
198. Zhan L, Featherstone JDB, Gansky SA, Hoover CI, Fujino T, Berkowitz RJ, et al. Antibacterial treatment needed for severe early childhood caries. *J Public Health Dent*. 2006;66(3):174–9.

199. Hughes C V., Dahlan M, Papadopolou E, Loo CY, Pradhan NS, Lu SC, et al. Aciduric microbiota and mutans streptococci in severe and recurrent severe early childhood caries. *Pediatr Dent*. 2012;34(2):16–23.
200. Almeida AG, Roseman MM, Sheff M, Huntington N, Hughes C V. Future caries susceptibility in children with Early Childhood Caries following treatment under general anesthesia. *Pediatr Dent*. 2000;22(4):302–6.
201. Foster T, Perinpanayagam H, Pfaffenbach A, Certo M. Recurrence of early childhood caries after comprehensive treatment with general anesthesia and follow-up. *J Dent Child*. 2006;73(1):25–30.
202. Amin MS, Bedard D, Wkh U, Udwh U, Ghqwdo ID, Iru V. Early Childhood caries, recurrence after comprehensive dental treatment under GA. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2010;11(6):269–73.
203. Murray CJL, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman AD, Michaud C, et al. Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2197–223.
204. Clemens J, Gold J, Chaffin J. Effect and acceptance of silver diamine fluoride treatment on dental caries in primary teeth. *J Public Health Dent*. 2018;78(1):63–8.
205. Hu S, Meyer B, Duggal M. A silver renaissance in dentistry. *Eur Arch Paediatr*. 2018;19(4):221–7.
206. Crystal YO, Janal MN, Hamilton DS, Niederman R. Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *J Am Dent Assoc [Internet]*. 2017;148(7):510–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adaj.2017.03.013>
207. <http://www.allianceforacavityfreefuture.org/en/us/technologies/>. 2018.
208. Lenzi TL, Montagner AF, Soares FZM, De Oliveira Rocha R. Are topical fluorides effective for treating incipient carious lesions? A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc [Internet]*. 2016;147(2):84-91.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adaj.2015.06.018>

209. Hafiz Z, Allam R, Almazayad B, Bedaiwi A, Alotaibi A, Almubrad A. Effectiveness of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries in Primary and Early Mixed Dentition: A Systematic Review. *Children*. 2022;9(9):1–13.
210. Weerheijm KL, Kreulen CM, De Soet JJ, Groen HJ, Van Amerongen WE. Bacterial Counts in Carious Dentine under Restorations: 2-Year in vivo Effects. *Caries Res*. 1999;33(2):130–4.
211. Niederman R, Gould E, Soncini J, Tavares M, Osborn V, Goodson JM. A model for extending the reach of the traditional dental practice: The ForsythKids program. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2008;139(8):1040–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0306>
212. Bayrak S, Tunc E Sen, Aksoy A, Ertas E, Guvenc D, Ozer S. Fluoride release and recharge from different materials used as fissure sealants. *Eur J Dent*. 2010;4(3):245–24550.
213. Lo E, Luo Y, Fan M, Wei S. Clinical Investigation of Two Glass-Ionomer Restoratives Used with the Atraumatic Restorative Treatment Approach in China: Two-Years Results. *Caries Res*. 2001;35:458–63.
214. Yu C, Gao XJ, Deng DM, Yip HK, Smales RJ. Survival of glass ionomer restorations placed in primary molars using atraumatic restorative treatment (ART) and conventional cavity preparations: 2-Year results. *Int Dent J*. 2004;54(1):42–6.
215. Colares V, da Franca C, Filho H de AA. O tratamento restaurador atraumático nas dentições decídua e permanente. *Rev Port Estomatol Med Dent e Cir Maxilofac* [Internet]. 2009;50(1):35–41. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1646-2890\(09\)70014-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1646-2890(09)70014-7)
216. Tantbirojn D, Versluis A, Feigal RJ, Ko CC. Remineralized dentin lesions induced by glass ionomer demonstrate increased resistance to subsequent acid challenge. *Quintessence Int (Berl)*. 2006;37(4):273–81.
217. Kidd EAM. Clinical threshold for carious tissue removal. *Dent Clin North Am*. 2010;54(3):541–9.

218. Mandari GJ, Frencken JE, Van't Hof MA. Six-year success rates of occlusal amalgam and glass-ionomer restorations placed using three minimal intervention approaches. *Caries Res.* 2003;37(4):246–53.
219. Wambier DS, Dos Santos FA, Guedes-Pinto AC, Jaeger RG, Simionato MRL. Ultrastructural and microbiological analysis of the dentin layers affected by caries lesions in primary molars treated by minimal intervention. *Pediatr Dent.* 2007;29(3):228–34.
220. Dülgergil CT, Soyman M, Civelek A. Atraumatic restorative treatment with resin-modified glass ionomer material: Short-term results of a pilot study. *Med Princ Pract.* 2005;14(4):277–80.
221. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Cenci MS, Huysmans MCDNJM, Wilson NHF. Age of failed restorations: A deceptive longevity parameter. *J Dent [Internet].* 2011;39(3):225–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2010.12.008>
222. Liu BY, Lo ECM, Li CMT. Effect of silver and fluoride ions on enamel demineralization: A quantitative study using micro-computed tomography. *Aust Dent J.* 2012;57(1):65–70.
223. Jiang M, Mei ML, Wong MCM, Chu CH, Lo ECM. Effect of silver diamine fluoride solution application on the bond strength of dentine to adhesives and to glass ionomer cements: A systematic review. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):1–11.
224. Puwanawiroj A, Trairatvorakul C, Dasanayake AP, Auychai P. Microtensile bond strength between glass ionomer cement and silver diamine fluoride-treated carious primary dentin. *Pediatr Dent.* 2018;40(4):291–5.
225. Wang AS, Botelho MG, Tsoi JKH, Matinlinna JP. Effects of silver diammine fluoride on microtensile bond strength of GIC to dentine. *Int J Adhes Adhes.* 2016;70:196–203.
226. Koizumi H, Hamama HH, Burrow MF. Effect of a silver diamine fluoride and potassium iodide-based desensitizing and cavity cleaning agent on bond strength to dentine. *Int J Adhes Adhes [Internet].* 2016;68:54–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.02.008>

227. Zhao IS, Chu S, Yu OY, Mei ML, Chu CH, Lo ECM. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on shear bond strength of glass ionomer cements to caries-affected dentine. *Int Dent J.* 2019;69(5):341–7.
228. Lutgen P, Chan D, Sadr A. Effects of silver diammine fluoride on bond strength of adhesives to sound dentin. *Dent Mater J.* 2018;37(6):1003–9.
229. Selvaraj K, Sampath V, Sujatha V, Mahalaxmi S. Evaluation of microshear bond strength and nanoleakage of etch-and-rinse and self-etch adhesives to dentin pretreated with silver diamine fluoride/potassium iodide: An *in vitro* study. *Indian J Dent Res.* 2016;27(4):421–5.
230. Kucukyilmaz E, Savas S, Akcay M, Bolukbasi B. Effect of silver diamine fluoride and ammonium hexafluorosilicate applications with and without Er:YAG laser irradiation on the microtensile bond strength in sound and caries-affected dentin. *Lasers Surg Med.* 2016;48(1):62–9.
231. Fröhlich TT, de Oliveira Rocha R de O, Botton G. Does previous application of silver diammine fluoride influence the bond strength of glass ionomer cement and adhesive systems to dentin? Systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent.* 2020;30(1):85–95.
232. Braga M, Mendes F, De Benedetto M, Imperato J. Effect of silver diammine fluoride on incipient caries lesions in erupting permanent first molars: a pilot study. *J Dent Child.* 2009;76(1):28–33.
233. Tesoriero J, Lee A. Parental acceptance of silver diamine fluoride. In: Poster session presented at: American Association of Pediatric Dentistry 69th Annual Session; San Antonio, TX. 2016.
234. Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo ECM, Chu CH. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide treatment on secondary caries prevention and tooth discolouration in cervical glass ionomer cement restoration. *Int J Mol Sci.* 2017;18(2).
235. Nguyen V, Neill C, Felsenfeld O, Primus C. Potassium Iodide. The Solution to Silver Diamine Fluoride Discoloration? *Adv Dent Oral Heal.* 2017;5(1):1–6.

236. Van Duker M, Hayashi J, Chan DC, Tagami J, Sadr A. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on bonding to demineralized dentin. *Am J Dent.* 2019;32(3):143–6.
237. Gupta J, Thomas MS, Radhakrishna M, Srikant N, Ginjupalli K. Effect of silver diamine fluoride-potassium iodide and 2% chlorhexidine gluconate cavity cleansers on the bond strength and microleakage of resin-modified glass ionomer cement. *J Conserv Dent.* 2019;22(2):201–6.
238. Farahat F, Davari A, Karami H. Investigation of the effect of simultaneous use of silver diamine fluoride and potassium iodide on the shear bond strength of total etch and universal adhesive systems to dentin. *Dent Res J (Isfahan).* 2022;19(1):6.
239. Soeno K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M. Effect of desensitizers on bond strength of adhesive luting agents to dentin. *J Oral Rehabil* [Internet]. 2001;28(12):1122–8. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L35586154%0Ahttp://bj7rx7bn7b.search.serialssolutions.com?sid=EMBASE&issn=0305182X&id=doi:&atitle=Effect+of+desensitizers+on+bond+strength+of+adhesive+luting+agents+to+dentin.&stitle>



## **11. Artículos publicados**

Fernández-Mafé M, Armengol-Olivares A, Miralles-Jordá L, Vicente-Escuder Á, Pérez-Bermejo M, Narciso J and Pallarés-Sabater A (2022). *In Vitro* Study on the Influence of Silver Diamine Fluoride on the Adhesion Strength of Dental Restorative Materials. *Front. Mater.* 9:833427. doi: 10.3389/fmats.2022.833427



# In Vitro Study on the Influence of Silver Diamine Fluoride on the Adhesion Strength of Dental Restorative Materials

Mónica Fernández-Mafé<sup>1\*</sup>, Andrea Armengol-Olivares<sup>2</sup>, Lucía Miralles-Jordá<sup>2</sup>, Ángel Vicente-Escuder<sup>3</sup>, Marcelino Pérez-Bermejo<sup>4</sup>, Javier Narciso<sup>5,6</sup> and Antonio Pallarés-Sabater<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Doctoral School, Health Program, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain, <sup>2</sup>Departament of Pediatric Dentistry, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain, <sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering and Materials at the Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, <sup>4</sup>SONEV Research Group, School of Medicine and Health Sciences, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain, <sup>5</sup>Department of Inorganic Chemistry, University of Alicante, Alicante, Spain, <sup>6</sup>ISABIAL—Sanitary and Biomedical Research Institute of Alicante, Alicante, Spain, <sup>7</sup>Department of Restorative Dentistry, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain

## OPEN ACCESS

### Edited by:

Senentxu Lanceros-Mendez,  
Basque Center for Materials,  
Applications and Nanostructures,  
Spain

### Reviewed by:

Abdul Samad Khan,  
Imam Abdulrahman Bin Faisal  
University, Saudi Arabia  
Nicola Innes,  
Cardiff University, United Kingdom

### \*Correspondence:

Mónica Fernández-Mafé  
monica.fernandez@ucv.es

### Specialty section:

This article was submitted to  
Biomaterials,  
a section of the journal  
Frontiers in Materials

Received: 11 December 2021

Accepted: 04 April 2022

Published: 11 May 2022

### Citation:

Fernández-Mafé M,  
Armengol-Olivares A, Miralles-Jordá L,  
Vicente-Escuder Á, Pérez-Bermejo M,  
Narciso J and Pallarés-Sabater A  
(2022) In Vitro Study on the Influence of  
Silver Diamine Fluoride on the  
Adhesion Strength of Dental  
Restorative Materials.  
Front. Mater. 9:833427.  
doi: 10.3389/fmats.2022.833427

Silver diamine fluoride (SDF) has demonstrated its clinical success for years in the arrest of caries lesions; however, the influence it could have on the success of restorations after its application still remains unknown. The purpose of this research was to study the relationship between the use of SDF and the adhesive strength of the materials used in restorations made with glass ionomers and composite resin, as well as with different adhesive systems. A sample consisting of 240 teeth divided into eight groups with 30 teeth in each of them ( $n = 30$ ) was used. In these groups, the use of restoration with composite resin and glass ionomer was compared using different adhesive systems, with and without prior application of SDF. Notable differences in adherence were observed among the different groups depending on the filling material. There is also a significant effect of tooth type on adhesion. We can conclude that there is a relationship between the use of SDF and the adhesion between the tooth and the restorative materials analyzed.

**Keywords:** silver diamine fluoride, adhesive strength, adhesive systems, glass ionomer, composite resin

## 1 INTRODUCTION

Resin restoration was introduced around the middle of the 20th century as a material for esthetic restoration (Leinfelder, 1988; Minguez et al., 2003). These resins are classified according to the size of the filler, which affects the polishability and esthetics, depth of polymerization, shrinkage that occurred during polymerization, and physical properties. Hybrid resins combine a mixture of particle sizes that improve both strength and esthetics (Burgess et al., 2002). The smaller size of the filler particles allows for greater polishability and esthetics, while a larger size provides greater strength and toughness. Thus, the more fluid resins have a lower volumetric filling than the hybrid resins (Pallav et al., 1989).

Materials used in dentistry based on glass ionomers have been used since 1970, as restorative material, cement, or pulp caps (Wilson and Kent, 1972). Initially, it was a difficult-to-handle material, with poor wear resistance and brittle. Advances in formulation allowed for improved properties, including the combination of resin-modified glass ionomers. This combination allowed

us to improve the properties, improving the ease of handling of the material, the decrease in the setting time, the increase in strength, and the greater resistance (Mittra and Kedrowski, 1994). Generally, all materials with glass ionomers have properties that make them advantageous in pediatric dentistry, such as chemical bonding to the enamel and dentin, thermal expansion similar to that of the tooth, biocompatibility, absorption and release of fluoride, reduction of fluoride, and moisture sensitivity compared with resins (Author Anonymous, 2018). Glass ionomers can act as a reservoir for fluoride which can come from the use of toothpaste, rinses, as well as topical fluoride applications. This protection is a key advantage in pediatric dentistry, for patients with a high risk of caries (Donly et al., 1995; Donly and Nelson, 1997; Forsten, 1998; Author Anonymous, 2018).

Total embossing adhesive systems require a prior phase of conditioning the fabric with 37% orthophosphoric acid, which provides an irregular and porous surface that allows the infiltration of polymerizable resin monomers (Mithiborwala et al., 2012). On the other hand, self-etching systems composed of acid monomers do not require washing and act by conditioning, demineralizing, and infiltrating the enamel and dentin simultaneously (Pegado et al., 2010).

The use of adhesives in the enamel and dentin in the field of pediatric dentistry has increased considerably over the years. Mainly its use is justified to allow a more durable union of different restorative materials (García-Godoy and Donly, 2015). The selection of the most adequate material for coronary obturation in pediatric dentistry is a complex issue that must take into account many factors (Naulin-Ifi, 2011). Glass ionomer cement is one of the most used materials as it is a cariopreventive material, which makes it especially recommended for children at high risk of cavities since it has a special ability to release fluoride over a long period of time, which helps tooth remineralization and does not require very strict isolation as in composite resins (Wilde et al., 2006; American Academy of Pediatric Dentistry, 2008; Muller-Bolla, 2014). Its main disadvantage is low resistance, which is why it is not recommended as a long-term restorative material in permanent dentition (Tassery et al., 2006; American Academy of Pediatric Dentistry, 2008).

Resin-modified glass ionomer cement benefits from shorter bonding time and lower solubility than glass ionomer cement, improves resistance to fracture and abrasion, and maintains the biocompatibility and hydrodynamics of fluoride ions, preserving their physicochemical adherence to the tooth structure (Anderson-Wenckert et al., 2002; Roberts et al., 2005; Savin et al., 2016). Certain requirements must be considered for the successful use of resin composites, including the possibility of isolation of the cavity, the size of the lesion, and the need for periodic reviews. They are well suited for minimally invasive dentistry, yet extremely sensitive to any technical intervention, so they should only be used when adequate isolation can be achieved (Stoleriu et al., 2013).

Stoleriu et al. (2013) and Bansal et al. (2019) proposed that to achieve long-lasting clinical success, composite resin restorations should have as smooth a surface as possible to avoid the accumulation of bacterial plaque or extrinsic dyes, although subsequent studies have shown the impossibility of achieving a totally smooth surface because of the different coefficients of

hardness and resistance to wear of both the organic and the inorganic matrixes (Mei et al., 2013; Andrian et al., 2017).

Silver diamine fluoride (SDF) has a positive effect in preventing the formation of new caries lesions and is able to effectively stop the caries process, with an 81% success rate in stopping caries in the active caries lesions (Gao et al., 2016; González Alarcón and Bakari Ndjidda, 2018; Horst, 2018). The clinical effects shown are the cariostatic effect on the temporary and permanent dentition, the reduction of the progression of the caries lesion, hardening of the carious dentin, the preventive effect on the occlusal and interproximal surfaces, and decreased tooth sensitivity (Zhao et al., 2018).

Several authors (Chu et al., 2002; Zhao et al., 2018) have justified its use by finding evidence of its efficacy in active caries lesions and in the prevention of caries lesions. Some authors stated that the topical application of SDF did not interfere (either beneficially or detrimentally) with the subsequent adhesion of the restorative materials, either with composite resin or with glass ionomer cement; however, there is no consensus on this (Yamaga et al., 1972; Rosenblatt et al., 2009; Fung et al., 2013; Author Anonymous, 2018; Juneja et al., 2019). Later studies by Australian authors introduced potassium iodide (KI) to minimize and mask staining, obtaining similar long-term results in the effect of this treatment, as well as its acceptable interaction with various restorative materials (Knight et al., 2006; Knight et al., 2009; Craig et al., 2012). Knight et al. (2006) analyzed the influence of SDF/KI and adhesion between dentin and glass ionomer cement, and suggested that as long as there is a water wash of the SDF-treated surface, it will not influence the adhesive strength.

The exact mechanism of the SDF is still unknown. Although the interaction between SDF and the tooth has not been clearly demonstrated, some authors hypothesize that mainly fluorine ions react with the demineralized tooth surface, while silver ions, as with other heavy metals, cause its antimicrobial actions (Fung et al., 2013; Author Anonymous, 2018; Juneja et al., 2019). It has been observed that during the topical application of SDF, it reacts with hydroxyapatite minerals  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  on the tooth surface, and with this reaction, two compounds are mainly generated: calcium fluoride (CaF<sub>2</sub>) and phosphate of silver (Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), by-products responsible for the arrest of caries, and the hardening of the dentin structure, in addition to producing an antimicrobial action against multiple types of cariogenic microbial flora (Yamaga et al., 1972; Wu et al., 2007; Chu and Lo, 2008; Chu et al., 2012; Mei et al., 2013).

Studies that have analyzed silver diamine fluoride differ widely in terms of objectives, hypotheses, methodologies, experimental conditions, model systems, and conclusions. There is evidence of the effectiveness of caries arrest by applying SDF at 38% (Mei et al., 2013; Gao et al., 2016; Horst, 2018). However, significant research has been continued on the recurrence of these unfilled lesions once the first six months have elapsed, since they continue to be patients at high risk of caries. Authors such as Crystal and Niederman (2016) suggested the alternative of using the glass ionomer cement as a filling material after the application of SDF, thereby further reducing the risk of caries recurrence and increasing dental esthetics.

**TABLE 1** | Distribution of the sample in the different groups according to the use or non-use of pretreatment, and the use of the different adhesive systems and materials. In addition, the materials, commercial brands used in the study, and the country of manufacture are shown.

SE + GI	Restoration with the application of self-etching adhesive ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) and a glass ionomer ( <i>Ionoseal</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SE + RES	Restoration with the application of self-etching adhesive ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) and composite resin filling ( <i>GrandioSO Heavy Flow</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
GI	Restoration only with a glass ionomer ( <i>Ionoseal</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SELE + AD + RES	Restoration using selective etching ( <i>Super Etch jumbo SDI</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia), adhesive application ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany), and composite resin filling ( <i>GrandioSO Heavy Flow</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SDF + SE + GI	Pretreatment with SDF ( <i>Riva Star</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia) and restoration with the application of self-etching adhesive ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) and a glass ionomer ( <i>Ionoseal</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SDF + SE + RES	Pretreatment with SDF ( <i>Riva Star</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia) and restoration with the application of self-etching adhesive ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) and composite resin filling ( <i>GrandioSO Heavy Flow</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SDF + GI	Pretreatment with SDF ( <i>Riva Star</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia) and restoration only with a glass ionomer ( <i>Ionoseal</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)
SDF + SELE + AD + RES	Pretreatment with SDF ( <i>Riva Star</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia), selective etching ( <i>Super Etch jumbo SDI</i> <sup>®</sup> , SDI, Australia), adhesive application ( <i>Futurabond</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany), and composite resin filling ( <i>GrandioSO Heavy Flow</i> <sup>®</sup> , VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany)

The working hypothesis was that SDF has an effect on the adhesion between the different materials studied and the tooth. For this reason, this study focuses on knowing if the SDF influences the adhesion of the main reconstruction materials in pediatric dentistry (both with glass ionomer and with resins) since one of the alternatives in those candidate patients could be to stop caries with the application of SDF in the first line of action. Next, the second line of action would be the prevention of the reactivation of the said caries by sealing the cavity, either with glass ionomer cement or with resins. In this way, it would also facilitate the improvement of hygiene, thereby helping to prevent new caries lesions and reduce the risk of cavities.

On the other hand, with regard to candidate patients, those patients who cannot tolerate standard treatment for medical, psychological, or age reasons could be included. Similarly, patients with multiple caries lesions could be included, who at the moment cannot perform all the treatments in a short period of time (for medical, economic, psychological, or age reasons), thus slowing down caries lesions and cavities until the appropriate standard treatments can be performed.

## 2 METHODOLOGY

Two hundred forty (240) extracted permanent human teeth were selected, with a total of 188 M (78.3%) and 52 premolars (21.7%). The proportion of premolars in each of the groups is similar, ranging between 20 and 30%. Homogeneity is confirmed by the chi<sup>2</sup> association test ( $p = 0.980$ ).

The teeth were divided into eight groups of 30 cases each ( $n = 30$ ). Different combinations of pretreatment, bonding systems, and restorative materials were used in each of the groups (Table 1).

The inclusion criteria used in the sample were teeth without previous treatments extracted for periodontal and/or orthodontic reasons. Similarly, only premolars and molars were used. All teeth remained in a 0.9% sodium chloride

container until their use in this study so as not to lose hydration.

Teeth with conservative treatments such as restorations, pulp treatments, or prostheses, as well as worn teeth or teeth with suspected cleft diagnosis, were excluded.

### 2.1 Sample Preparation

During the entire sample collection period, the teeth were immersed in a 0.9% sodium chloride solution to maintain hydration. This solution was changed routinely until the time of making the preparations. Once the entire sample had been collected, the selected teeth were immersed in 5% sodium hypochlorite for 10 min. Subsequently, they were individually grounded in plaster, numbered, and randomly distributed in the different groups.

All teeth were cleaned with ultrasound and/or curettes, thus removing the remains of tartar. In a similar manner, all the faces of the teeth were cleaned with a prophylaxis brush using the contra-angle to remove any traces of biofilm or dirt.

In clinical practice, class V cavities were performed in all of them, with an approximately similar depth and extension of 2 and 5 mm, respectively (Puckett et al., 1995). All the margins were beveled so that the cavities were expulsive and the adhesion could be adequately assessed.

For the application of different materials, the manufacturer's recommendations were followed according to the different groups during the application of self-etching adhesive. In the case of the glass ionomer cement and the composite resin, it was applied to the cavity and polymerized. In those groups where a previous selective etching was carried out, 37% orthophosphoric acid was applied to condition the enamel. Then, it was washed with water, and the surface was dried. In those cases where SDF pretreatment was used, it was carefully applied throughout the entire cavity of the *Riva Star*<sup>®</sup> (silver diamine fluoride) silver capsule solution. Immediately afterward, liberal application of the *Riva Star*<sup>®</sup> green capsule solution (potassium iodide) was carried out until the white cream became clear. Subsequently, profuse

washing with water to remove the remains of material and drying the cavity was performed. The materials used are reflected in **Table 1**.

In all the teeth and during the last step (application of the composite resin or the glass ionomer cement), the pull button was inserted before the polymerization of the glass ionomer cement or the composite resin.

The steps performed after making the class V cavity are as follows:

### 2.1.1 Group 1: Restoration With Application of Self-Etching Adhesive and Glass Ionomer (AAG + RIV)

For the homogenous application of the Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive in the cavity for 20 s, air was applied to remove the solvents for 5 s, and polymerization was carried out for 10 s. The cavity was then filled with glass ionomer (Ionoseal<sup>®</sup>) and polymerized for 20 s.

### 2.1.2 Group 2: Restoration With Application of Self-Etching Adhesive and Resin (AAG + RR)

For the homogenous application of the Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive in the cavity for 20 s, air was applied to remove the solvents for 5 s, and polymerization was carried out for 10 s. The cavity was then filled with GrandioSO Heavy Flow<sup>®</sup> fluid resin and polymerized for 20 s.

### 2.1.3 Group 3: Restoration Only With Glass Ionomer (RIV)

No prior conditioning or pretreatment was performed. Only the cavity was filled with glass ionomer (Ionoseal<sup>®</sup>) and polymerized for 20 s.

### 2.1.4 Group 4: Restoration Using Selective Etching, Adhesive Application, and Resin Filling (AAO + AAG + RR)

First, 37% orthophosphoric acid was applied for 15–20 s to condition the enamel. It was then washed with water for 15 s, and the surface was dried. Next, Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive was applied homogeneously in the cavity for 20 s, with subsequent application of air to remove solvents for 5 s and polymerization for 10 s. Finally, it was filled with GrandioSO Heavy Flow<sup>®</sup> fluid resin and polymerized for 20 s.

### 2.1.5 Group 5: Pretreatment With SDF and Restoration With Application of Self-Etching Adhesive and Glass Ionomer (SDF + AAG + RIV)

Careful application along the entire cavity of the Riva Star<sup>®</sup> silver capsule solution (diamine fluoride) was carried out. Immediately afterward, copious application of the Riva Star<sup>®</sup> green capsule solution (potassium iodide) was performed until the white cream became transparent. Then, profuse washing with water to remove the remains of the material and to drying the cavity for 20 s was carried out. Next, the Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive was applied homogeneously in the cavity for 20 s; air was applied to remove the solvents for 5 s and polymerization for 10 s. To fill the cavity, a glass ionomer (Ionoseal<sup>®</sup>) was applied and polymerized for 20 s.

### 2.1.6 Group 6: Pretreatment With SDF and Restoration With Application of Self-Etching Adhesive and Resin (SDF + AAG + RR)

Careful application along the entire cavity of the Riva Star<sup>®</sup> silver capsule solution (diamine fluoride) was performed. Immediately afterward, the copious application of the Riva Star<sup>®</sup> green capsule solution (potassium iodide) was carried out until the white cream became transparent. Then, profuse washing with water was performed to remove the remains of the material and to drying the cavity for 20 s. Next, the Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive was applied homogeneously in the cavity for 20 s; air was applied to remove the solvents for 5 s, and polymerization was carried out for 10 s. Finally, it was filled with GrandioSO Heavy Flow<sup>®</sup> fluid resin and polymerized for 20 s.

### 2.1.7 Group 7: Pretreatment With SDF and Restoration Only With Glass Ionomer (SDF + RIV)

Careful application along the entire cavity of the Riva Star<sup>®</sup> silver capsule solution (diamine fluoride) was carried out. Immediately afterward, copious application of the Riva Star<sup>®</sup> green capsule solution (potassium iodide) was performed until the white cream became transparent. Then, profuse washing with water was done to remove the remains of the material and to drying the cavity for 20 s. The cavity was then filled with a glass ionomer (Ionoseal<sup>®</sup>) and polymerized for 20 s.

### 2.1.8 Group 8: Pretreatment With SDF, Selective Etching, Adhesive Application, and Resin Filling (SDF + AAO + AAG + RR)

Careful application along the entire cavity of the Riva Star<sup>®</sup> silver capsule solution (diamine fluoride) was performed. Immediately afterward, copious application of the Riva Star<sup>®</sup> green capsule solution (potassium iodide) was carried out until the white cream became transparent. Then, profuse washing with water was carried out to remove the remains of the material and to drying the cavity for 20 s. First, 37% orthophosphoric acid was applied for 15–20 s to condition the enamel. Then, it was washed with water for 15 s, and the surface was dried. Next, the Futurabond<sup>®</sup> self-etching adhesive was applied homogeneously in the cavity for 20 s; air was applied to remove the solvents for 5 s, and polymerization was performed for 10 s. Finally, it was sealed with GrandioSO Heavy Flow<sup>®</sup> fluid resin and polymerized for 20 s.

## 2.2 Laboratory Protocol

Once the entire sample was prepared, a tensile test was carried out using the universal testing machine SHIMADZU Autograph AG-X plus Series<sup>®</sup> (Shimadzu, Nakagyo-ku, Kyoto, Japan). A continuous tensile force of 1 mm/s was applied to each of the tooth, assessing the maximum applied force necessary to remove the restoration and the maximum displacement that occurred in each of them.

After the restoration process, a tensile test was performed on a universal testing machine, and the separation force of the restored fragment was obtained (**Figure 1**). This force or

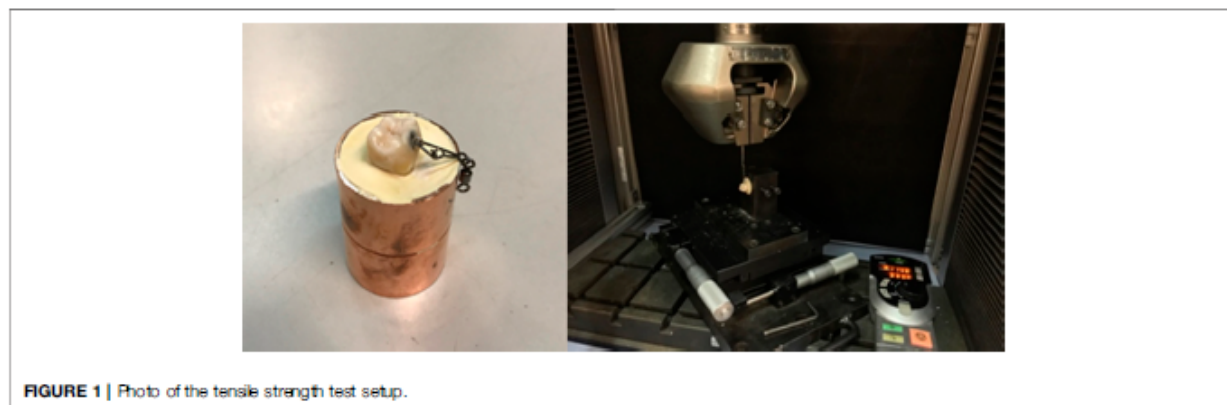


FIGURE 1 | Photo of the tensile strength test setup.

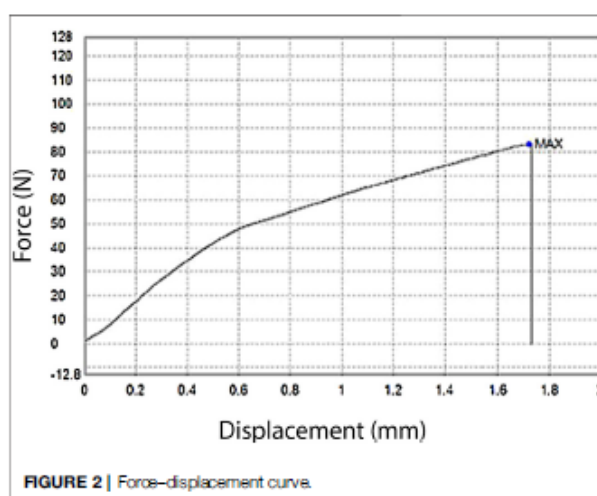


FIGURE 2 | Force–displacement curve.

strength, measured in Newton, is the primary response variable of the study. In addition, the displacement of the sample was recorded in millimeters (mm). One of the graphs obtained in the test where the force–displacement curve can be observed (Figure 2) is included as an example.

### 2.3 Statistical Analysis

Statistical analysis was performed with the SPSS 15.0 computer program (IBM, Armonk, New York, EE.UU.). The sample size ensures a power of 80% for an average effect size. The reference significance level was 5%. Before the statistical analysis, the Kolmogorov–Smirnov test was applied to check if the variables were normally distributed in the different groups. Levene’s test was used to compare the variances. By means of the  $\chi^2$  test, the homogeneity of the groups in terms of types of teeth included was verified.

Similarly, the one-way ANOVA model was used to determine if there were statistically significant differences between the strength means of the different groups. For multiple comparisons, the Tamhane T2 test was performed, which is

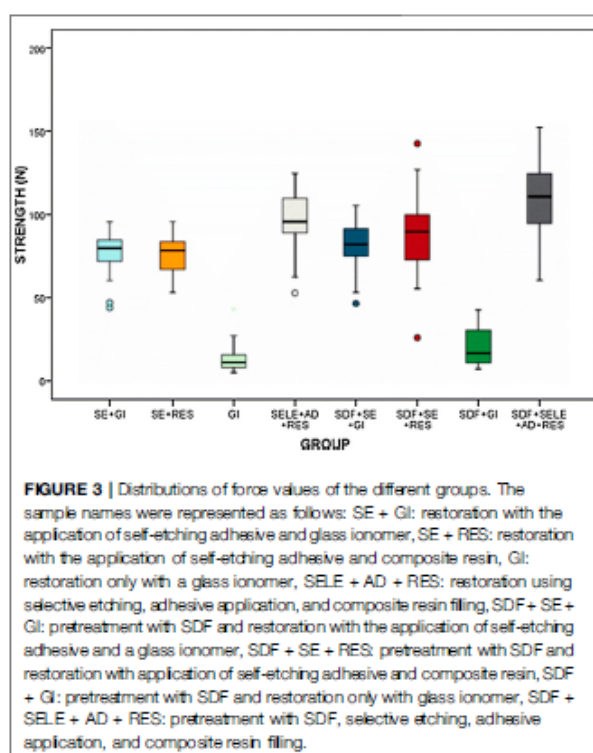


FIGURE 3 | Distributions of force values of the different groups. The sample names were represented as follows: SE + GI: restoration with the application of self-etching adhesive and glass ionomer, SE + RES: restoration with the application of self-etching adhesive and composite resin, GI: restoration only with a glass ionomer, SELE + AD + RES: restoration using selective etching, adhesive application, and composite resin filling, SDF + SE + GI: pretreatment with SDF and restoration with the application of self-etching adhesive and a glass ionomer, SDF + SE + RES: pretreatment with SDF and restoration with application of self-etching adhesive and composite resin, SDF + GI: pretreatment with SDF and restoration only with glass ionomer, SDF + SELE + AD + RES: pretreatment with SDF, selective etching, adhesive application, and composite resin filling.

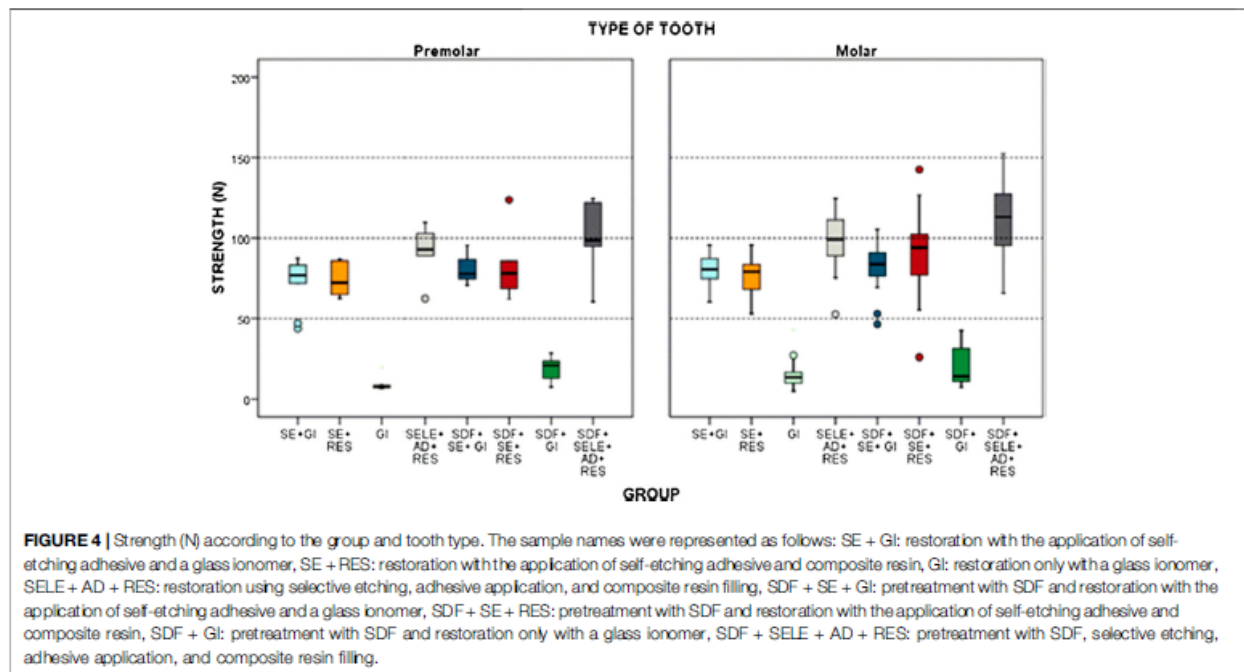
suitable when the variances are unequal. The effect of the tooth type is studied with a two-way model extension.

### 3 RESULTS

In Figure 3, different patterns are shown. Both with and without the application of SDF, the differences by the groups are notable, appreciating the low resistance offered by the glass ionomer cement, without pretreatment or adhesion system, compared with the rest. On the other hand, the application of SDF

**TABLE 2 |** Comparison of mean strength according to group: Tamhane *post hoc* test results. The gray area is not shown for symmetry.

	SE + GI	SE + RES	GI	SELE + AD + RES	SDF + SE + GI	SDF + SE + RES	SDF + GI
SE + GI	1.000						
SE + RES	0.0006	0.0078					
GI	0.0008	0.0009	0.00073				
SELE + AD + RES	0.999	0.796	0.00065	0.005			
SDF + SE + GI	0.518	0.212	0.00059	0.967	0.989		
SDF + SE + RES	0.00082	0.00071	0.377	0.00072	0.00056	0.00098	
SDF + GI	0.0007	0.00069	0.00059	0.606	0.00084	0.044	0.00099

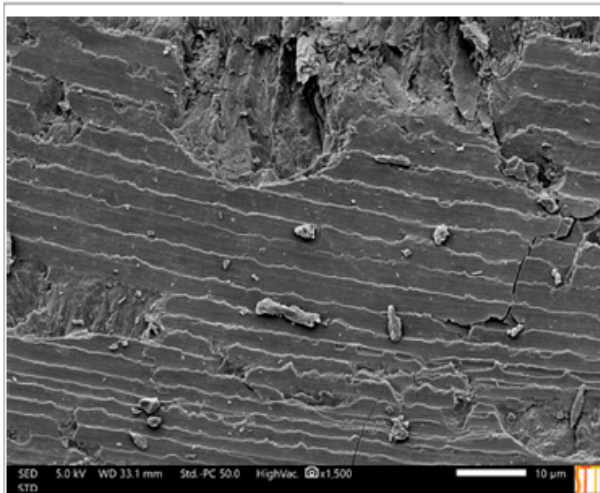


slightly raises the distributions (improves adhesion moderately). Furthermore, it tends to increase the variability within each group.

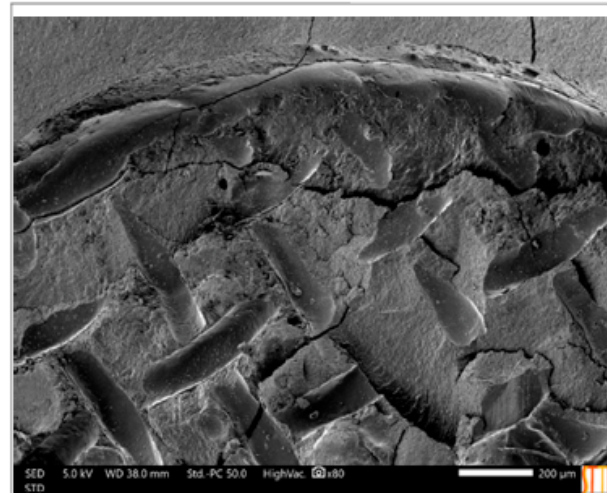
The Kolmogorov test allowed accepting the adjustment to the normal distribution in all groups, except the glass ionomer cement without pretreatment or selective etching. However, the homogeneity of the variances ( $p = 0.00087$ , Levene) could not be accepted. Thus, the ANOVA model was applied, controlling the problem and using a specific multiple comparison test for this type of situation, such as Tamhane's T2 (Table 2), finding significant differences in the mean strength of the eight groups ( $p = 0.000723$ ).

The application of SDF did not significantly modify the adherence of the groups where restoration was applied with the application of self-etching adhesive and glass ionomer cement, restoration with application of self-etching adhesive and composite resin filling, restoration only with glass ionomer

cement, and restoration using selective etching, adhesive application, and composite resin filling. In the SELE + AD + RES group (restoration using selective etching, adhesive application, and composite resin filling), where SDF was not applied, a detachment force was observed to be significantly higher than that in any of the other groups. The groups with the application of self-etching adhesive were similar to each other ( $p = 1.000$ ) and significantly stronger than the ionomer alone. On the other hand, in the groups where SDF was applied, the results were quite similar. The SELE + AD + RES group was superior in terms of medium adhesion, equaled only with the SE + RES group (restoration with the application of self-etching adhesive and composite resin). The SE + GI (restoration with the application of self-etching adhesive and glass ionomer cement) and SE + RES groups were similar to each other ( $p = 0.989$ ) and significantly stronger than the glass ionomer cement alone.



**FIGURE 5** | Image extracted from the fractographic analysis of the G3 sample.



**FIGURE 6** | Image extracted from the fractographic analysis of the G8 sample.

The data indicated that there is a significant tooth type effect on strength ( $p = 0.027$ ). On average and without differentiating by groups, molars offered significantly higher strength than premolars (Figure 4).

The model also showed that this “superiority” of molars over premolars should be admitted as similar in all the groups evaluated; that is, there is no interaction effect ( $p = 0.958$ ). The differences between groups ( $p = 0.00073$ ) could be extrapolated to any of the two tooth types ( $p = 0.958$ ).

In the previous models, the eight groups were considered independent combinations of SDF (yes/no) and the adhesive system. The effect of both variables was evaluated separately to know if one or the other variable is to a greater or lesser extent responsible for the variability of the strength measurements.

When comparing the mean strength of the four systems (with 60 teeth each), significant differences were found ( $p = 0.00055$ ), showing that SDF had an effect on the measured mean strength ( $p = 0.00078$ ).

From a general point of view, the bonding system is the most important source of strength variability, followed by SDF and, last, the tooth type. No significant interactions were found between these factors according to our study results.

To know the relationship between the different materials and the resistance, a selection of samples has been made to carry out a fractographic analysis. The groups with the greatest resistance (G8) and with the least resistance (G3) have been analyzed. As can be seen in the G3 sample, the cavity is completely clean with no traces of restorative material. Some cracks are observed, but the highlight is that the beach marks produced by the materials used for the preparation of the cavity continue to be observed. This shows that there is no rest of the material used (Figure 5).

Unlike the G3 sample, in the G8 sample, it can be seen that the fracture has been through the restoration material, which shows that there is great adhesion with the tooth (Figure 6).

The study has been completed by a superficial analysis using the EDX and XPS techniques, which simply corroborate the aforementioned ones, since they only detect hydroxyapatite in the G3 sample and the components of the G8 restoration material.

## 4 DISCUSSION

Performing a dental restoration after stopping caries by applying SDF could be a possible solution in pediatric patients or in special patients. It seems promising to incorporate this material in the management of caries lesions together with restorative treatment. In these cases, esthetic restorative materials could be used to restore the caries-derived cavity and thus cover the darkened area caused by SDF (Jiang et al., 2020).

Previous studies differ greatly in terms of methodology. Studies to date have used various bond strength-testing methods, including the tensile bond strength test (TBS), shear bond strength test (SBS), micro-tensile bond strength test (mTBS), and micro-tensile bond strength test (mSBS) (Jiang et al., 2020) or the tensile strength method (Kucukyilmaz et al., 2016), similar to that performed in this study. A meta-analysis carried out in 2020 (Fröhlich et al., 2020) is recommended for future studies to carefully carry out and describe all the methodological parameters involved in carrying out the studies, since in those carried out to date, there is great heterogeneity in the methodology, making it difficult to compare the results.

Whenever SDF is used for the arrest of caries lesions, the possible staining of the enamel or dentin must be taken into account, especially in the marginal zone of restorations or in its application in the anterior sector (Nguyen et al., 2017; Zhao et al., 2017). As an alternative to solve this esthetic problem, it has been proposed to apply a KI solution immediately after the application

of SDF to minimize the darkened area. Iodide ions in the KI solution can react with silver ions to form silver iodide which appears as a yellowish precipitate providing enhanced esthetics (Knight et al., 2006).

In some studies, it has been observed that the bonding strength has not been adversely compromised after the application of SDF/KI, provided there is a subsequent rinse with water because without such rinsing, the bonding strength is significantly reduced (Knight et al., 2006; Selvaraj et al., 2016; Gupta et al., 2019; Zhao et al., 2019). However, other authors observed that the application of SDF followed by immediate rinsing with water did not have a significant influence on the bond strength (Quock et al., 2012; Wu et al., 2016; Gupta et al., 2019; Van Duker et al., 2019).

Some of the studies published to date focused their objective on assessing this influence of adherence according to the use of different materials. On the one hand, some studies mainly evaluate adhesive systems with previous etching and self-etching (Selvaraj et al., 2016), using glass ionomer cement restorations (Chu et al., 2012; Wang et al., 2016; Puwanawiroj et al., 2018; Zhao et al., 2019) or evaluating the use of composite resins as a restorative material (Quock et al., 2012; Kucukyilmaz et al., 2016; Wu et al., 2016; Lutgen et al., 2018). In the present study, it was decided to carry out different groups to observe the possible difference between the adhesive system (selective etching and adhesive application, or only self-etching adhesive) and the use of glass ionomer cement and composite resins.

The previously mentioned meta-analysis (Fröhlich et al., 2020) concluded that there is no evidence regarding the possible influence of the previous application of 38% SDF in relation to the bond strength of glass ionomer cement restorations to dentin, although it observed a significant decrease in the bond strength relative to dentin adhesive systems. In the present study, the results showed that the bond strength between the materials used and the dentin without the application of SDF/KI was slightly lower and increased in those groups with the application of SDF/KI. This was reflected in all the groups and globally, both in the different adhesive systems (acid etching—adhesive application and self-etching) and in the different materials (glass ionomer cement and composite resin), while in the restoration with glass ionomer cement, it follows the line of results of different authors who affirm this improvement in the bond strength between the glass ionomer cement and the dentin after the use of SDF.

The SDF is used mainly for the arrest of caries lesions, so it is proposed as a possible future research line to study its possible application in other types of treatments, such as orthodontic and

periodontic treatments. It would be interesting to know how its application on smooth surfaces influences the remineralization of the enamel before the cementation of brackets or before the cementation of splints in periodontics.

## 5 CONCLUSION

Based on the results of this study, there is a relationship between the use of SDF and the bond between the tooth and the materials. It can be affirmed that the previous conditioning of the enamel with selective etching had a significant influence. Similarly, a statistically significant improvement was observed by previously applying self-etched adhesive to glass ionomer cement restorations. The application of SDF improved the adhesion between the tooth and the restoration material, being the group SDF + SELE + AD + RES (pretreatment with SDF, selective etching, adhesive application, and composite resin filling), which showed the best results. The most important source of variability in the bond strength of the material was the bonding system, followed by the application or not of SDF and, last, the type of tooth.

## DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusion of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: MF and AP. Methodology: MF, AA, LM, AV-E, MP-B, JN, and AP. Validation: MF, AA, LM, and AP. Formal analysis: MF, AV-E, and AP. Investigation: MF, AV-E, JN, and AP. Data curation: MF and AV-E. Writing—original draft preparation: MF and AP. Writing—review and editing: MF, MP-B, and AP. Supervision: AA, LM, MP-B, and AP.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Catholic University of Valencia San Vicente Mártir for their contribution and help in the payment of the Open Access publication fee under grant number 2021-196-001.

## REFERENCES

- American Academy of Pediatric Dentistry (2008). Comprehensive Review of Pediatric Dentistry [Internet]. Available from: [www.cmeinfo.com](http://www.cmeinfo.com) (Accessed Aug 23, 2016).
- Anderson-Wenckert, I. E., van Dijken, J. W., and Hörstedt, P. (2002). Modified Class II Open Sandwich Restorations: Evaluation of Interfacial Adaptation and Influence of Different Restorative Techniques. *Eur. J. Oral Sci.* 110 (3), 270–275. doi:10.1034/j.1600-0447.2002.11210.x

- Andrian, S., Munteanu, B., Tărăboanță, I., Negraia, D., Nica, P. E., Stoleriu, S., et al. (2017). "Surface Roughness after Finishing and Polishing of a Restorative Nanocomposite Material," in The 6th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering Conference (EHB), Sinaia, Romania, June 22–24, 2017, 101–104.
- Bansal, K., Gupta, S., Nikhil, V., Jaiswal, S., Jain, A., and Aggarwal, N. (2019). Effect of Different Finishing and Polishing Systems on the Surface Roughness of Resin Composite and Enamel: An *in vitro* Profilometric and Scanning Electron Microscopy Study. *Int. J. Appl. Basic Med. Res.* 9 (3), 154–158. doi:10.4103/ijabmr.IJABMR\_11\_19

- Burgess, J. O., Walker, R., and Davidson, J. M. (2002). Posterior Resin-Based Composite: Review of the Literature. *Pediatr. Dent* 24 (5), 465–479.
- Chu, C., and Lo, E. (2008). Promoting Caries Arrest in Children with Fluoride: A Review. *Oral Heal Prev. Dent* 6, 315–322.
- Chu, C. H., Lo, E. C. M., and Lin, H. C. (2002). Effectiveness of Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride Varnish in Arresting Dentin Caries in Chinese Pre-School Children. *J. Dental Res.* 81 (11), 767–770. doi:10.1177/154405910208101109
- Chu, C. H., Mei, L., Seneviratne, C. J., and Lo, E. C. M. (2012). Effects of Silver Diamine Fluoride on Dentine Carious Lesions Induced by Streptococcus Mutans and Actinomyces Naleslundii Biofilms. *Int. J. Paediatr. Dent* 22 (1), 2–10. doi:10.1111/j.1365-263x.2011.01149.x
- Council on Clinical Affairs (2018). Policy on the Use of Silver Diamine Fluoride for Pediatric Dental Patients. *Pediatr. Dent* 40 (6), 51–54.
- Craig, G., Knight, G., and McIntyre, J. (2012). Clinical Evaluation of Diamine Silver Fluoride/Potassium Iodide as a Dentine Desensitizing Agent. A Pilot Study. *Aust. Dent J.* 57 (3), 308–311. doi:10.1111/j.1834-7819.2012.01700.x
- Crystal, Y. O., and Niederman, R. (2016). Silver Diamine Fluoride Treatment Considerations in Children's Caries Management. *Pediatr. Dent* 38 (7), 466–471.
- Donly, K. J., and Nelson, J. J. (1997). Fluoride Release of Restorative Materials Exposed to a Fluoridated Dentifrice. *ASDC J. Dent Child.* 64 (4), 249–250.
- Donly, K. J., Istre, S., and Istre, T. (1995). *In Vitro* Enamel Remineralization at Orthodontic Band Margins Cemented with Glass Ionomer Cement. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 107 (5), 461–464. doi:10.1016/s0889-5406(95)70112-5
- Forsten, L. (1998). Fluoride Release and Uptake by Glass-Ionomers and Related Materials and its Clinical Effect. *Biomaterials* 19 (6), 503–508. doi:10.1016/s0142-9612(97)00130-0
- Fröhlich, T. T., Rocha, R. d. O., and Botton, G. (2020). Does Previous Application of Silver Diamine Fluoride Influence the Bond Strength of Glass Ionomer Cement and Adhesive Systems to Dentin? Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Paediatr. Dent* 30 (1), 85–95. doi:10.1111/ipd.12571
- Fung, M., Wong, M., Lo, E., and Chu, C. (2013). Arresting Early Childhood Caries with Silver Diamine Fluoride—A Literature Review. *J. Oral Hyg. Health* 1, 117–223. doi:10.4172/2332-0702.1000117
- Gao, S. S., Zhao, I. S., Hiraishi, N., Duangthip, D., Mei, M. L., Lo, E. C. M., et al. (2016). Clinical Trials of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries Among Children: A Systematic Review. *JDR Clin. Translational Res.* 1 (3), 201–210. doi:10.1177/2380084416661474
- García-Godoy, F., and Donly, K. J. (2015). Dentin-Enamel Adhesives in Pediatric Dentistry: An Update. *Pediatr. Dent* 37 (2), 133–135.
- González Alarcón, D., and Bakari Ndjidja, W. (2018). "Update Report on Silver Diamine Fluoride," in *Mindja Paul Health and Emancipation Research Center*. Cameroon: University of Yaounde.
- Gupta, J., Thomas, M. S., Radhakrishna, M., Srikant, N., and Gijjupalli, K. (2019). Effect of Silver Diamine Fluoride-Potassium Iodide and 2% Chlorhexidine Gluconate Cavity Cleaners on the Bond Strength and Microleakage of Resin-Modified Glass Ionomer Cement. *J. Conserv Dent* 22 (2), 201–206. doi:10.4103/JCD.JCD\_485\_18
- Horst, J. A. (2018). Silver Fluoride as a Treatment for Dental Caries. *Adv. Dent Res.* 29 (1), 135–140. doi:10.1177/0022034517743750
- Jiang, M., Mei, M. L., Wong, M. C. M., Chu, C. H., and Lo, E. C. M. (2020). Effect of Silver Diamine Fluoride Solution Application on the Bond Strength of Dentine to Adhesives and to Glass Ionomer Cements: A Systematic Review. *BMC Oral Health* 20 (1), 40–11. doi:10.1186/s12903-020-1030-z
- Junjea, A., Sultan, A., Siddiqui, M., and Kaur, G. (2019). Silver Diamine Fluoride as a Proactive Anti-Caries Tool: A Review. *Int. J. Oral Heal Dent* 5 (2), 63–68. doi:10.18231/j.ijohd.2019.016
- Knight, G. M., McIntyre, J. M., Craig, G. G., Mulyani, P. S., Zilm, P. S., and Gully, N. J. (2009). Inability to Form a Biofilm of Streptococcus Mutans on Silver Fluoride- and Potassium Iodide-Treated Demineralized Dentin. *Quintessence Int.* 40 (2), 155–161.
- Knight, G., McIntyre, J., and Mulyani (2006). The Effect of Silver Fluoride and Potassium Iodide on the Bond Strength of Auto Cure Glass Ionomer Cement to Dentine. *Aust. Dental J.* 51 (1), 42–45. doi:10.1111/j.1834-7819.2006.tb00399.x
- Kucukyilmaz, E., Savas, S., Akcay, M., and Bolukbasi, B. (2016). Effect of Silver Diamine Fluoride and Ammonium Hexafluorosilicate Applications with and without Er:YAG Laser Irradiation on the Microtensile Bond Strength in Sound and Caries-Affected Dentin. *Lasers Surg. Med.* 48 (1), 62–69. doi:10.1002/lsm.22439
- Leinfelder, K. F. (1988). *Clinical Restorative Materials and Techniques*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Lutgen, P., Chan, D., and Sadr, A. (2018). Effects of Silver Diamine Fluoride on Bond Strength of Adhesives to Sound Dentin. *Dent. Mater. J.* 37 (6), 1003–1009. doi:10.4012/dmj.2017-401
- Mei, M. L., Li, Q. L., Chu, C. H., Lo, E. C., and Samaranyake, L. P. (2013). Antibacterial Effects of Silver Diamine Fluoride on Multi-Species Cariogenic Biofilm on Caries. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* 12 (1), 4. doi:10.1186/1476-0711-12-4
- Minguez, N., Ellacuria, J., Soler, J. I., Triana, R., and Ibaseta, G. (2003). Advances in the History of Composite Resins. *J. Hist. Dent* 51 (3), 103–105.
- Mithiborwala, S., Chaugule, V., Munshi, A., and Patil, V. (2012). 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* 3 (2), 158–163. doi:10.4103/0976-237X.96818
- Mitra, S. B., and Kedrowski, B. L. (1994). Long-Term Mechanical Properties of Glass Ionomers. *Dental Mater.* 10 (2), 78–82. doi:10.1016/0109-5641(94)90044-2
- Muller-Bolla, M. (2014). *Fiches Pratiques D Odontologiepe- Diatrique*. Paris (France): Malakoff. Edition CdP.
- Naulin-Ifi, C. (2011). *Odontologie Pédiatrique Clinique*. Malakoff Edition CdP, 63–85.
- Nguyen, V., Neill, C., Felsenfeld, O., and Primus, C. (2017). Potassium Iodide. The Solution to Silver Diamine Fluoride Discoloration? *ADOH* 5 (1), 1. doi:10.19080/adoh.2017.05.555655
- Pallav, P., De Gee, A. J., Davidson, C. L., Erickson, R. L., and Glasspoole, E. A. (1989). The Influence of Admixing Microfiller to Small-Particle Composite Resin on Wear, Tensile Strength, Hardness, and Surface Roughness. *J. Dent Res.* 68 (3), 489–490. doi:10.1177/00220345890680031101
- Pegado, R. E., do Amaral, F. L., Flório, F. M., and Basting, R. T. (2010). Effect of Different Bonding Strategies on Adhesion to Deep and Superficial Permanent Dentin. *Eur. J. Dent* 4 (2), 110–117. doi:10.1055/s-0039-1697818
- Puckett, A. D., Fitchie, J. G., Bennett, B., and Hembree, J. H. (1995). Microleakage and thermal Properties of Hybrid Ionomer Restoratives. *Quintessence Int.* 26 (8), 577–581.
- Puwanawiroj, A., Trairatvorakul, C., Dasanayake, A. P., and Auychai, P. (2018). Microtensile Bond Strength between Glass Ionomer Cement and Silver Diamine Fluoride-Treated Carious Primary Dentin. *Pediatr. Dent* 40 (4), 291–295.
- Quock, R., Barros, J., Yang, S., and Patel, S. (2012). Effect of Silver Diamine Fluoride on Microtensile Bond Strength to Dentin. *Oper. Dent* 37 (6), 610–616. doi:10.2341/11-344-1
- Roberts, J. F., Attari, N., and Sherriff, M. (2005). The Survival of Resin Modified Glass Ionomer and Stainless Steel crown Restorations in Primary Molars, Placed in a Specialist Paediatric Dental Practice. *Br. Dent J.* 198 (7), 427–431. doi:10.1038/sj.bdj.4812197
- Rosenblatt, A., Stamford, T. C. M., and Niederman, R. (2009). Silver Diamine Fluoride: A Caries "Silver-Fluoride Bullet". *J. Dent Res.* 88 (2), 116–125. doi:10.1177/0022034508329406
- Savin, C., Petcu, A., Gavrila, L., Mărțu- Ștefanache, M. A., and Balan, A. (2016). Dental Materials for Coronary Obturation Utilized in Pedodontics. *Int. J. Med. Dentistry* 6 (3), 171–176.
- Selvaraj, K., Sampath, V., Sujatha, V., and Mahalaxmi, S. (2016). Evaluation of Microshear Bond Strength and Nanoleakage of Etch-And-Rinse and Self-Etch Adhesives to Dentin Pretreated with Silver Diamine Fluoride/Potassium Iodide: An *In Vitro* Study. *Indian J. Dent Res.* 27 (4), 421–425. doi:10.4103/0970-9290.191893
- Stoleriu, S., Iovan, G., Pancu, G., Nica, I., and Andrian, S. (2013). Study Concerning the Influence of the Finishing and Polishing Systems on the Surface State of Various Types of Composite Resins. *Rom. J. Oral Rehabil.* 5 (3), 78–83.
- Tassery, H., Koubi, S., Raskin, A., Bukiet, F., Pignoly, C., Toca, E., et al. (2006). One-Year Clinical Evaluation of Two Resin Composites, Two Polymerization Methods, and a Resin-Modified Glass Ionomer in Non-Carious Cervical Lesions. *J. Contemp. Dent Pract.* 7 (5), 42–53. doi:10.5005/jcdp-7-5-42

- Van Duker, M., Hayashi, J., Chan, D. C., Tagami, J., and Sadr, A. (2019). Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide on Bonding to Demineralized Dentin. *Am. J. Dent* 32 (3), 143–146.
- Wang, A. S., Botelho, M. G., Tsoi, J. K. H., and Matinlinna, J. P. (2016). Effects of Silver Diamine Fluoride on Microtensile Bond Strength of GIC to Dentine. *Int. J. Adhes. Adhesives* 70, 196–203. doi:10.1016/j.jadhadh.2016.06.011
- Wilde, M. G., Delfino, C. S., Sassi, J. F., Garcia, P. P., and Palma-Dibb, R. G. (2006). Influence of 0.05% Sodium Fluoride Solutions on Microhardness of Resin-Modified Glass Ionomer Cements. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 17 (9), 869–873. doi:10.1007/s10856-006-9847-9
- Wilson, A. D., and Kent, B. E. (1972). A New Translucent Cement for Dentistry. The Glass Ionomer Cement. *Br. Dent J.* 132 (4), 133–135. doi:10.1038/sj.bdj.4802810
- Wu, D. I., Vdamakanni, S., Denisson, J., Yaman, P., Boynton, J. R., and Papagerakis, P. (2016). Effect of Silver Diamine Fluoride (SDF) Application on Microtensile Bonding Strength of Dentin in Primary Teeth. *Pediatr. Dent* 38 (2), 148–153.
- Wu, M. Y., Suryanarayanan, K., van Ooij, W. J., and Oerther, D. B. (2007). Using Microbial Genomics to Evaluate the Effectiveness of Silver to Prevent Biofilm Formation. *Water Sci. Technol.* 55 (8-9), 413–419. doi:10.2166/wst.2007.285
- Yamaga, R., Nishino, M., Yoshida, S., and Yokomizo, I. (1972). Diamine Silver Fluoride and its Clinical Application. *J. Osaka Univ. Dent Sch.* 12, 1–20.
- Zhao, I. S., Chu, S., Yu, O. Y., Mei, M. L., Chu, C. H., and Lo, E. C. M. (2019). Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide on Shear Bond Strength of Glass Ionomer Cements to Caries-Affected Dentine. *Int. Dental J.* 69 (5), 341–347. doi:10.1111/ijdj.12478
- Zhao, I. S., Gao, S. S., Hiraishi, N., Burrow, M. F., Duangthip, D., Mei, M. L., et al. (2018). Mechanisms of Silver Diamine Fluoride on Arresting Caries: A Literature Review. *Int. Dent J.* 68 (2), 67–76. doi:10.1111/ijdj.12320
- Zhao, I. S., Mei, M. L., Burrow, M. F., Lo, E. C. M., and Chu, C. H. (2017). Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration. *Int. J. Mol. Sci.* 18 (2), 340. doi:10.3390/ijms18020340

**Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors, and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Fernández-Mafé, Armengol-Olivares, Miralles-Jordá, Vicente-Escuder, Pérez-Bermejo, Narciso and Pallarés-Sabater. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

