

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSGRADO DE ODONTOLOGÍA OPERATORIA Y ESTÉTICA

**LONGEVIDAD DE LAS RESTAURACIONES ESTÉTICAS
DE RESINAS COMPUESTAS DIRECTAS E
INDIRECTAS**

Autor: Od. Mercedes Figueroa G.

Tutor: Prof. Rebeca Balda Z.

Caracas, Noviembre de 2003

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSGRADO DE ODONTOLOGÍA OPERATORIA Y ESTÉTICA

**LONGEVIDAD DE LAS RESTAURACIONES ESTÉTICAS
DE RESINAS COMPUESTAS DIRECTAS E
INDIRECTAS**

Trabajo especial presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela por el
Odontólogo Mercedes Figueroa Gordon
para optar al título de Especialista en
Odontología Operatoria y Estética

Caracas, Noviembre de 2003

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSGRADO DE ODONTOLOGÍA OPERATORIA Y ESTÉTICA

**LONGEVIDAD DE LAS RESTAURACIONES ESTÉTICAS
DE RESINAS COMPUESTAS DIRECTAS E
INDIRECTAS**

Trabajo especial presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela por el
Odontólogo Mercedes Figueroa Gordon
para optar al título de Especialista en
Odontología Operatoria y Estética

Caracas, Noviembre de 2003

Aprobado en nombre de la
Universidad Central de Venezuela
por el siguiente jurado examinador

(Coordinador) Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Observaciones: _____

Caracas, Noviembre de 2003

DEDICATORIA

*A ti Oriana
desde que llegaste al mundo
te convertiste en la luz
que guía mi camino*

AGRADECIMIENTOS

A la Prof. Olga González B., Odontólogo, MSc en Prostodoncia, por su orientación y asesoría metodológica en la ejecución y culminación de este trabajo especial de grado.

A la Prof. Rebeca Balda Z., Odontólogo, MSc en Prostodoncia, por su valiosa tutoría en la realización de este trabajo especial de grado.

A mi padre, Prof. Douglas Figueroa, PhD en Física, por su colaboración en la ejecución de los gráficos esquemáticos de este trabajo especial de grado.

A mis compañeros Saul Bermúdez, Claudia García, Tania Guirigay, Enrique Paraco, Lilien Ravelo, Glency Yegres y María Eugenia Velásquez, quiénes compartimos en las buenas y en las malas durante los últimos tres años como estudiantes de posgrado. Etapa inolvidable donde aprendí que nunca debemos perder el ánimo y siempre mantener la alegría para culminar lo que nos proponíamos.

LISTA DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de gráficos.....	viii
Resumen.....	x
I.Introducción.....	1
II.Revisión de la literatura.....	3
1.Resinas compuestas. Generalidades.....	3
1.1.Definición.....	3
1.2.Composición.....	4
1.2.1. Matriz de resina.....	4
1.2.2. Partículas de carga.....	6
1.2.3. Iniciadores de polimerización.....	10
1.2.4. Agentes de cobertura.....	14
1.3.Clasificación.....	16
1.3.1. Según el tamaño de las partículas de relleno.....	16
1.3.1.1. Resinas compuestas de macropartículas.....	16
1.3.1.2. Resinas compuestas de micropartículas.....	18
1.3.1.3. Resinas compuestas híbridas.....	21
1.3.2. Según la viscosidad.....	25
1.3.2.1. Resinas compuestas fluídas.....	25
1.3.2.2. Resinas compuestas semidensas.....	27

1.3.2.3. Resinas compuestas densas.....	28
1.3.3. Según el grado de conversión.....	33
1.3.3.1. Resinas compuestas directas.....	33
1.3.3.2. Resinas compuestas indirectas.....	41
2. Criterios de evaluación de la longevidad de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas.....	46
2.1. Contracción de polimerización.....	46
2.2. Microfiltración marginal.....	62
2.3. Caries de recidiva.....	73
2.4. Estabilidad del color.....	83
2.5. Integridad marginal.....	91
2.6. Sensibilidad posoperatoria.....	108
2.7. Desgaste.....	123
3. Criterios de reemplazo de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas.....	134
4. Longevidad de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas.....	136
III. Discusión.....	147
IV. Conclusiones.....	151
V. Referencias.....	154

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Partículas de relleno inorgánico de una resina compuesta.....	6
Gráfico 2. Superficie de una resina compuesta donde se evidencia una macropartícula de cuarzo.....	8
Gráfico 3. Ilustración comparativa entre una macropartícula de cuarzo.....	19
Gráfico 4. Diferencia entre una superficie pulida de una resina compuesta de macropartículas y una resina compuesta de micropartículas.....	22
Gráfico 5. Matriz parcial precontorneada Pallodent®.....	37
Gráfico 6. Portamatriz tipo Aro de bitine o Anillo.....	38
Gráfico 7. Dispositivo plástico transparente Light-tip® y aplicación del mismo para restaurar la relación de contacto.....	39
Gráfico 8. Dispositivo plástico transparente Light-tip® y aplicación del mismo para restaurar la relación de contacto.....	39
Gráfico 9. Dispositivo plástico transparente Light-tip® y aplicación del mismo para restaurar la relación de contacto.....	39
Gráfico 10. Diagrama esquemático sobre los vectores de la contracción de polimerización de una restauración de resina compuesta fotocurada.....	59
Gráfico 11. Interfase de resina, adhesivo y capa híbrida en dentina, preparado en una cavidad clase I.....	65
Gráfico 12. Esquema de las técnicas de restauración.....	69
Gráfico 13. Restauración de resina compuesta de una cavidad clase V con una lesión de caries gingival.....	74

Gráfico 14. Eliminación de la restauración observada en el gráfico anterior.....	78
Gráfico 15. Causas de irritación pulpar asociado con la adhesión de la resina compuesta.....	112
Gráfico 16. Microfractura en el esmalte.....	113
Gráfico 17. Desgaste generalizado en una restauración de resina compuesta.....	129
Gráfico 18. Desgaste localizado en una restauración de resina compuesta.....	129

RESUMEN

Las restauraciones de resina compuesta se clasifican según el grado de conversión en directas e indirectas, cada una de ellas presenta sus indicaciones, limitaciones, ventajas y desventajas. La alta demanda de estas restauraciones estéticas justifican el análisis de su comportamiento clínico y la longevidad, de acuerdo, a criterios como la microfiltración marginal, contracción de polimerización, caries de recidiva, estabilidad del color, integridad marginal, sensibilidad posoperatoria y desgaste. Los procedimientos para la realización de estas restauraciones incluyen técnicas diseñadas con el objetivo fundamental de controlar y disminuir la contracción de polimerización, factor que sigue siendo la principal limitante de las resinas compuestas, desde las primeras versiones hasta las mas actuales. La causas de fallas de las restauraciones de resina compuesta han variado en el tiempo. Las restauraciones de resina compuesta de la década de los 70 eran reemplazadas principalmente, por desgaste y pigmentación. En la actualidad la principal razón de reemplazo es la caries de recidiva, factor a considerar para el control del riesgo a caries en pro de la longevidad de la restauración.

I. INTRODUCCIÓN

Es bien conocido en la actualidad la alta demanda de las restauraciones de resina compuesta por razones estéticas, que ha obligado al odontólogo al reemplazo de las restauraciones de amalgama e incrustaciones de oro, a pesar, de su comprobada longevidad y servicio clínico.

Por otro lado, los grandes avances que ha sufrido la Odontología Restauradora gracias a la alta tecnología de los materiales restauradores y al conocimiento científico sobre la caries dental, han orientado el área restauradora hacia un patrón de tratamiento mas conservador donde convergen las técnicas adhesivas y los materiales restauradores estéticos de última generación.

Sin embargo, se hace necesario hacer una revisión de la literatura acerca del comportamiento clínico de estas restauraciones estéticas de resinas compuestas tanto directas como indirectas, para determinar qué factores durante el procedimiento de restauración deben ser manejados y controlados para evitar o minimizar la formación de caries de recidiva, microfiltración marginal, contracción de polimerización, desgaste y

sensibilidad posoperatoria, de manera de garantizar el buen servicio clínico de estas restauraciones en boca.

También, es importante puntualizar las diferencias entre las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta en cuanto a, sus ventajas, desventajas, indicaciones y limitaciones de cada una y como influyen estas técnicas y procedimientos en la longevidad de las restauraciones.

Por ello, el objetivo de este trabajo especial de grado es describir la longevidad de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas mediante el análisis de algunos criterios clínicos de evaluación de las restauraciones.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1. RESINAS COMPUESTAS. GENERALIDADES

1.1. Definición de resinas compuestas

La resina compuesta, también, llamada compuesto puede ser definida como una combinación de materiales, generalmente, formada por dos componentes que son insolubles entre sí y que originan un material con propiedades superiores a aquellas de sus constituyentes originales^{1,2}.

Macchi³ se refiere a la resina compuesta como una resina reforzada, donde hay una combinación de materiales representadas por dos fases que constituyen una estructura nucleada: núcleos cerámicos englobados (aglutinados) por una matriz orgánica (resultante de la polimerización de las moléculas de los dimetacrilatos).

El desarrollo de las resinas compuestas como material restaurador empezó a finales de los años 50, cuando Ray Bowen comenzó sus investigaciones reforzando resinas epóxicas con partículas de carga, así fue, como desarrolló la molécula orgánica bisfenol A-glicidil metacrilato (Bis-GMA), a través, de la combinación de las ventajas de las resinas epóxicas y de los acrilatos¹.

El Bis-GMA constituye la principal matriz resinosa de una resina compuesta que revolucionó el campo de la restauración de los dientes anteriores, sustituyendo rápidamente los silicatos y las resinas acrílicas colocadas en los dientes anteriores^{1,2}.

1.2.Composición de las resinas compuestas

Las resinas compuestas para aplicaciones directas e indirectas poseen cuatro componentes básicos: 1) una matriz resinosa, 2) partículas de carga inorgánica, 3) iniciadores de polimerización y 4) un agente de cobertura de las partículas de carga^{1,4}.

1.2.1. Matriz de resina

La matriz de las resinas compuestas está constituida por monómeros que son dimetacrilatos alifáticos o aromáticos, siendo el Bis-metacrilato de glicidilo (BisGMA) y el Dimetacrilato de uretano (UDMA) los de mayor uso^{1,2,4}. Además, del monómero, se mezclan otros aditivos con la matriz de la resina, incluyendo un iniciador-activador, inhibidores, pigmentos y opacificadores².

Los monómeros BisGMA y UDMA tienen un alto peso molecular, lo que los hace viscosos a temperatura ambiente y difíciles de manipular. Por ello, la necesidad de agregar monómeros diluyentes

a la matriz resinosa, necesarios para disminuir esta viscosidad. Entre los monómeros diluyentes utilizados con mas frecuencia tenemos el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), el cual facilita la manipulación clínica del material y la incorporación de alto contenido de partículas de carga^{1,2,4}.

Desafortunadamente, la adición de TEGDMA y otros dimetacrilatos de bajo peso molecular aumenta la contracción de polimerización, factor que limita la cantidad de dimetacrilatos de bajo peso molecular que pueden usarse en las resinas compuestas^{2,4}.

Se introdujo en el mercado una alternativa de los sistemas de resinas compuestas tradicionales descritos anteriormente, que utilizan el bisfenol-A polietil glicol diéter dimetacrilato (BisEMA) con el monómero UDMA. Esta mezcla es menos viscosa que el monómero BisGMA y no es necesario la adición del monómero diluyente TEGMA, lo que resulta en una matriz que exhibe menor contracción de polimerización; según sus fabricantes la reducción de la contracción de polimerización es cerca del 1%, en comparación con sus predecesores⁴.

1.2.2. Partículas de carga

Representan la fase inorgánica de la resina compuesta. Las partículas cerámicas utilizadas para fabricar una resina compuesta pueden ser obtenidos de diferentes maneras: una de ellas consiste en la trituración de un bloque cerámico natural (cuarzo) o sintético (vidrios). Y la otra es, a través de, tratamientos químicos como el procesado de compuestos de sílice por calentamiento a altas temperaturas o por procesos conocidos como tecnología sol-gel^{1,3}.

Gráfico 1.

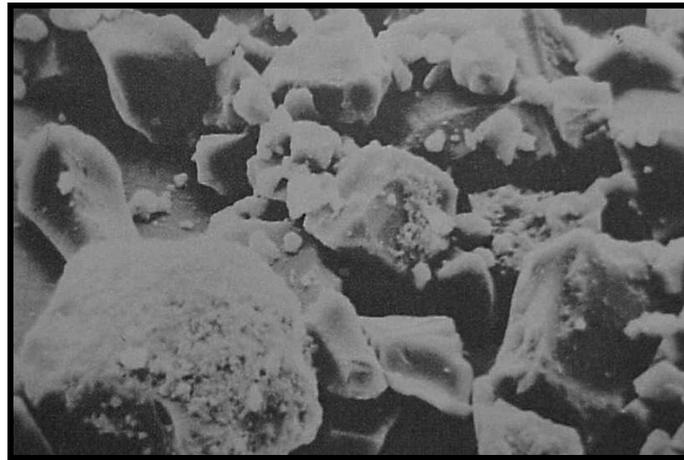


Gráfico 1. Fotografía al microscopio electrónico de barrido donde se aprecian las partículas de relleno inorgánico de una resina compuesta.
Tomado de Jordan y Gwinnett, 1994

Las partículas de carga comúnmente utilizadas son las partículas de cuarzo, de vidrio y de sílice^{1,2,3,5}. Las partículas de cuarzo y de vidrio son obtenidos por trituración, donde se obtienen

partículas en tamaños que oscilan entre 0,1 y 100 micras. Mientras, que en el caso de las partículas de sílice de aproximadamente 0,04 micras, se obtienen por el proceso de precipitación o pirolítico².

Cuando el sílice se obtiene por la ceniza proveniente de la quema a altas temperaturas del dióxido de silicón se denomina sílice pirogénico y cuando se obtiene, a través, de la adición de partículas coloidales de silicato de sodio al agua mas el ácido clorhídrico se trata de sílice coloidal¹.

El cuarzo se empleó mucho en la primera generación de las resinas compuestas. Tiene la ventaja de ser químicamente inerte, lo que lo hace menos susceptible a la erosión que el vidrio. También, es dos veces mas duro que el vidrio, lo que dificulta la trituración hasta conseguir partículas muy finas. Las resinas compuestas que contienen cuarzo son más difíciles de pulir y pueden causar mayor abrasión en los dientes o restauraciones antagonistas^{1,2}. Gráfico 2.

Las partículas de relleno a base de sílice y zirconio, son empleadas como diminutas partículas de carga, que oscilan entre 0,01 micras a 3,5 micras ^{1,2,3,4}. Cuando son fabricados, a través,

de procesos de sol-gel se obtienen partículas de bordes redondeados, esto permite incorporar mas relleno al material (66% de carga de relleno por volumen)⁴. Este tipo de relleno ofrece excelentes propiedades estéticas porque proveen translucidez al material, esta ventaja asegura que el sílice continúe siendo parte de las formulaciones de las nuevas resinas compuestas^{4,5,6}.

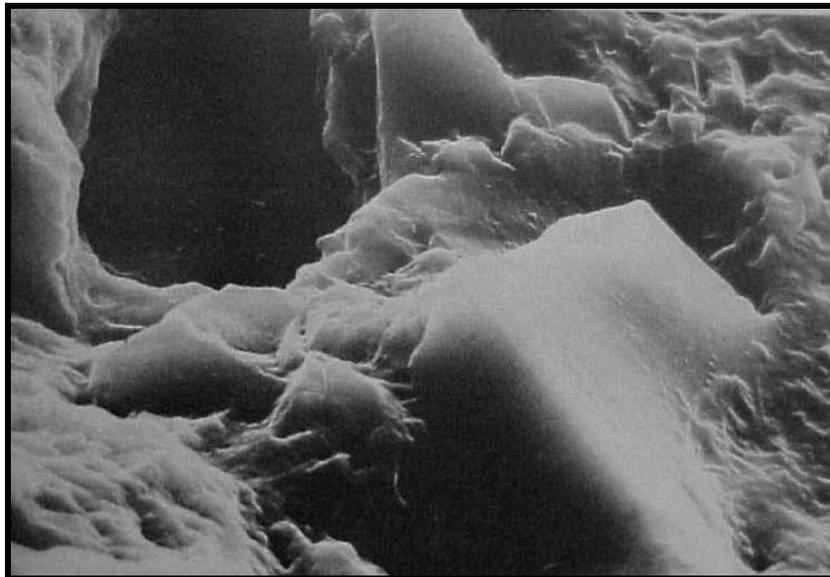


Gráfico 2. Fotomicrografía de la superficie de una resina compuesta donde se evidencia una macropartícula de cuarzo. Tomado de Chain y Baratieri, 2001.

La radiopacidad de las partículas de relleno se obtiene agregando iones radiopacos como: el bario (Ba), el estroncio (Sr), el zirconio (Zr), el litio (Li), y el aluminio (Al)^{2,5}. Las resinas compuestas deben tener una radiopacidad cercana a la de la

amalgama para permitir una adecuada valoración clínica de la integridad de los márgenes, sobretodo el margen proximogingival, en las restauraciones posteriores de clase II⁶.

Las partículas de carga ofrecen estabilidad dimensional a la matriz resinosa. Cuando estas son mezcladas a la matriz, los efectos logrados son la reducción de la contracción de polimerización, la disminución de la absorción de agua y del coeficiente de expansión térmica, además del aumento del módulo de elasticidad y de las resistencias a las fuerzas traccionales y fuerzas compresivas^{1,2,5}.

Las resinas compuestas que poseen alto contenido de relleno presentan las mejores condiciones físicas, químicas y mecánicas⁴. Es recomendable, que más de un 50% del volumen de una resina compuesta sea cerámico para poder emplearlo en zonas de carga oclusal^{2,3}. Los sistemas de resinas compuestas presentan niveles de relleno entre un 50 a 86% en peso, equivalente a un 35 a 71% en volumen^{2,4}.

En la actualidad se considera la posibilidad de incorporar a la matriz de resina partículas de carga extremadamente pequeñas llamadas *nanorellenos*. Estas partículas están por debajo de la

longitud de onda de la luz visible, por lo que no desvían ni absorben la luz. Proveen radiopacidad sin interferir con la estética del material. El tamaño de las partículas es tan pequeña que estas se introducen en los espacios que las otras partículas dejan, lo que aumenta el nivel de carga de relleno entre un 90 a 95% por peso, esto reduce significativamente, el efecto de contracción de polimerización y mejora radicalmente las propiedades físicas⁵.

1.2.3. Iniciadores de polimerización.

El proceso de polimerización de las resinas compuestas es iniciado, a través, de la reacción de dos sustancias químicas que conducen a la formación de radicales libres. Los radicales libres pueden ser generados por activación química o por activación energética (calor o luz)^{2,3}.

Las resinas compuestas cuyo proceso de polimerización es químico, son llamados de curado en frío, curado químico, autocurado o autopolimerizable. Mientras que, las resinas compuestas cuyo proceso de polimerización es generado por una reacción química activada por una fuente de energía lumínica (luz) son llamadas fotoactivadas o fotopolimerizables².

Las resinas compuestas polimerizadas bajo la acción de calor

son llamadas termopolimerizadas. La termopolimerización es un sistema que ofrece mayor tasa de conversión. Este sistema puede combinarse con otros procesos de polimerizado, como presión y luz. Estas resinas compuestas están indicadas para restauraciones indirectas¹.

En los sistemas de resinas auto-polimerizables el peróxido de benzoilo es el agente iniciador y en los sistemas resinosos fotopolimerizables son las canforoquinonas. Estos agentes iniciadores reaccionan con aminas terciarias (N,N-dimetil-*p*-toluidina), que son consideradas como agentes activadores, para producir radicales libres y dar inicio al proceso de polimerización^{1,2,3,4}.

Las resinas compuestas autopolimerizables son dispensadas en dos pastas. Una pasta contiene el agente iniciador y la otra pasta contiene el agente activador. Cuando estas dos pastas son espatuladas, la amina terciaria reacciona con el peróxido de benzoilo y forma radicales libres^{1,2}.

Las resinas compuestas fotoactivadas se suministran como pasta simple contenida en una jeringa. La iniciación de los radicales libres consiste en la fotoiniciación de las moléculas del

agente iniciador y un activador de amina contenido en esta pasta. Cuando estos dos componentes son expuestos a la luz en una longitud de onda entre 460 a 485 nanómetros (nm), se produce un estado de excitación del fotoiniciador e interacción con la amina para formar radicales libres que inician la polimerización².

Los agentes iniciadores de las resinas fotopolimerizables están presentes en la pasta a niveles cercanos a un 0,2% en peso o menos y tienen límites de absorción entre 400 y 500 nm en la región azul del espectro visible de la luz².

Para minimizar o evitar la polimerización espontánea de los monómeros, se agregan inhibidores a los sistemas de resinas. Estos inhibidores tienen fuerte potencial de reacción con radicales libres. Si se ha formado un radical libre, como en una breve exposición a la luz cuando se ha dispersado el material, el inhibidor reacciona con el radical libre y así inhibe la propagación de la cadena terminando la capacidad del radical libre de iniciar el proceso de polimerización. Un inhibidor típico es el hidroxitolueno butilado y se emplea en concentraciones de 0,01% por peso ².

Para que se produzca el fotocurado es necesario que la radiación lumínica sea absorbida por el material. La absorción se produce en función de la longitud de la radiación incidente y de las características de la estructura sobre la que incide³.

La fuente de luz puede generar diferentes intensidades de luz con el tiempo, dependiendo de la calidad de la lámpara, el estado del filtro de la lámpara, la presencia de contaminación, como residuos de material compuesto en la punta de la luz, y la distancia entre la punta de la luz a la restauración. Por ello, la lámpara debe ser revisada con regularidad y el operador debe siempre colocar la punta de la luz tan cerca como sea posible de la restauración^{2,3,5}.

El tiempo de exposición de la luz no debe ser menor de 40 segundos y el espesor de las resinas no debe ser mayor de 2 ó 2,5 mm. Los tonos oscuros requieren mayor tiempo de exposición, como las resinas que se polimerizan a través del esmalte y de la dentina^{2,3,5}.

La sobreexposición a la luz por un tiempo mayor al recomendado por el fabricante del material resinoso, influye positivamente en las propiedades mecánicas, aumentando la

resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad ^{5,7}.

Cuando se aplica una luz de alta intensidad (800 mW/cm² o más) sobre el material de resina, la alta velocidad de curado puede provocar una brusca contracción de polimerización que tiende a desprenderlo de la superficie dentaria sobre la cual se ha ubicado, además, se produce sólo la polimerización de la capa superficial del material en cuestión^{3,8}.

En este orden de ideas, se han desarrollado unidades para fotocurado en las que la intensidad de la radiación es baja cuando se inicia el proceso de polimerizado, es decir, los primeros 10 segundos en 270 mW/cm² y va aumentando hasta 600 mW/cm² durante los 50 segundos posteriores^{3,8}.

Esto permite que el material vaya polimerizando progresivamente, disipando las tensiones que se generan en él y se logra un endurecimiento completo de todo su cuerpo y menor posibilidad de pérdida de adhesión a la estructura dentaria^{3,8}.

1.2.4. Agentes de cobertura

El agente de cobertura también llamado agente de acoplamiento, es el material responsable por la unión de las

partículas de carga a la matriz de resina. Esta unión es de vital importancia porque permite una transferencia de tensiones de la fase que se deforma más fácilmente (matriz resinosa) hacia la fase más rígida (carga inorgánica). Además, el agente de cobertura ofrece una estabilidad hidrolítica, ya que previene la penetración de agua en la interfase matriz/carga ^{1,2}.

Entre los agentes de cobertura podemos citar los titanatos y circonatos, pero los de mayor uso son los silanos orgánicos. Estos últimos, cuando son hidrolizados poseen grupos silanoles los cuales se unen a los silanos de la superficies de las partículas de carga por conexiones siloxanas. Los órgano-silanos, por ser moléculas bipolares, también poseen grupos metacrilatos, los cuales forman conexiones covalentes con la resina en el proceso de polimerización, ofreciendo un adecuada interfase matriz de resina/partícula de carga^{1,2}.

La importancia del acoplamiento adecuado, por medio, de los silanos orgánicos es extremadamente importante para el funcionamiento clínico de las resinas compuestas, ya que, las propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad resulta intermedio entre la estructura orgánica y la estructura cerámica. Si la adhesión no se da entre ambas fases, el material resultante

no está reforzado sino debilitado, por ejemplo, podría ocurrir el desprendimiento de las partículas de carga como consecuencia de la acción de los alimentos y elementos de la higiene bucal sobre la restauración de resina compuesta, lo que se traduce en un desgaste del material restaurador^{1,2}.

1.3. Clasificación de las resinas compuestas

1.3.1. Según el tamaño de las partículas de relleno

Existen varias formas de clasificar las resinas compuestas, siendo la más conocida la clasificación de acuerdo al tamaño de la partícula de carga empleada. Este tipo de clasificación permite una generalización en tres tipos esenciales de resinas compuestas: macropartículas, micropartículas e híbridas^{1,2,3}.

Sin embargo, las resinas compuestas actuales son formulaciones sofisticadas que contienen un amplio margen de tamaños de partículas de relleno y de heterogénea composición en diferentes niveles de relleno. Por ello, en el presente es muy difícil clasificar los nuevos sistemas de resinas compuestas⁵.

1.3.1.1. Resinas compuestas de macropartículas

Se desarrollaron en la década de los sesenta y se han modificado a través del tiempo, se conocen como macrorellenos y

resinas tradicionales o convencionales^{1,2,9}. El tamaño de las partículas de este tipo de resinas compuestas variaba de 15 a 100 micras en los productos más antiguos¹.

En los años ochenta las resinas convencionales tenían partículas con un tamaño promedio de 8 a 12 micras, mientras que el tamaño de las partículas de las resinas convencionales actuales suele oscilar entre 1 y 10 micras (con un promedio de unas 3 micras)³.

La partícula de relleno más común es el cuarzo. La carga de relleno, generalmente, es de 70 a 80% en peso o 60 a 65% en volumen². Debido al tamaño relativamente grande y la gran dureza de las partículas de relleno, estas resinas compuestas presentan típicamente una textura superficial rugosa por el desgaste abrasivo que sufre la matriz de resina que deja las partículas de relleno resistentes al desgaste expuestas^{1,4}.

Este tipo de textura superficial afecta el brillo superficial por su pobre capacidad de pulido y favorece los cambios de color de la restauración debido a la pigmentación externa. Además, sufren de mayor desgaste inicial en las zonas de contacto oclusal en

comparación con las resinas compuestas de microrelleno o los híbridos^{1,4}.

Las resinas compuestas de macropartículas se indicaron en las preparaciones de las cavidades clase III, IV y V. Las restauraciones de estas preparaciones se caracterizaban por el pobre pulido y pigmentación que presentaban con el tiempo. Entre las marcas comerciales de las resinas compuestas de macropartículas tenemos Adaptic[®] (Johnson&Johnson) y Concise[®] (3M Dental Products)⁹.

1.3.1.2. Resinas compuestas de micropartículas

Fueron introducidas a mediados de la década de los setenta. Son resinas compuestas que contienen partículas de relleno de 0,04 micras de sílice pirogénica o sílice coloidal. Este tamaño de partículas son de 200 a 300 veces menores que el promedio de las partículas de cuarzo de las resinas compuestas de macrorelleno^{1,2,4} (Gráfico 3). Entre las marcas comerciales de resinas compuestas de microrelleno tenemos Heliomolar[®] (Vivadent), Distalite[®] (Johnson&Johnson)¹.

Las micropartículas pueden ser incorporadas a la matriz de resina de dos maneras. La primera es directa, ya que las

partículas son añadidas a la matriz de resina en su forma original. Pero, como las partículas muy pequeñas poseen una gran área superficial, no es posible incorporar grandes cantidades porque se aumentaría la viscosidad del material, lo que dificulta su manipulación. Estas resinas compuestas de micropartículas se denominan homogéneas¹.

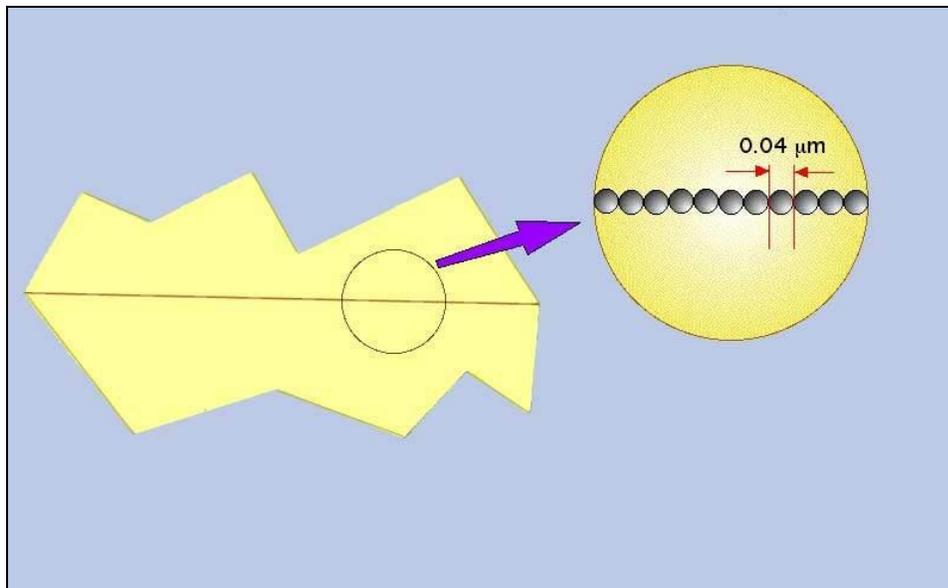


Gráfico 3. Ilustración comparativa entre una macropartícula y una micropartícula de carga. Tomado de Chain y Baratieri, 2001.

La segunda son resinas compuestas de micropartículas heterogéneas, en este caso las micropartículas son comprimidas en aglomerados, a través, de procesos de sinterización, precipitación, condensación o silanización. Los aglomerados son

añadidos a la matriz, luego la resina es polimerizada en bloque, congelada y molida en partículas que oscilan entre 20 y 60 micras. Estas partículas prepolimerizadas son finalmente añadidas a la resina no polimerizada de micropartículas homogénea originando un producto con alto contenido de carga (80% en peso)¹.

La unión entre las partículas prepolimerizadas y la matriz de resina es deficiente, debido al hecho de que estas partículas son altamente polimerizadas y no se copolimerizan con la matriz adyacente, lo que puede resultar en una dislocación de las partículas. Esto ocasiona una estructura más susceptible a la deformación y a la fractura, esta última por la propagación de grietas alrededor de las partículas de relleno mal unidas a la matriz de resina^{1,2}.

Las ventajas de las resinas compuestas de microrelleno con respecto a las resinas compuestas de macrorelleno, son la mayor resistencia al desgaste, mayor calidad de pulido y buena estabilidad del color^{1,2,9}. Por otro lado, las desventajas que presentan son: mayor absorción de agua, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad^{1,2}.

A pesar, de la alta resistencia al desgaste por fricción de las

resinas compuestas de micropartículas, no son indicadas en áreas de alta concentración de tensiones debido al riesgo de fractura por tener baja resistencia a las fuerzas traccionales y tensionales^{1,2,9}.

El excelente pulido que se logra en estas resinas compuestas de microrelleno le confiere una excelente estética a la restauración, este pulido se logra porque las partículas de carga inorgánica son menores que las partículas de los dispositivos abrasivos empleadas para el acabado y pulido de las restauraciones, esto hace que las micropartículas sean removidas junto con la matriz de resina que las rodea^{1,2}. Gráfico 4.

1.3.1.3. Resinas compuestas híbridas

Son desarrolladas a mediados de los años ochenta, con la intención de tener una aplicación universal, es decir, para restauraciones anteriores y posteriores. Estas resinas compuestas poseen micropartículas y macropartículas de carga, con características de ambas, como el alto grado de pulido de las resinas compuestas de microrelleno y la elevada resistencia a la fractura de las resinas compuestas de macrorelleno^{1,2,5,9}.

Las resinas compuestas híbridas modernas consisten en su mayoría de aproximadamente 10 a 20% en peso de micropartículas

de sílice coloidal y 50 a 60% de macropartículas de cristales que contiene metales pesados^{1,2}. Representan el grupo de resinas compuestas que hoy en día se emplean con mayor frecuencia^{3,7}. La mayoría de las resinas compuestas híbridas contienen macropartículas de tamaños que varían entre 1 a 15 micras y micropartículas de aproximadamente 0,04 micras⁴.

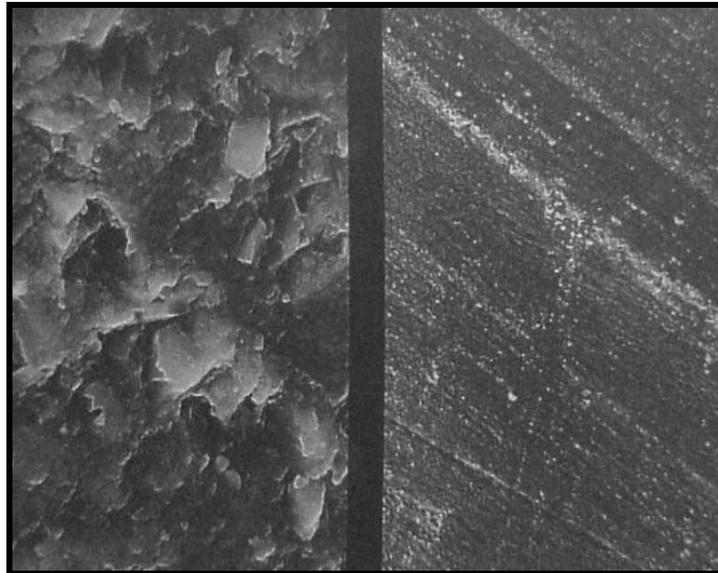


Gráfico 4. Microfotografías que muestran la diferencia entre una superficie pulida de una resina compuesta de macropartículas y una resina compuesta de micropartículas. *Tomado de Chain y Baratieri, 2001*

Entre las cualidades de las resinas compuestas híbridas podemos destacar la elevada resistencia a las fuerzas compresivas, escasa absorción de agua y bajo coeficiente de expansión térmica y alta radiopacidad por contener cristales de

metales pesados entre sus macropartículas¹. La resistencia mecánica de las resinas compuestas híbridas ha sido mejorada por la disminución en el tamaño de las partículas de relleno y el incremento en la carga de relleno⁶.

Cuando en esta combinación de partículas se incluyen macropartículas pequeñas (1 micra) le transfiere propiedades únicas y superiores a las resinas compuestas porque mejora la transferencia de tensiones entre las partículas de carga, es decir, con el aumento porcentual de carga la distancia inter-partícula disminuye y alivia la tensión en la matriz de resina. Además, la incorporación de micropartículas endurece la matriz de resina, lo que aumenta sustancialmente la fuerza cohesiva de la matriz, dificultando la propagación de grietas¹.

Las resinas compuestas híbridas, a su vez, pueden clasificarse de acuerdo al tamaño de sus partículas en: híbridas de pequeñas partículas, híbridas de minipartículas e híbridas con alta cantidad de carga¹. Las resinas compuestas híbridas de minipartículas representan los sistemas de resina compuesta de mayor uso en la actualidad⁵.

Las resinas compuestas híbridas de minipartículas, también

llamadas, híbridas submicrométricas o microhíbridas poseen micropartículas menores de 1 micra (0,6-0,8 micras) y macropartículas de tamaño máximo de 2 micras. Poseen una estrecha distribución entre las partículas menores de 1 micra y, a su vez, una alta incorporación de micropartículas en la matriz resinosa, lo que resulta en una mayor incorporación de partículas de carga, hasta un 80% en peso, aumentando la fuerza cohesiva de la matriz polimérica. Las resinas compuestas híbridas de minipartículas suelen tener una excelente capacidad de pulido y reflexión de alto brillo¹.

Las resinas compuestas híbridas de pequeñas partículas poseen macropartículas de tamaño entre 1 a 5 micras y micropartículas en cantidades que varían entre un 10 y 15%. Este tipo de resinas compuestas presentan buena calidad de pulido y resistencia al desgaste¹.

Las resinas compuestas híbridas con alta cantidad de carga, también, son llamadas híbridas pesadas. Se caracterizan por tener mas de 80% de carga en peso, a través, de la minuciosa distribución de las partículas de carga de diferentes tamaños. Este tipo de resinas compuestas poseen un alto módulo de elasticidad,

pero, bajo grado de pulido porque pueden tener macropartículas de hasta 10 micras de tamaño¹.

Entre las resinas compuestas híbridas más conocidas tenemos: P-50[®] (3M Dental Products), TPH[®] (Dentsply/L.D.Caulk), Carisma[®] (Heraeus/Kulzer), Tetric Ceram[®] (Ivoclar-Vivadent), Herculite XRV[®] (SDS Kerr), Brilliant[®] (Coltene)^{1,7,9}.

1.3.2. Según la viscosidad

Esta clasificación surge de hacer una analogía con los materiales de impresión, los cuales son ligeros, semidensos y densos. Las resinas compuestas actuales se adaptan a esta clasificación, más que, a la clasificación de acuerdo al tamaño de las partículas de relleno, porque la mayoría de las resinas compuestas modernas contienen un amplio margen de tamaños de partículas de relleno y de heterogénea composición en diferentes niveles de relleno. Por lo tanto, surge esta clasificación de acuerdo al grado de viscosidad en resinas compuestas ligeras o fluidas, semidensas y densas^{4,9}.

1.3.2.1. Resinas compuestas fluidas

Las resinas compuestas fluidas fueron introducidas en 1996, se caracterizan por su fluidez y baja viscosidad. En términos

generales, presentan la misma composición de las resinas compuestas híbridas, siendo el tamaño de las partículas similares a las resinas compuestas híbridas, pero con bajo contenido de relleno (peso: 60-70%, volumen: 46-65%) ^{3,9,10,11}.

Las resinas compuestas fluidas tienen una mayor proporción de matriz de resina al compararlas con las resinas compuestas híbridas, lo que resulta en una mayor contracción de polimerización. En este sentido, el módulo de elasticidad de las resinas compuestas fluidas es bajo con respecto a las resinas compuestas híbridas ¹¹.

La fluidez que presentan estas resinas compuestas obliga al operador a manipularlos en capas de poco grosor y ser aplicados por inyección, estas capas se adaptan con facilidad a las paredes cavitarias. El hecho de colocar las resinas compuestas fluidas en delgadas capas y considerando el bajo módulo de elasticidad que presentan, hace que se disipen las tensiones producidas durante la contracción de polimerización, lo que facilita una adecuada adaptación marginal^{3,12}.

Entre las aplicaciones clínicas se ha sugerido el empleo de las resinas compuestas fluidas en: a) cavidades clase V, b) como

sellantes y c) como material de restauración intermedio que se coloca entre la capa híbrida (formada por el adhesivo dentinario y la dentina) y la resina compuesta, esta es la llamada *técnica laminada*^{9,10,11,12}.

Son particularmente útiles en áreas de difícil acceso, como los cajones proximales de las cavidades clase II, cerca de la matriz y en áreas de ángulos. Por otro lado, la aplicación clínica de estas resinas compuestas fluidas en áreas oclusales donde se reciben altas tensiones están contraindicadas^{9,10,11,12}.

1.3.2.2. Resinas compuestas semidensas

Las resinas compuestas semidensas son las constituidas por las resinas compuestas de microrelleno, híbridas y microhíbridas, cuyo grado de viscosidad es medio, lo que dificulta su colocación, de acuerdo, a la configuración de la cavidad⁹.

La viscosidad que presentan las resinas compuestas híbridas pueden provocar la presencia de vacíos y de poros durante la manipulación del material. Estas resinas compuestas son universales, es decir, están indicadas tanto en el sector anterior como en el sector posterior⁹.

1.3.2.3. Resinas compuestas densas

Las resinas compuestas densas poseen una composición bifásica similar a la de cualquier resina compuesta, son el resultado de resinas compuestas híbridas donde se aumenta el volumen de las partículas de relleno, varían el tamaño y tipo de las partículas de relleno y alteran las propiedades químicas de la matriz de resina; lo que resulta en un material de alta densidad ^{3,9}.

La matriz de resina de las resinas compuestas densas están compuestas por los mismos monómeros (BisGMA o UDMA) de las demás resinas compuestas, pero, se les incorporan monómeros mejorados por procedimientos químicos e industriales para lograr reducir la contracción de polimerización y una adecuada regulación de la velocidad de transformación en polímero, según los fabricantes³.

La porción inorgánica de las resinas compuestas densas esta representada por porcentajes elevados de partículas de relleno (hasta 80% en peso) y con un rango de distribución del tamaño de partícula que oscila entre las centésimas de micras hasta un poco más de una micra. Las partículas de relleno presentan en su superficie formas irregulares que establecen un efecto de traba mecánica entre cada una de ellas y confiere al material una mayor

viscosidad³.

Las resinas compuestas densas presentan partículas de relleno de mayor tamaño que las resinas compuestas microhíbridas y las resinas compuestas de microrelleno. Estas partículas de relleno mas grandes son incluídas para intentar disminuir la contracción de polimerización y aumentar la viscosidad del material, asumiendo el riesgo de afectar el desgaste y la textura superficial, lo que causa, los mismos defectos que presentaban las resinas compuestas de macrorelleno¹³.

Los fabricantes se refieren a estas resinas compuestas densas como *empacables* o *condensables*, porque su formulación esta diseñada para permitir ser moldeadas manteniendo su forma y contorno y no hundirse o escurrirse durante la colocación en la cavidad. Esta diferencia en la plasticidad de estas resinas compuestas densas permite adquirir un íntimo contacto y adaptación hacia los agentes adhesivos dentinarios y las paredes cavitarias, lo que resulta más difícil de lograr con las resinas compuestas semidensas tanto híbridas como de microrelleno, por su menor consistencia^{9,14,15}.

Las resinas compuestas densas son mal llamadas

condensables o *empacables*. El primer término se refiere a un material capaz de compactarse al reducir su volumen. Mientras, que el segundo término se refiere a la capacidad de organizar la composición con el objetivo de conseguir un resultado favorable. Las resinas compuestas no presentan ninguna de estos dos comportamientos, por lo que estos términos no deben ser empleados para describir estos materiales⁹.

Sin embargo, Nash *et al.*¹⁶ señalan que la verdadera definición de condensación es cuando se comprime un material haciendo sus partículas más pequeñas, lo que no ocurre con las resinas compuestas densas, pero, si son empacables porque las partículas del material pueden ser desplazadas aproximándolas hasta unir las o juntarlas unas con otras.

La diferencia entre una resina compuesta híbrida y una resina compuesta densa radica, en que en el primero las partículas de relleno se encuentran separadas unas de otras y cuando se les somete a presión, con un instrumento durante su manipulación, permanecen las partículas separadas, lo contrario, sucede con las segundas que al ser sometidas bajo presión, durante su manipulación, se produce una *traba* o *ligadura* entre sus partículas de relleno, mejorando la adaptación del material a la cavidad³.

Las resinas compuestas densas están indicadas para restaurar dientes posteriores, particularmente, en áreas donde se soportan grandes fuerzas oclusales y se recomienda su uso en situaciones donde la amalgama, usualmente, era el material de restauración de elección^{9,13}.

Entre las propiedades de las resinas compuestas densas, según los fabricantes, se señalan: una elevada profundidad de polimerización, menor contracción de polimerización, elevada resistencia a las fuerzas compresivas y buen acabado⁹.

La mínima contracción de polimerización y la profundidad de curado (5mm) de las resinas compuestas densas disminuyen significativamente el tiempo operatorio porque no se aplica la técnica incremental de pequeños incrementos según los fabricantes¹³.

El objetivo de las resinas compuestas densas es resolver o solventar ciertos problemas clínicos asociados con las resinas compuestas usadas en el sector posterior, como es la difícil manipulación del material, sobretodo en cavidades clase II, donde se debe restablecer un adecuado contorno proximal y relación de contacto¹³.

Sin embargo, son necesarios estudios para determinar si estas resinas compuestas densas verdaderamente ofrecen mejores propiedades físicas y profundidad de polimerización que aquellas resinas compuestas convencionales o semidensas¹³.

Entre las resinas compuestas densas existentes en el mercado tenemos: Alert[®] (Jeneric Pentron), SureFil[®] (Dentsply Caulk), Solitaire[®] (Heraeus Kulzer)¹³. La resina compuesta densa Alert[®] contiene partículas de relleno de vidrio en forma de microfilamentos irregulares junto a partículas molidas de boro-silicato de bario y partículas micro-finas de sílice silanizadas para establecer altos niveles de carga de relleno inorgánico¹⁵.

La resina compuesta densa SureFil[®] emplea una *tecnología de partículas entrelazadas* patentada, en el cual los fabricantes resaltan una mezcla de diferentes tamaños de partículas. Y la resina compuesta densa Solitaire[®] utiliza partículas de relleno porosas de bordes rugosos cuyo rango de tamaño oscila entre 2 a 20 micras junto con una matriz de resina llamada Polyglass[®], que le confiere un comportamiento de masa sólida al material, según, los fabricantes¹⁵.

Cobb *et al.*¹³ señalan que las resinas compuestas densas pueden facilitar la manipulación clínica al operador, sin embargo, sus propiedades físicas no son superiores a las resinas compuestas híbridas convencionales.

Además, las resinas compuestas densas pueden tener la desventaja de un mayor desgaste y rugosidad superficial, como las observadas en las resinas compuestas de macrorelleno. Evaluaciones clínicas son necesarias para evaluar las ventajas y limitaciones que presentan las resinas compuestas densas en su comportamiento clínico como material restaurador de los dientes posteriores¹³.

1.3.3. Según el grado de conversión

1.3.3.1. Resinas compuestas directas

Las resinas compuestas directas pueden ser autocuradas y fotocuradas. Las primeras se presentan en dos pastas que deben ser mezcladas o espatuladas manualmente y a cantidades iguales, luego, el material mezclado debe ser colocado en la cavidad inmediatamente, antes de completada la polimerización y endurecimiento del material. Aquí, se evidencia que el operador no tiene control del tiempo de trabajo después que el material ha sido mezclado^{2,3,4}.

Cuando la resina compuesta autocurada es mal manipulada durante la mezcla, donde, no se logra una pareja distribución del iniciador y el activador, se producen partes de la mezcla sin completar su polimerización. Este material resultante sufre un deterioro por la acción química y mecánica del medio bucal³.

Debe evitarse la incorporación de aire durante la mezcla porque influyen adversamente las propiedades físicas del material⁴. Sin embargo, Phillips² y Macchi³ señalan que durante el proceso de mezclado de las resinas compuestas autocuradas es imposible evitar la incorporación de burbujas de aire dentro de la mezcla. Estas burbujas contienen oxígeno que afectan las propiedades mecánicas y ópticas de la estructura final del material restaurador.

Las resinas compuestas fotocuradas vienen en pastas simples que no requieren de mezclado por parte del operador, porque la mezcla se realiza industrialmente y al vacío. El tiempo de trabajo es determinado por el clínico, ya que el material restaurador endurece rápidamente, una vez expuesto a la luz. Pero, por otro lado la profundidad de curado se limita y depende de algunas variables, como el color del material restaurador y la localización de la fuente de luz ^{2,3}.

Entre las ventajas de las resinas compuestas fotopolimerizables podemos citar: mayor tiempo de trabajo, menor tiempo de polimerización y buena estabilidad del color^{3,18}. Sin embargo, requiere de la técnica incremental, donde cada incremento debe ser curado antes de insertar el siguiente, lo que resulta en una técnica muy sensible².

Sin embargo, debemos tomar en cuenta, que la polimerización de una resina compuesta fotocurada no ocurre en forma instantánea. Esta continúa en las primeras 24 horas, lo que significa que la resistencia final de la resina compuesta se presenta, después, de este lapso de tiempo. La dureza superficial del material restaurador es aproximadamente, 11% mayor después de un período de 24 horas. Es por ello, que se sugiere posponer el pulido de las restauraciones directas de resina compuesta por lo menos 24 horas⁷.

Para lograr una adecuada anatomía oclusal en las restauraciones de resinas compuestas directas es frecuente la necesidad de un minucioso procedimiento de acabado y pulido después de colocado el material restaurador en la cavidad¹⁷.

En las restauraciones de las cavidades clase II, los contactos y contornos proximales son, usualmente, difíciles de obtener porque la resina compuesta es de naturaleza tixotrópica y no puede ser condensada. Cuando la resina compuesta es presionada con un instrumento, el material no ofrece resistencia contra esta presión y no se mueve hacia la dirección de la fuerza ejercida por el instrumento, es decir, contra la matriz y el diente adyacente^{9,13,15,16,18}.

Para solventar estos problemas que surgen en las restauraciones directas de resina compuesta, específicamente, en las preparaciones cavitarias clase II, surgen las llamadas resinas compuestas densas, descritas anteriormente, con la idea de facilitarle al clínico la manipulación del material y simplificar la restauración del contacto y contorno proximal^{9,13,15,16}.

Sin embargo, se han desarrollado técnicas para la colocación de la resina compuesta para restaurar adecuadamente, el contacto y contorno proximal, mediante, el empleo de bandas de matrices seccionadas que están anatómicamente contorneadas (BiTine Rings[®] de Dentsply Caulk, Sectional Matriz Retainer System[®] de 3M, Contact Matriz[®] de Danville Materials, Palodent System[®] de

Darway Inc. y Composit-Tight System® de Garrison Dental Solutions) ^{11,17}. Gráfico 5.

Estos sistemas de matrices incluyen unos aros Bitine o anillos en forma de G que se acoplan en los bordes de las bandas estabilizándolas. Entre las propiedades de las bandas de matrices seccionadas, según los fabricantes, se señalan la posibilidad de compensar el espesor de la banda matriz, la contracción de polimerización y la falta de densidad de las resinas compuestas semidensas⁹. Gráfico 6.



Gráfico 5 . Fotografía de matriz parcial precontorneada (Pallodent®). Tomado de Chain y Baratieri, 2001.



Gráfico 6. Fotografía del portamatriz tipo aro de Bitine o Anillo, junto a la matriz y cuña de madera. *Tomado de Chain y Baratieri, 2001.*

También, se han introducido al mercado instrumentos manuales formadores de contacto (Contact Pro 2B[®] y Light-Tip[®]) que permiten al clínico deformar la banda matriz extendiéndola hacia el contacto proximal del diente adyacente, mientras simultáneamente, se expone a la acción de la luz el material restaurador (Gráfico 7,8,9). Estos instrumentos resultan especialmente, útiles en los casos de restauración de dientes mal alineados o rotados, así como cuando existe una distancia interdental superior a lo normal 9,16 .

La combinación de las nuevas resinas compuestas densas, bandas de matrices seccionadas e instrumentos formadores de contacto han permitido obtener contactos y contornos proximales

predecibles en las restauraciones directas de cavidades clase II^{9,13}.

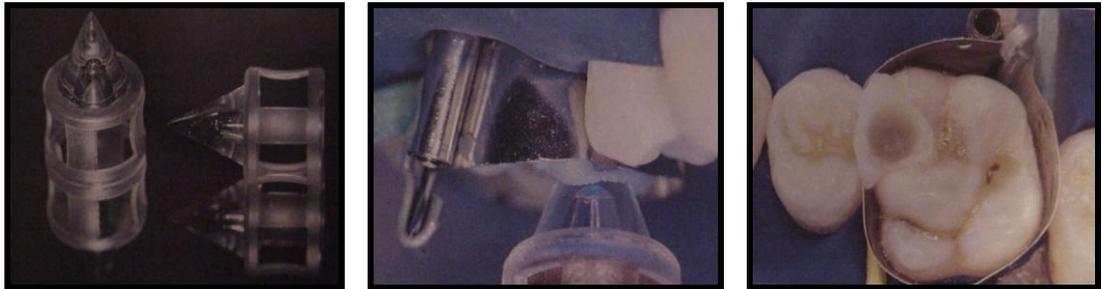


Gráfico 7,8,9. Fotografías del dispositivo plástico transparente (Light-Tip[®]) y aplicación del mismo para restaurar la relación de contacto. Tomado de Chain y Baratieri, 2001.

Otro problema clínico que puede surgir cuando se emplean resinas compuestas híbridas semidensas y densas, en las preparaciones cavitarias clase II, son los vacíos en el área del margen gingival y en el cuerpo del material restaurador que resultan de la incapacidad de adaptar adecuadamente el material hacia los márgenes^{13,16}.

Los beneficios que ofrecen las restauraciones directas de resinas compuestas, en los dientes anteriores, son evidentes, tanto, desde el punto de vista estético, como funcional. Sin

embargo, no es el mismo caso para las restauraciones directas de resina compuesta en los dientes posteriores¹⁰.

Se debe evaluar todos los factores clínicos para determinar si es apropiada la colocación directa de una resina compuesta en los dientes posteriores. Por regla general, estas restauraciones son apropiadas para cavidades pequeñas en las que la amplitud del istmo tiene un tercio o menos de la amplitud bucolingual del diente y además, cuando la restauración no está sometida a fuerzas oclusales intensas^{9,19}.

También, entre los factores clínicos a tomar en cuenta para indicar una restauración directa de resina compuesta en cavidades clase II es la profundidad del cajón proximal, ya que al tener el margen gingival en dentina, se corre el riesgo de microfiltración marginal y caries de recidiva^{1,5}. Pero, no por falla a nivel de adhesión al sustrato dentinario, sino por contaminación durante la colocación del material restaurador, ya que, es difícil controlar el campo operatorio a ese nivel⁵.

Por otro lado, debe tomarse en cuenta, que las restauraciones de resinas directas son, por sí mismas, de naturaleza

conservadora, gracias a la tecnología adhesiva y los principios actuales de diseños cavitarios^{1,9}.

1.3.3.2. Resinas compuestas indirectas

Los sistemas de incrustaciones de resinas compuestas fueron introducidas en 1986, con el objetivo principal de superar las limitaciones de las restauraciones de resinas compuestas directas, principalmente, la contracción de polimerización y la obtención de contactos y contornos proximales adecuados^{2,6,7,19,20,21}.

Se han propuesto, diferentes métodos para la construcción de incrustaciones de resina compuesta, que incluyen, la fabricación directa o indirecta, la combinación de sistemas de curado (luz, calor, presión) y el uso de resinas compuestas de microrelleno e híbridas^{2,7,19}.

Los fabricantes de las incrustaciones de resinas compuestas buscaron mejorar las propiedades físicas y mecánicas del material restaurador por medio de diferentes métodos de polimerización, complementarias a la fotopolimerización o activación química^{7,20}.

Tales métodos son conocidos como técnicas de polimerización secundaria y están presentes en sistemas comerciales como el Brilliant D.I.[®] de Coltene, Isosit S.R.[®] de Ivoclar Vivadent, Dentalcolor[®] de Kulzer, E.O.S. Inlay[®] de Ivoclar Vivadent, Herculite XRVIlab[®] de Kerr, entre otros. Estos sistemas exigen un método adicional de polimerización para obtener un máximo grado de conversión del material restaurador^{1,7,20}.

Los sistemas de incrustaciones directas son elaborados en el consultorio, estos no requieren de la toma de impresión y obtención de un modelo^{2,18}. Después de realizada la preparación cavitaria, se le aplica un medio separador, como una solución de agar o glicerina^{2,21,22}.

Luego, se confecciona la restauración, se fotocura y se remueve de la preparación cavitaria. Esta restauración es sometida a una exposición adicional de luz, por seis minutos, o calor por siete minutos a 100°C o 110°C, finalmente, es acondicionada y cementada^{2,22,23}. Mientras, que los sistemas de incrustaciones indirectas requieren de una impresión y un técnico de laboratorio. El sistema de curado puede incluir luz, calor (140°C) y presión (6 Bar durante 10 minutos)^{2,22}.

La ventajas de las incrustaciones de resinas compuestas son las mejoras en las propiedades físicas y mecánicas, como: estabilidad del color, resistencia a la fractura, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, estabilidad dimensional y la resistencia al desgaste. La explicación de este fenómeno se basa en el aumento del grado de conversión de polimerización^{1,2,6,19,20,21,23,24,25}.

Sin embargo, estas mejoras en las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas indirectas alcanzan el 10% mas de las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas directas fotocuradas, y esto no se traduce en mejoras clínicas significativas cuando evaluamos el comportamiento clínico de estas restauraciones. Además, un exceso en el grado de conversión puede resultar en un material restaurador más frágil^{18,23}.

Existe controversia acerca de la efectividad lograda en las restauraciones de resina compuesta tratadas bajo sistemas de curado secundario. Algunos investigadores señalan que se obtienen pequeñas mejoras en las propiedades mecánicas, como una mayor dureza inicial del material, pero, otros investigadores señalan que no hay mejoras en las propiedades mecánicas^{23,25}.

Lo que si es innegable, es el hecho, de que por medio de las restauraciones indirectas de resina compuesta se pueden obtener mejores contactos y contornos proximales, caracterización, color y pulido, al compararlos con las restauraciones directas de resina compuesta ^{1,7,20}.

Las restauraciones indirectas de resina compuesta propician un mejor acabado por la facilidad de manipulación que presentan, por presentar mayor madurez de polimerización, están menos sujetas a los efectos de las tensiones generadas durante el acabado y pulido, lo que disminuye la presencia de líneas de fracturas en el interior y en la superficie del material restaurador ⁷.

Las técnicas de polimerización secundaria también tienen la ventaja de ofrecer biocompatibilidad, por la disminución considerable de la cantidad de monómeros libres del material de resina compuesta lo que disminuye potencialmente el efecto citotóxico del material ^{19,21}.

Todas las incrustaciones de resina compuesta requieren del uso de técnicas adhesivas para que la unión micromecánica se establezca entre el cemento de resina y el sustrato dentinario y adamantino, como también, entre el cemento de resina y la

incrustación²².

Por ello, se recomienda un pretratamiento de la superficie interna de las incrustaciones para optimizar la humectabilidad o acondicionamiento de dicha superficie e incrementar la resistencia de unión. Entre los métodos empleados se incluye baño de arena o microarenado, grabado con ácido fluorhídrico y silanización²¹.

Las resinas compuestas fotopolimerizadas tienen un grado de conversión que puede variar entre 47 a 70,2%. Cuando se procede al termocurado a una temperatura de 125°C por 5 minutos, el grado de conversión alcanza un 80%²⁶.

A pesar, de las ventajas mencionadas, las restauraciones indirectas de resina compuesta son menos conservadoras que las restauraciones directas de resina compuesta, ya que necesitan de preparaciones cavitarias con paredes expulsivas y de un plano de inserción definido. Además, las restauraciones indirectas de resina compuesta son mas costosas y requieren de mayor tiempo de trabajo^{1,7,19}.

Las incrustaciones de resina compuesta están indicadas específicamente, en preparaciones cavitarias amplias, sobretodo,

en cavidades clase II, también, en casos donde se requiera el fortalecimiento del remanente dentario. Las técnicas indirectas de resina compuesta permiten la producción de restauraciones en el laboratorio con apropiados contornos y contactos proximales y control de la forma anatómica²⁴.

2. Criterios de evaluación de la longevidad de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas.

2.1. Contracción de polimerización

La contracción de polimerización es el proceso de densificación de la resina compuesta durante la polimerización, cuando los polímeros son formados a partir de los monómeros. Esto origina un cambio dimensional del material que puede ser expresado como una contracción volumétrica o una contracción lineal²⁸.

El proceso de polimerización de la resina compuesta está caracterizado por tener dos fases: *pregel* y *posgel*. La contracción de polimerización *pregel* ocurre cuando la resina compuesta todavía es una pasta viscosa que no ha endurecido o solidificado y la contracción de polimerización de esta etapa no genera ni transfiere altas tensiones de contracción hacia la estructura dentaria. La contracción de polimerización *posgel* se

refiere a la contracción que ocurre después que la resina compuesta ha comenzado a solidificarse, que es, después del punto gel²⁷.

La contracción de polimerización genera tensiones en la interfase diente-material restaurador, que se traduce en un fallo en la adhesión o tensión en las paredes cavitarias²⁹. Los síntomas clínicos asociados a la contracción de polimerización son: sensibilidad posoperatoria, propagación de microfracturas en el esmalte y fallas adhesivas que permiten: la microfiltración, la pigmentación de los márgenes de la restauración, la caries secundaria y la pérdida de la integridad marginal^{13,27,29}.

La contracción de polimerización tiende a separar el material de resina compuesta de la estructura dentaria, la separación del material restaurador puede darse o no, esto depende del valor de adhesión logrado con los sistemas adhesivos y de la posibilidad de que la zona de adhesión se *adapte o acomode* disipando las tensiones³.

Con los sistemas adhesivos actuales se puede alcanzar valores de adhesión de aproximadamente, 20 MPa^{3,22}. Este valor parece ser suficiente para resistir la contracción de

polimerización de la resina compuesta²².

polimerización de la resina compuesta²².

Según Tessore y Trincherio³⁰ durante la polimerización la resina compuesta está sujeta a una reducción volumétrica que oscila entre 2 a 6%. La contracción de polimerización ejerce fuerzas muy elevadas de 8 a 20 Mpa sobre las paredes de esmalte y dentina donde se aplican las técnicas adhesivas.

Para Macchi³ las tensiones producto de la contracción de polimerización puede tener un valor aproximado de 15 Mpa, que podría variar de acuerdo a la situación clínica. Por lo que antes de aplicar la masa principal de la resina compuesta, una primera capa debe estar adherida al sustrato dentario con un valor de resistencia adhesiva mayor de 15 Mpa. Si esto no se logra, entonces la contracción de polimerización origina una brecha marginal, que puede dar origen a la microfiltración marginal.

La contracción de polimerización *posgel* es la que transfiere tensiones a la estructura dentaria. Por lo que, la contracción de polimerización total, que es el resultado de la contracción de polimerización *pregel* y *posgel*, generalmente, sobreestima el valor de las tensiones generadas por la contracción de polimerización del material de resina compuesta²⁷.

La cantidad de tensiones sufridas en el diente por la contracción de polimerización constituye uno de los factores primordiales en el comportamiento clínico de la restauración y puede ser una medición predictiva de su longevidad³¹.

Feilzer *et al.*³² señalan que la cantidad de contracción de polimerización de las restauraciones directas de resina compuesta depende de factores como el sistema de monómeros y las concentraciones de catalizadores e iniciadores de polimerización porque estos determinan la estructura y densidad final del polímero, además la cantidad de relleno, tipo de relleno, tamaño y cubierta.

Versluis *et al.*²⁷ señalan que la contracción de polimerización posgel depende de varios factores como: la intensidad de la luz, el módulo de elasticidad de la resina compuesta y la planimetría de la preparación cavitaria. Mientras que, para Roulet²² la contracción de polimerización está influenciada por las propiedades del material de resina compuesta (composición, contenido de relleno y el módulo de elasticidad), la técnica de aplicación (volumen del material curado, modo y velocidad de polimerización y dirección de la fuente de luz).

Las resinas compuestas con alto módulo de elasticidad son rígidas y susceptibles a tensiones internas, mientras que las resinas compuestas con bajo módulo de elasticidad presentan mayor fluidez y experimentan una deformación plástica, lo que permite el movimiento de las moléculas a nuevas posiciones y orientaciones, compensando las tensiones causadas por la contracción de polimerización y además se preserva la adhesión del material restaurador a la estructura dentaria³².

Teóricamente, una resina compuesta con alta concentración de partículas de relleno presenta una menor contracción de polimerización, pero paradójicamente, desarrollan mayores tensiones durante la contracción de polimerización porque tienen menor capacidad de deformación³⁰.

Sin embargo, si se reduce el contenido de carga inorgánica o de partículas de relleno, se origina un material restaurador con menor resistencia a la fractura y al desgaste, lo que sería crítico para el comportamiento clínico y longevidad de la restauración³¹.

En cuanto a la planimetría de la preparación cavitaria, las tensiones generadas durante la contracción de polimerización son distribuidas en función de la geometría de la cavidad. En el diseño

de las preparaciones cavitarias se debe tener en cuenta la aplicación del mínimo volumen posible de material y la máxima superficie posible para la adhesión³. Lamentablemente, este factor es obviado en la mayoría de los estudios porque emplean especímenes o muestras cilíndricas de resina compuesta²⁷.

Al analizar la planimetría de la cavidad y tomar en cuenta el factor de configuración (factor C), que no es más, que la relación entre las superficies adheridas y las no adheridas. Cuanto mayor es el factor C, mayor es la tensión que se genera en la interfase diente-restauración, porque la resina compuesta tiene menos superficie para deformarse por efecto de la contracción de polimerización^{9,29}.

Mientras, que medida que aumentan las superficies libres, es decir, con un factor C menor, la resina compuesta puede *liberar las* tensiones y compensar la contracción de polimerización. Por ejemplo, una restauración de una cavidad clase IV, con más superficies libres, exhibe menos problemas de tensiones por contracción de polimerización que una cavidad clase I^{22,31}.

Se ha propuesto reducir los efectos de la contracción de polimerización aplicando la resina compuesta, a través, de la

técnica incremental, la cual, disminuye el factor de configuración (factor C)^{16,29}.

Cuando se aplica un gran volumen (en bloque) de resina compuesta, al iniciarse la fotopolimerización, se produce una gran contracción de polimerización, que genera grandes tensiones al material y a la interfase de unión diente-restauración. Estas tensiones pueden crear fallas adhesivas o cohesivas a nivel de la interfase con la formación de brechas marginales, o si la adhesión se mantiene, puede ocurrir la deformación de la estructura dentaria²¹.

Altas intensidades de luz permiten una polimerización más rápida, lo que resulta en altos valores de contracción de polimerización²⁷. Se ha sugerido que la contracción de polimerización puede minimizarse, a través, de la polimerización controlada. Un método para obtener tal control, es iniciar una prepolimerización de la resina compuesta a baja intensidad de luz y después una pospolimerización del material con alta intensidad de luz^{17,33}. Este proceso se denomina fotopolimerización *a pasos* o fotopolimerización *blanda*³³. Bajas intensidades de luz retardan el grado de conversión de la resina compuesta y producen bajos valores de contracción de polimerización posgel²⁸.

Otras alternativas son disminuir la velocidad de la polimerización, alejar la fuente de luz de la superficie de la resina compuesta e interponer la estructura dentaria entre la fuente de luz y el material, durante el inicio de la polimerización para que el material no alcance su endurecimiento final rápidamente³.

Por otro lado, se recomienda el empleo de resinas compuestas fluídas como capa intermedia o base, entre la capa de adhesivo dentinario y la resina compuesta, para formar una capa *amortiguadora* que reduzca las tensiones transmitidas en la interfase de unión adhesivo-estructura dentaria; ya que estas resinas fluidas tienen menor módulo de elasticidad y mayor capacidad de *adaptarse* ante las fuerzas tensionales que tienden a separarlas de la estructura dentaria^{3, 30}.

En intentos por disminuir las tensiones originadas durante la polimerización se ha sugerido modificar la composición de las resinas compuestas, como reducir los niveles de fotoiniciadores que a su vez disminuyen el porcentaje de contracción de polimerización³¹.

También, se ha sugerido la incorporación de un nuevo monómero, derivado del metacrilato de estireno-alilo alcohol

(MSAA) que disminuye las tensiones de la contracción de polimerización, mientras mejora el grado de conversión de los grupos de metacrilato³¹.

Las técnicas actuales de colocación de las resinas compuestas fotocuradas están basadas en la teoría que sugiere que la dirección de la contracción de polimerización ocurre hacia la fuente de luz^{17,28,34}. En cuanto a las resinas compuestas autocuradas, se considera que la dirección de contracción de polimerización ocurre hacia el centro del material restaurador y el proceso de densificación ocurre de manera uniforme^{17,28,34}.

Davidson⁸ señala que está surgiendo el interés por volver a emplear las resinas compuestas autocuradas porque generan menos tensiones por la contracción de polimerización, por el lento proceso de curado químico, a pesar, de las ventajas evidentes de las resinas compuestas fotopolimerizables.

Otra razón de las bajas tensiones de contracción de polimerización de las resinas autocuradas, es que estas contienen una gran cantidad de porosidades, por el oxígeno incorporado durante la mezcla manual del material y la colocación en bloque dentro de la cavidad^{17,31}. Se sabe también, que estas porosidades

pueden causar la degradación de las propiedades mecánicas del material restaurador¹⁷.

Cuando comienza el proceso de fotocurado desde la superficie oclusal, la distribución de la luz, a través, del material restaurador, se da con mayor intensidad de luz en la superficie, y menor intensidad de luz en el fondo de la restauración²⁷. Por ello, las capas superficiales del material contraen más y más rápido que las capas profundas del material²⁸.

Como consecuencia, la contracción de polimerización *posgel* comienza a desarrollarse más rápido en la superficie, alcanzando mayores niveles que en el área más profunda de la restauración²⁷. Es decir, en las resinas fotocuradas el punto gel varía en el cuerpo del material restaurador de acuerdo a la intensidad de la luz²⁸.

La contracción de polimerización ha sido medido experimentalmente, a través, de dos métodos. El primero se basa en el principio de desplazamiento de fluidos, donde los cambios dimensionales de resinas compuestas sumergidas originan cambios en el nivel de fluidos, los cuales son registrados en un dilatómetro. Los valores de contracción de polimerización

obtenidos, con este método, son de 2 a 3% de contracción volumétrica total ²⁷.

El segundo método emplea un detector de deformación, cuyo principio señala que la resistencia eléctrica de los metales varían cuando sufren deformaciones. Las muestras de resinas compuestas, empleadas en este método, contienen una rejilla metálica, que cuando se contrae el material, esta rejilla se deforma y es registrada por el detector. Los valores de contracción de polimerización obtenidos, con este método, son de 0,3 a 0,5 % de contracción volumétrica *posgel* ²⁷.

Por ello, cuando las resinas compuestas son comparadas en términos de valores de contracción de polimerización, se debe ser consciente al evaluar el método empleado y las condiciones del estudio antes de hacer conclusiones ²⁷.

Los análisis del elemento finito usados en varios estudios experimentales permiten integrar varios factores que influyen en la contracción de polimerización. En el análisis del elemento finito es subdividido una estructura completa en elementos de cuerpos simples, los cuales se deforman individualmente y pueden ser

fácilmente, calculados en comparación con estructuras completas no divididas ²⁷

Versluis *et al*²⁸. analizaron, a través, del elemento finito, la dirección de la contracción de polimerización de las resinas compuestas fotocuradas y autocuradas. El estudio demostró que las diferencias de los patrones de contracción de polimerización entre las resinas compuestas fotocuradas y las resinas compuestas autocuradas fueron mínimas. Además, la dirección de contracción de polimerización no está afectada por la orientación de la fuente de luz, es decir, las resinas compuestas no contraen hacia luz.

Se concluyó que la dirección de contracción de polimerización está determinada por las superficies libres de la cavidad, es decir, la planimetría de la cavidad y la adhesión del material restaurador al diente ²⁸.

En otro estudio similar, también de Versluis *et al*²⁷. fueron analizados tres tipos de restauraciones de resinas compuestas fotocuradas, a través, del elemento finito: una restauración adherida a esmalte y dentina, una restauración sólo adherida a nivel de esmalte y una restauración sin adhesión a nivel de esmalte y dentina. Las restauraciones mostraron que la dirección

de la contracción de polimerización ocurre hacia las áreas adheridas (esmalte y dentina) y no hacia la fuente de luz. En el caso de la restauración no adherida a la estructura dentaria, la contracción de polimerización ocurrió hacia el centro del material restaurador. Gráfico 10

La dirección de la contracción de polimerización de las resinas compuestas durante la polimerización es controlado por el uso apropiado de la técnica de grabado total y de los sistemas de adhesivos dentinarios, donde la dirección de contracción de polimerización se da hacia las paredes cavitarias adheridas. Cuando no se emplean estos sistemas adhesivos la resina compuesta autocurada y fotocurada no unida a la estructura dentaria presenta una dirección de contracción de polimerización hacia el centro de la masa del material restaurador³⁴.

Kinomoto *et al.*¹⁷ compararon las tensiones de la contracción de polimerización entre las resinas compuestas autocuradas y fotocuradas. El objetivo del estudio fue analizar la distribución y la magnitud de las tensiones internas de las restauraciones de resina compuesta producto de la contracción de polimerización, a través, de análisis fotoelásticos.

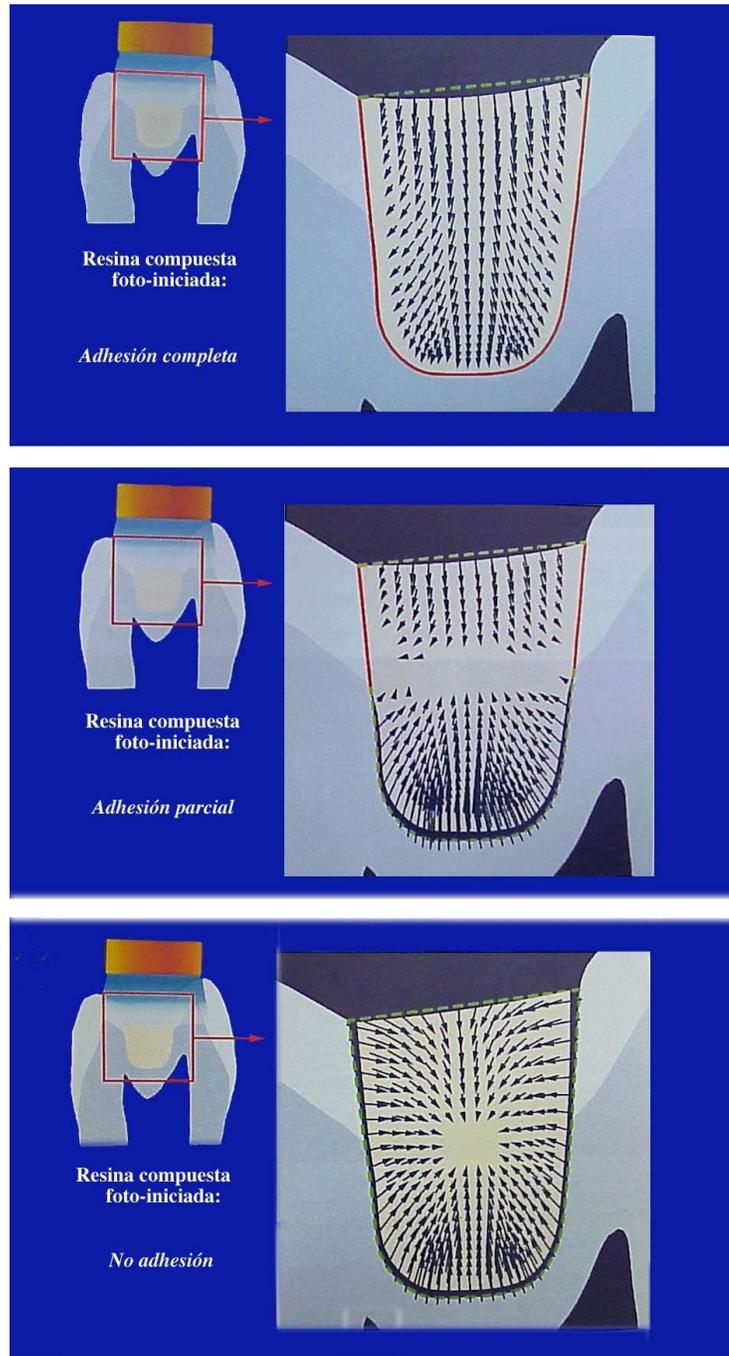


Gráfico 10. Diagrama esquemático sobre los vectores de la contracción de polimerización de una restauración de resina compuesta fotocurada. Tomado de Versluis y Tantbirojn, 2000

Los resultados del estudio indicaron que la distribución de las tensiones internas generadas por la contracción de polimerización en las restauraciones de resinas compuestas autocuradas y fotocuradas presentaron patrones similares. Se deduce entonces, que el sitio de inicio de la polimerización no afecta la distribución de las tensiones internas generadas durante la contracción de polimerización¹⁷.

Pero, en cuanto a la magnitud de las tensiones de la contracción de polimerización generadas en las paredes cavitarias fue dos veces mayor en las restauraciones de resina compuesta fotocurada¹⁷.

No se encontró relación entre la magnitud y la distribución de las tensiones generadas en la contracción de polimerización. La velocidad de polimerización fue el factor que determinó la magnitud de las tensiones internas generadas en las restauraciones¹⁷.

La velocidad de polimerización puede afectar la capacidad de deformación y de fluidez del material resinoso, mejorando la adaptación del mismo hacia las paredes cavitarias, lo que reduce, además, la formación de brechas marginales y las tensiones

generadas durante la contracción de polimerización¹⁷.

Caldwell *et al.*³³ realizaron un estudio *in vitro* donde se comparó la fotopolimerización simple, con una fuente de luz de alta intensidad, con la fotopolimerización *a pasos* en términos de resistencia de unión de la resina compuesta fotocurada. Como el grado de polimerización puede estar afectada por el espesor de resina compuesta, el estudio se realizó con varios espesores del material resinoso (1,5, 3 y 4,5 mm).

Los resultados del estudio demostraron que a mayor espesor de la resina compuesta hay mayor tendencia hacia fallas cohesivas y adhesivas. En cuanto a el método de curado no tuvo un efecto significativo sobre la resistencia de unión de las resinas compuestas empleadas³³.

El sistema de curado por fotopolimerización *a pasos* parece no ofrecer ventajas sobre el sistema de curado por fotopolimerización simple, pero si mejora la adaptación marginal y reduce la microfiltración marginal³³.

En el caso de restauraciones indirectas de resina compuesta, la contracción de polimerización que ocurre sobre el diente está

limitada a la delgada capa de cemento resinoso, por lo que las tensiones inducidas al remanente dentario se reducen y los efectos clínicos tales como microfiltración marginal, flexión cuspeada, y potencial de fractura también disminuyen ^{2,18,21,22,24}.

2.2. Microfiltración marginal

La microfiltración en la interfase diente-restauración es considerada como el factor de mayor influencia en la longevidad de las restauraciones. Esta puede conducir a la pigmentación de los márgenes de la restauración, al deterioro o ruptura de las áreas marginales de la restauración, a la formación de lesión de caries secundaria en la interfase diente-restauración y por último a la sensibilidad dentinaria y el desarrollo de patologías pulpares^{2,35}.

Para Chuang *et al.*¹¹ la microfiltración marginal puede ser el resultado de muchos factores, tales como: la contracción de polimerización, la degradación de la adhesión o del material restaurador mismo, la disolución de la capa de adhesivo y variaciones en el coeficiente de expansión térmica.

Por otro lado, Versluis *et al.*²⁷ señalan que los factores que tienen mayor influencia en la microfiltración marginal son: el

factor C de la preparación cavitaria, el grado y dirección de contracción de polimerización del cuerpo del material restaurador.

Para evitar la microfiltración marginal, debe existir una integración y continuidad entre la estructura dentaria y el material restaurador, esto puede lograrse, a través, de la adhesión, que a su vez brinda un sellado marginal³.

Los avances en la tecnología adhesiva, sin duda alguna, han contribuido a la reducción de la microfiltración marginal y de sus secuelas^{15,36}. Los procedimientos actuales de restauraciones directas e indirectas de resina compuesta están diseñados para minimizar la contracción de polimerización y la microfiltración marginal².

Para que ocurra la formación de una brecha marginal en la interfase diente- resina, las tensiones de la contracción de polimerización deben exceder la resistencia adhesiva entre la resina y la estructura dentaria^{21,31}.

Opdam *et al.*³⁶ consideran que el espesor de la capa de adhesivo dentinario es un factor importante. Un espesor grueso

de adhesivo puede compensar la contracción de polimerización debido a las propiedades elásticas, reduciendo así la formación de brechas marginales. Sin embargo, esta capa gruesa de adhesivo, puede aparecer radiográficamente, como una zona translúcida en la interface diente-restauración y puede ser mal interpretado como una brecha o una caries secundaria.

En el caso de las restauraciones de resina compuesta la mayoría de las generaciones nuevas de sistemas adhesivos se unen a la capa de dentina desmineralizada a una profundidad de 3 a 6 micras. La retención de la resina compuesta se da por la infiltración de monómeros hidrofílicos dentro de esta área de dentina desmineralizada para formar la llamada capa híbrida de resina-colágeno³⁷.

Gwinnett³⁸ y Kanca³⁹ reportaron la ausencia de brechas cuando se emplean los sistemas adhesivos que originan la capa híbrida entre la resina compuesta y la dentina. Mientras, que Van Meerbeck *et al.*³⁷ señalan que se pueden crear uniones sin brechas cuando se emplea una capa intermedia de resina fluida entre la resina compuesta y el adhesivo que pueda absorber la tensión creada durante la polimerización³⁷.

Pero, Friedl *et al.*⁴⁰ señalan que aún empleando las últimas generaciones de sistemas adhesivos que ofrecen altas resistencias de unión a dentina, no se puede lograr una perfecta unión a dentina y sin formación de brechas. Gráfico 11

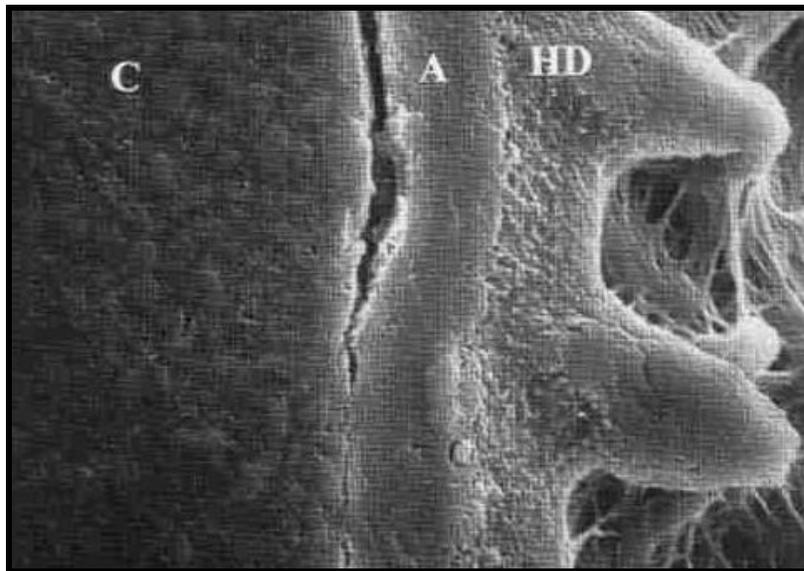


Gráfico 11. Fotomicrografía donde se observa las interfases de resina (C), adhesivo (A) y capa híbrida en dentina (HD), preparado en una cavidad clase I (alto factor C). Hacia arriba se observa una brecha marginal y hacia abajo se observa la interfase intacta. *Tomado de Tay, 2001.*

Además, Sano *et al.*⁴¹ demostraron la existencia de un tipo de filtración, dentro de la capa híbrida, denominado *nanofiltración*, que constituyen espacios de aproximadamente, 20 a 100 nanómetros de ancho en la base de la capa híbrida que pueden permitir la penetración de agua, pero, en ausencia de formación de brechas.

Se ha demostrado que los márgenes de esmalte sellados con adhesivos son resistentes a la microfiltración marginal¹⁰. Pero el problema se presenta en márgenes subgingivales, en esmalte, dentina o cemento, donde la adhesión no resulta óptima, por la dificultad del control del campo operatorio^{2,5}.

Los sistemas adhesivos actuales (quinta y sexta generación) brindan un sellado marginal predecible a nivel de esmalte. Pero, en el caso de la dentina, se presentan diferentes situaciones clínicas como la dentina esclerosada, dentina careada, dentina profunda y superficial, además del control del campo en estas áreas, que dificultan un perfecto sellado, a través de, los sistemas adhesivos¹².

Además, de acuerdo a los estudios *in vitro* de Kiyomura en dientes de bovino, la fuerza adhesiva entre la resina compuesta y la dentina disminuye en el tiempo, observándose una reducción de 18 Mpa hasta 4 Mpa después de 5 años de almacenamiento de las muestras en agua⁴².

En esta misma corriente, Nakabayashi y Pashley recientemente, señalaron que el sobregabado de la dentina y una insuficiente infiltración del adhesivo sobre la capa

desmineralizada resulta en una capa amorfa debajo de la capa híbrida constituida por fibras colágenas desprotegidas que se hidrolizan en el tiempo⁴².

Otro estudio *in vitro* realizado por Okuda *et al*⁴³. señalaron que la nanofiltración se incrementa gradualmente en la interfase dentina-sistema adhesivo (autograbador), por lo que concluyeron, después de 9 meses de almacenamiento, que la fuerza adhesiva disminuye gradualmente en el tiempo.

Regresando a las situaciones clínicas, se recomienda en las preparaciones cavitarias Clase V, III y IV realizar biseles de 0,5-1 mm, en el esmalte del margen cavosuperficial, ya que se reduce la microfiltración de esta interfase, porque el bisel incrementa el área de superficie para la adhesión a esmalte y expone los extremos de los bastoncillos del tejido adamantino⁴⁴.

Manhart *et al.*⁴⁴ realizaron un estudio *in vitro* para determinar la calidad marginal y microfiltración de restauraciones de resina compuesta en cavidades clase V. Emplearon nueve diferentes resinas compuestas con sus respectivos sistemas adhesivos aplicados a técnica de grabado total y de dentina húmeda. Los resultados demostraron que ninguno de los sistemas de resinas

compuestas evaluados presentaron un sellado perfecto en dentina y esmalte.

Pastor Conesa *et al.*²⁹ realizaron un estudio *in vitro* cuyo objetivo fue evaluar la adaptación y filtración marginal inmediata en la caja proximal de 108 restauraciones de cavidades clase II, realizadas con diferentes técnicas de restauración, que incluyen el empleo de dos tipos de matrices (transparentes y metálicas) y cuñas (transparentes y de madera) y de varias técnicas de inserción y polimerización de la resina compuesta.

Las diferentes técnicas de inserción del material restaurador incluyeron la técnica en bloque, incrementos oblicuos, incrementos horizontales, incrementos en pico de flauta, resinas compuestas empacables y por último técnica de Bertolotti (Gráfico 12). Todas las técnicas de inserción de la resina compuesta fueron aplicadas con sistemas adhesivos de quinta generación, previo acondicionamiento de los sustratos²⁹.

Los resultados demostraron que: 1) las restauraciones realizadas empleando la combinación cuña de madera-matriz metálica obtuvieron mayores índices de filtración marginal inmediata que las restauraciones realizadas con cuña y matriz

transparente, 2) La técnica en bloque fue la que presentó mayor número de restauraciones con filtración marginal inmediata. Entre el resto de las técnicas incrementales no hubo diferencias significativas y 3) la pared con mayor filtración marginal inmediata fue la pared gingival, sobretodo al emplear la combinación de cuña de madera-matriz metálica²⁹.



Gráfico 12. Esquema de las técnicas de restauración. Tomado de Pastor Conesa et al.,2000.

Opdam et al.⁴⁵ también compararon la aplicación en bloque y la aplicación por técnica incremental de resina compuesta en 48 dientes con cavidades clase I. Los resultados demostraron una alta incidencia de brechas marginales cuando el material restaurador fue insertado en bloque.

En otro estudio, también, de Opdam *et al.*³⁶ evaluaron la microfiltración de 144 restauraciones clase II, *in vivo*, donde compararon diferentes sistemas adhesivos (sistema de grabado total y sistema de imprimador auto-grabador) y técnicas de aplicación (con matriz metálicas y transparentes).

Los sistemas adhesivos empleados con grabado total mostraron una mínima microfiltración en dentina, pero las restauraciones que se realizaron empleando los sistemas adhesivos sin grabado total y con imprimadores auto-grabadores, mostraron una mayor microfiltración a nivel de esmalte. Esto podría explicarse por el hecho de que el efecto de grabado al esmalte es menor en comparación con los agentes de grabado convencionales. Por otro lado, no hubo diferencias en la microfiltración marginal en cuanto al tipo de matriz empleado³⁶.

Chuang *et al.*¹⁰ realizaron un estudio, *in vitro*, donde determinaron la influencia del empleo de resinas fluidas, como capa intermedia entre la capa de adhesivo y la resina compuesta, en la microfiltración marginal y la presencia de poros internos en restauraciones clase II.

Se concluyó en este estudio, de acuerdo, a los resultados

obtenidos que las resinas fluidas aplicadas en el piso gingival de restauraciones clase II, reducen la presencia de vacíos o poros a nivel de la interfase diente-restauración, pero no mejora el sellado marginal gingival ¹⁰.

En otro estudio, también, realizado por Chuang *et al.*¹¹ y donde también determinaron la influencia de la resina fluida, en la microfiltración marginal y formación de vacíos internos en la restauración. Se obtuvieron iguales resultados que en el estudio anterior, pero además, se demostró que no existe ninguna correlación entre la extensión de la microfiltración y la presencia de vacíos internos en la restauración¹¹.

En cuanto a las recientes resinas compuestas densas o empacables, los fabricantes recomiendan aplicarlas en incrementos, de aproximadamente, 5 mm de espesor. Con respecto, a esta recomendación Price *et al.*⁴⁶ evaluaron la resistencia de unión de dos resinas compuestas densas y una resina compuesta convencional, aplicados en incrementos de 2 y de 5 mm de espesor.

Price *et al.*⁴⁶ demostraron que la resistencia de unión de las resinas compuestas disminuyen al incrementar el espesor del

material aplicado, es decir, encontraron menores valores de resistencia de unión cuando se polimerizó incrementos de 5 mm de espesor que en espesores de 2 mm. Además las dos resinas compuestas densas o empacables evaluadas presentaron menor resistencia de unión que las resinas compuestas semidensas o convencionales cuando fueron polimerizadas en espesores de 5 mm⁴⁶.

Meiers *et al.*¹⁴ compararon la microfiltración, en preparaciones cavitarias (Clase V), de tres resinas compuestas empacables y una resina compuesta híbrida. Los resultados del estudio demostraron que las resinas compuestas densas o empacables, cuando son aplicadas en bloque, producen mas microfracturas en el esmalte que la restauración realizada con la resina compuesta híbrida.

Todos los grupos de restauraciones de resina compuesta tanto densas como semidensas híbrida presentaron mas microfiltración a nivel de dentina que a nivel de esmalte. La restauración realizada con la resina compuesta híbrida fue la que presentó menor microfiltración en dentina¹⁴.

Meiers *et al.*¹⁴ plantean realizar futuras investigaciones para

determinar si estos resultados son debido a las características inherentes a la composición de las resinas compuestas empacables, o si fue el modo de curado o de aplicación del material restaurador usado en este estudio o si es el resultado del diseño de la cavidad.

Al analizar la composición de las resinas compuestas densas, estas presentan sus partículas de relleno entrelazadas y trabadas, este efecto puede disminuir la capacidad de fluidez y deformación del material, que compensa las tensiones, generadas durante la contracción de polimerización, hacia las paredes cavitarias¹⁴.

2.3. Caries de recidiva

La caries de recidiva, también, llamada caries secundaria es una lesión localizada específicamente, en el margen de las restauraciones^{47,48}. La caries secundaria presenta una alta prevalencia en los márgenes gingivales de las restauraciones correspondientes a cavidades clase II, III, IV y V⁴⁷ (Gráfico 13). En cambio, las restauraciones de cavidades clase I y IV, cuyos márgenes cavosuperficiales no alcanzan el área gingival, usualmente, no se asocian al desarrollo de la caries secundaria.

Los factores predisponentes al desarrollo de una caries secundaria en el margen gingival de una restauración son: la técnica de la restauración, las propiedades de los materiales restauradores y la higiene bucal. En cuanto a la técnica de restauración, el control de la humedad, incluyendo el empleo del dique de goma, es más difícil en el margen gingival de las preparaciones cavitarias clases II, III, IV y V que en cualquier otra área, principalmente, si el margen gingival se localiza en un área subgingival⁴⁷.

Los factores predisponentes al desarrollo de una caries secundaria en el margen gingival de una restauración son: la técnica de la restauración, las propiedades de los materiales restauradores y la higiene bucal. En cuanto a la técnica de restauración, el control de la humedad, incluyendo el empleo del dique de goma, es más difícil en el margen gingival de las preparaciones cavitarias clases II, III, IV y V que en cualquier otra área, principalmente, si el margen gingival se localiza en un área subgingival⁴⁷.



Gráfico 13. Fotografía de restauración de resina compuesta de una cavidad clase V con una lesión de caries gingival, blanda y pigmentada. Todo el margen de la restauración se encuentra pigmentado. Tomado de *Mjör y Toffenetti, 2001*.

Además, la inspección visual del piso gingival durante el procedimiento de inserción del material restaurador se dificulta, al igual que, la colocación adecuada de la matriz y de la cuña interproximal^{44,45}. La colocación incorrecta de la matriz y de la cuña puede originar márgenes sobresalientes de la restauración, que facilitan la acumulación de placa dental y pueden conducir a la formación de caries secundaria^{47,49}.

Al analizar las propiedades de los materiales restauradores, debemos tener presente el problema inherente de contracción de polimerización que presentan las resinas compuestas^{47,48}. Según, Mjör y Toffenetti⁴⁷ esta contracción de polimerización tiende a separar el material desde los márgenes cavosuperficiales, especialmente, si el margen se encuentra en dentina.

En cuanto a las medidas de higiene bucal a nivel de los márgenes gingivales de las restauraciones, se deben reforzar las instrucciones de control de placa dental a ese nivel. La caries de recidiva puede prevenirse con medidas preventivas como aplicaciones de fluoruros y control de placa dental. Aunque, se desconoce, todavía, la concentración de fluoruro necesaria para prevenir la caries secundaria, ya que esta puede variar de acuerdo a los factores individuales de riesgo a caries del paciente⁴⁷.

La caries secundaria se desarrolla fundamentalmente, en presencia de placa cariogénica y nunca en ausencia de la misma, independientemente, de la técnica de restauración y del material restaurador empleado. Por lo tanto, son los hábitos de higiene bucal del paciente los que determinan el desarrollo de la caries secundaria y no el hecho de que este tenga restauraciones excelentes, aceptables o defectuosas ^{22,50}.

El factor de mayor importancia para la formación de la caries secundaria lo constituye la placa cariogénica. Por ello, la cantidad y la calidad de la placa dental que se desarrolla alrededor de las restauraciones constituye un excelente pronóstico para determinar la longevidad de las restauraciones que otros criterios de evaluación⁵⁰.

Estudios histopatológicos *in vitro* donde se observaron las lesiones de caries secundaria bajo microscopia de luz polarizada, reveló dos zonas de caries secundaria, una zona externa y una zona interna que se une al margen cavosuperficial ⁴⁷.

La zona externa presenta los rasgos característicos de la caries primaria. La apariencia clínica del inicio de la lesión es la típica mancha blanca opaca que contrasta con el brillo del esmalte

intacto, pero puede estar afectado por el color o los componentes del material restaurador adyacente, como los productos de corrosión de la amalgama dental. Cuando la lesión inicial progresa, la capa superficial puede romperse y aparecer una lesión cavitada adyacente a la restauración ⁴⁷.

La extensión de la caries secundaria en la unión amelodentinaria ocurre de la misma manera que en la caries primaria. La zona interna de la caries secundaria se origina por la progresión de la zona externa, que sigue la dirección de los prismas adamantinos. Si los prismas de esmalte alcanzan la interfase diente-restauración desde una lesión superficial tendrá el aspecto de una *lesión de pared* ⁴⁷.

El origen de la lesión se encuentra en la sub-superficie del esmalte y no es el resultado de una microfiltración a nivel de la interfase diente-restauración ⁴⁷. Un estudio realizado por Mjör⁵¹, sobre los defectos marginales de restauraciones de amalgama y resina compuesta con y sin caries secundaria, concluyó que la caries secundaria se origina como una lesión externa y no en la interfase diente-restauración. Gráfico 14

Mjör y Toffenetti⁴⁷ presentaron una serie de casos clínicos *in*

vivo, donde demuestran que la presencia de dentina reblandecida y pigmentada adyacente a una restauración, es indicativo de una lesión de superficie o de una lesión que ha permanecido durante el procedimiento restaurador previo. Para Thylstrup y Fejerskov no hay razón para considerar a la caries secundaria diferente de la caries primaria⁴⁹.



Gráfico 14. Fotografía donde se observa la eliminación de la restauración observada en el gráfico anterior. La mayoría del material de base está todavía intacto. El tejido blando pigmentado (marrón) situado en el tercio gingival está bien localizado y es una lesión de superficie característica adyacente a la restauración. *Tomado de Mjör y Toffenetti, 2001.*

Jokstad *et al.*⁵⁰ revelan que secciones de dientes restaurados con caries secundaria muestran una lesión de caries subsuperficial

no relacionada con una lesión a nivel de las paredes cavitarias. La caries secundaria es un fenómeno localizado relacionado con las condiciones que favorecen el crecimiento de la placa cariogénica, en vez de un *ataque universal* de bacterias cariogénicas a lo largo de la interfase diente-restauración⁴⁷.

En cuanto a la microbiología de la caries de recidiva es idéntica a la de la caries primaria. La caries secundaria es una caries primaria adyacente a las restauraciones, donde se han encontrado muestras bacteriológicas en los márgenes de las restauraciones de *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus*. Además, la lesión de caries secundaria puede ser activa o detenida y debe ser tratada de acuerdo a ello⁴⁷.

Svanberg *et al.*⁵² señalan que las muestras de placa dental, de los márgenes de restauraciones de amalgama, resina compuesta y de ionómero de vidrio, difieren en cuanto a su composición bacteriana, incluyendo la proporción de *Streptococcus mutans*.

Wallman y Krasse⁵³ refieren que una cifra reducida de *Streptococcus mutans* en la saliva no excluye una alta concentración de estos microorganismos en la placa dental del margen de alguna restauración.

En una evaluación clínica de 51 restauraciones directas de resina compuesta de cavidades clase II durante 5 años, realizada por Köhler et al⁵⁴, mostró que 8 de 11 pacientes con restauraciones que fallaron por caries secundaria y defectos marginales tenían cantidades altas de *Streptococcus mutans* en saliva en comparación con el resto de pacientes. Por lo que, los autores sugirieron que la actividad y riesgo de caries debe ser manejada para evitar futuras lesiones de caries secundaria.

van Dijken⁵⁵ llevó a cabo un estudio clínico donde parte del diseño del estudio fue clasificar a los pacientes de acuerdo al riesgo de caries, por medio, de pruebas de contajes de *Streptococcus mutans*, higiene bucal, niveles de flujo salival, valores de la capacidad amortiguadora de la saliva y dieta. En este estudio de 150 restauraciones, 7 presentaron caries secundaria y todos los pacientes que desarrollaron caries secundaria, excepto uno, pertenecían al grupo de alto riesgo de caries.

En otro estudio, también realizado por van Dijken²¹, se evaluaron 96 incrustaciones (por técnica directa) con y sin protección cuspídea y 33 restauraciones directas de resina compuesta, durante 11 años en 40 pacientes, donde un 45% de

ellos fueron considerados de alto riesgo de caries. La caries secundaria representó la tercera causa de falla de las restauraciones evaluadas, lo que demostró en este estudio una baja frecuencia de caries secundaria en pacientes de alto riesgo de caries.

El porcentaje de caries secundaria fue de 4,2% para las incrustaciones y 9,1% para las restauraciones directas de resina compuesta. También, se apreciaron diferencias en cuanto a la profundidad de penetración de las lesiones de caries. Las caries secundarias presentes en los márgenes de las incrustaciones eran superficiales, mientras que, las caries secundarias presentes en los márgenes de las restauraciones directas de resina compuesta presentaron una profundidad de moderada a profunda. El autor recomendó al final del estudio el empleo de incrustaciones de resina compuesta por técnica directa, específicamente, en cavidades clase II, de pacientes de alto riesgo de caries²¹.

Es difícil diagnosticar clínicamente la caries secundaria. Los parámetros clínicos para determinar la actividad y extensión de la lesión son: a) la consistencia o dureza, b) la presencia de cavidad y c) el color de la dentina y el esmalte. La consistencia o dureza del tejido dentario es el parámetro de mayor importancia que el

color del esmalte y la dentina, en la determinación final de la extensión y de la actividad de caries ⁴⁷. En cuanto a las radiografías estas poseen un valor limitado en el diagnóstico de las caries secundarias debido al efecto de sombra del material restaurador⁴⁷.

Las pigmentaciones ubicadas a nivel de los márgenes de las restauraciones no se consideran un criterio válido para el diagnóstico de la caries secundaria activa⁵⁶. Sin embargo, en un estudio realizado por Shimuzi *et al.*⁵⁷, donde evaluaron 68 restauraciones directas de resina compuesta, durante 10 años, 8 de las restauraciones evaluadas, presentaron caries secundaria, estas lesiones fueron observadas como defectos pigmentados a nivel de los surcos o ranuras oclusales adyacentes a los márgenes de las restauraciones, los autores indicaron que pigmentaciones marginales de las restauraciones podrían indicar el inicio de la caries secundaria.

Jokstad *et al.*⁵⁰ señalan que no existe correlación entre las discrepancias marginales de las restauraciones y el desarrollo de la caries secundaria. Pero, Roulet⁵⁸ enfatiza la relación directa entre la caries secundaria y las brechas o espacios marginales, por ser áreas donde se acumula y retiene la placa dental, por lo

que señala la relevancia clínica de la integridad marginal en la longevidad de las restauraciones.

Por otro lado, Goldberg *et al.*⁵⁹ demostraron la correlación existente entre la caries secundaria, integridad marginal y sangramiento gingival, donde observaron que una higiene bucal deficiente sobre márgenes de restauraciones defectuosos están asociadas a la presencia de caries secundaria.

2.4.Estabilidad del color

Para que una restauración de resina compuesta sea considerada satisfactoria a largo plazo debe cumplir con una serie de requisitos, que incluyen la armonía óptica. En la actualidad, las resinas compuestas tienen una amplia gama de colores, con diferentes matices y translucidez, que brindan al operador la posibilidad de imitar las características cromáticas en distintas situaciones clínicas que se puedan presentar³.

Para asegurar la estética en las restauraciones de resina compuesta se imita la translucidez del esmalte. El índice de refracción de las partículas de relleno debe estar cercano al de la matriz de resina. Es por ello, que el bis-GMA y el TEGDMA, mezclados en proporciones iguales, da un índice de refracción de

1,5 y muchos de los cristales (zirconio, estroncio, bario) empleados en el relleno, también tienen índices de refracción cercanos a 1,5².

Pero, además de la translucidez, la resina compuesta también debe tener matiz o coloración visual para simular la apariencia del diente, esto se logra, a través, de la adición de diferentes pigmentos que son generalmente, óxidos metálicos agregados en pequeñas cantidades².

También, se agregan a la resina otros modificadores ópticos llamados opacadores que aumentan el valor de la resina, por su capacidad de reflejar la luz, estos son el dióxido de titanio y el óxido de aluminio, los cuales son agregados en pequeñas cantidades².

Todos aquellos elementos que le brindan matiz y translucidez a la resina compuesta afectan la capacidad de transmisión de la luz. Es por esto, que los fabricantes recomiendan que los matices oscuros y los opacadores sean colocados en capas delgadas para optimizar el polimerizado².

Entre los factores que pueden alterar la estabilidad del color de

los materiales restauradores estéticos, tenemos, la degradación de productos residuales, la absorción acuosa, la textura superficial y el grado de polimerización⁶⁰. En cuanto a este último, las restauraciones con una polimerización insuficiente de la matriz pueden pigmentarse más rápido que aquellas con una matriz bien polimerizada y para los materiales fotocurados, esto depende, entre otros factores, de una adecuada intensidad de la luz⁵⁰.

Se ha comprobado, que las resinas compuestas fotopolimerizables tienen una estabilidad cromática muy superior a la de los sistemas resinosos autopolimerizables, porque los últimos poseen aminas terciarias aromáticas muy reactivas, que forman interacciones químicas complejas, que conllevan a una pigmentación intrínseca¹.

Los sistemas resinosos fotopolimerizables, también, contienen aminas terciarias, pero, no aromáticas llamadas aminas terciarias alifáticas y son consideradas menos reactivas, esto se traduce en una resina compuesta que posee menos aminas terciarias residuales presentes y mayor estabilidad cromática¹.

Un factor a tomar en cuenta para mantener la estabilidad cromática de la restauración de resina compuesta es el tamaño de

las partículas de relleno, ya que con el desgaste sufrido por la restauración por la acción de abrasivos de la pasta dental o el roce de los alimentos, se pierde la porción orgánica quedando expuestas las partículas de relleno que producen irregularidades en la superficie. Cuando se trata de resinas compuestas híbridas las irregularidades de la superficie son mas marcadas por el tamaño de las partículas de relleno, lo que se traduce en alteraciones de la reflexión de la luz y la armonía óptica³.

Cuando se emplean resinas compuestas de microrelleno, con partículas de tamaño promedio de 0,04 micras, como el sílice coloidal, no se ve afectada la estabilidad del color a largo plazo, porque la luz es una radiación electromagnética de entre 0,4 y 0,7 micras (400 a 700 nm)³.

En consecuencia, desde el punto de vista estético, cuando se realizan restauraciones en el sector anterior, se debe tener la información acerca del tamaño de partículas de relleno que contiene la resina compuesta seleccionada; porque a menor tamaño, mayor posibilidad de mantenimiento de la superficie lisa, del brillo y de la estabilidad cromática de la restauración³.

Las resinas compuestas son consideradas como el material

estético restaurador que tiene propiedades ópticas superiores, cuando se los compara, con los materiales de cemento de vidrio ionómero modificado con resina compuesta, y estos a su vez, son superiores a los cementos de vidrio ionómero convencionales⁵⁰.

van Dijken⁶⁰ realizó un estudio *in vivo* donde evaluó 138 restauraciones de cavidades clase III, colocadas en 46 pacientes, durante 6 años, donde 49 restauraciones fueron realizadas con resina compuesta modificada con poliácido (compómero), 41 restauraciones con cemento de vidrio ionómero modificado con resina compuesta y 51 restauraciones con resina compuesta, con la finalidad de apreciar el comportamiento clínico de los tres materiales restauradores.

Al finalizar el estudio se pudo apreciar que las restauraciones realizadas con resina compuesta mostraron una excelente estabilidad del color, en comparación con los demás materiales restauradores evaluados⁶⁰.

van Dijken⁶⁰ concluyó que la resina compuesta fue el material restaurador mas estético después de 6 años y señaló que las razones del cambio del color de los materiales restauradores híbridos podrían deberse a que estos contienen un alto porcentaje

de monómeros hidrofílicos que aumentan la absorción acuosa, además por el grado de polimerización y la reacción ácido-básica de los mismos.

de Araujo *et al.*⁶¹ realizaron una evaluación clínica donde compararon restauraciones de cavidades clase III de resinas compuestas y de cementos de vidrio ionómero durante 2 años. Se seleccionaron 42 cavidades clase III, de los cuales 21 fueron restauradas con resina compuesta y las 21 restantes con cemento de vidrio ionómero. Durante el estudio se evaluó la estética o el color, la anatomía, la textura superficial, la filtración marginal, la retención de placa dental y la presencia de fractura.

Después de 24 meses de estudio la única diferencia significativa entre las restauraciones de cemento de vidrio ionómero y de resina compuesta fue la estética, ya que los segundos presentaron una mayor estabilidad del color y los cementos de vidrio ionómero, se caracterizaron por ser opacos y sin translucidez⁶¹.

Por otro lado, Shimizu *et al.*⁵⁷ realizaron una evaluación clínica durante 10 años de 91 restauraciones de resina compuesta en el sector posterior, donde evaluaron la sensibilidad posoperatoria, la

presencia de caries de recidiva, la pigmentación marginal, el desgaste, la adaptación marginal, la textura superficial, la fractura de la restauración y la estabilidad del color.

En cuanto a la estabilidad del color, después de 10 años no hubo casos de pigmentación severa de las restauraciones. Aunque, un 5% de las restauraciones presentaron pigmentaciones que fueron removidas con facilidad, a través, de profilaxis y pulido⁵⁷.

La armonía óptica entre la restauración y el diente restaurado es un factor importante que contribuye con la longevidad de las restauraciones. La desigualdad del color entre la restauración y el diente restaurado se incrementó después de 5 años, hasta alcanzar a los 10 años un 72% de las restauraciones. El incremento en la desigualdad del color entre la restauración y el diente restaurado no fue debido a cambios en el color de la resina compuesta, sino a cambios del diente restaurado, el cual, se tornó hacia tonos amarillentos, a través del tiempo⁵⁷.

En un estudio de 52 pares de restauraciones de resina compuesta de microrelleno en cavidades clase III, durante 11 años, la pigmentación de la superficie de las restauraciones fue mas frecuente entre pacientes fumadores y se encontró una

correlación significativa entre los pacientes consumidores de bebidas alcohólicas y la pigmentación del cuerpo y superficie de las restauraciones⁵⁰.

Scheibenbogen-Fuchsbrunner *et al.*⁶² realizaron una evaluación clínica durante dos años, donde compararon el comportamiento clínico de 43 restauraciones directas de resina compuesta y 45 restauraciones indirectas de resina compuesta. Se evaluaron la integridad marginal, textura superficial, anatomía, sensibilidad posoperatoria, integridad del diente, integridad de la restauración y estabilidad del color. En cuanto a esta última, después de 24 meses no hubo diferencias significativas entre las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta, un 60% de las primeras y 50% de las segundas presentaron una excelente estabilidad del color después de 2 años.

Las pruebas empleadas para el estudio *in vitro* de la estabilidad del color de los materiales restauradores emplean fuentes de luz de alta intensidad y líquidos con alta cromaticidad. No existen pruebas que correlacionen los hallazgos de laboratorio con las observaciones clínicas de pigmentación. Los complejos eventos que producen la pigmentación de la restauración en el medio bucal son poco conocidos. La pigmentación marginal y del cuerpo del

material restaurador varía considerablemente entre diferentes tipos de materiales restauradores⁵⁰.

A propósito de los estudios *in vitro*, Burrow y Makinson⁶³ realizaron un estudio donde examinaron el efecto de la luz solar y del agua, como técnica de envejecimiento acelerado, sobre el color de 16 resinas compuestas, durante 6 meses. Los resultados del estudio demostraron ligeros cambios de color de algunas muestras bajo el efecto individual de la luz solar y del agua. Pero, se observaron cambios severos del color en algunas muestras de resina compuesta cuando fueron sometidas a la luz solar y al agua combinados.

Sin embargo, los autores sugieren que *in vivo* las resinas compuestas pueden presentar pigmentaciones marcadas principalmente, por la absorción de alimentos con colorantes que por el efecto de la luz y el agua⁶³.

2.5. Integridad marginal

Se considera la integridad marginal como el criterio mas importante que determina la longevidad de la restauración, ya que, la presencia de brechas o defectos localizados en la interfase diente-restauración pueden originar microfiltración marginal,

sensibilidad posoperatoria y caries de recidiva ^{10,36,58,64}.

El área mas crítica, para lograr una adecuada adaptación marginal de la restauración y que presenta con mayor frecuencia defectos marginales, corresponde al margen gingival o cervical de las cavidades proximales (clase II)^{10,21}.

Con la finalidad de mejorar el sellado marginal de esta área gingival, en las restauraciones directas de resina compuesta, se han diseñado varias técnicas de restauración, tales como: a) la técnica incremental para reducir las tensiones de la contracción de polimerización, b) el empleo de resinas compuestas autocuradas, c) el empleo de bases cavitarias de cemento de vidrio ionómero y d) el empleo de resinas compuestas fluídas, estas tres últimas, a nivel del margen gingival de las cavidades proximales¹⁰.

La integridad marginal de las restauraciones de resina compuesta están influenciadas por factores como: tensiones originadas por la contracción de polimerización, configuración de la cavidad, resistencia de unión de los sistemas adhesivos, absorción acuosa, módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica del material restaurador^{31,32,44,65}.

La adaptación marginal, también, puede estar afectada por el desgaste de la resina compuesta, un contorno cavitario inapropiado donde el área de contacto oclusal está sobre el contorno marginal de la cavidad y deficiencias en la adhesión de la resina compuesta a los márgenes cavitarios⁵⁷.

Las tensiones creadas por la contracción de polimerización se consideran como el factor principal que origina la formación de brechas o defectos marginales^{11,65}. Por otro lado, se señala que los defectos marginales de las restauraciones de resina compuesta pueden originarse cuando la capacidad del sistema adhesivo es insuficiente para resistir las tensiones de la contracción de polimerización³⁶.

Kemp-Scholte y Davidson⁶⁵ realizaron un estudio *in vitro* donde evaluaron los efectos sobre la adaptación marginal y su relación con la resistencia de unión durante la aplicación del material restaurador, de varios sistemas adhesivos con sus correspondientes resinas compuestas en 150 cavidades clase V en dientes extraídos de bovino y no encontraron una correlación directa entre la resistencia de unión y la adaptación marginal.

Lui *et al.*⁶⁶ analizaron *in vitro* la integridad marginal y la

microfiltración de restauraciones de resinas compuestas en cavidades clase II, colocadas en molares extraídos, donde compararon varias resinas compuestas y diferentes técnicas de restauración (técnica incremental y técnica *en bloque*).

Los resultados demostraron que en los márgenes oclusales, las restauraciones realizadas, a través de, la técnica incremental presentó menos microfiltración que las restauraciones realizadas con la técnica en bloque. Al analizar la integridad marginal, para todas las restauraciones, la adaptación marginal cervical fue significativamente, inferior que la adaptación marginal oclusal y proximal. Esto fue atribuido al efecto de la contracción de polimerización, a una inadecuada adaptación de la resina compuesta, a diferencias en la estructura del esmalte del margen gingival y a la dificultad de acceso del cajón proximal⁶⁶.

En las restauraciones realizadas con la técnica incremental, se observó ocasionalmente, que al aplicar los incrementos, entre un incremento y otro, se forman poros e irregularidades en la superficie que puede ser una desventaja porque facilita la acumulación de placa dental⁶⁶.

Chuang *et al.*¹¹ señalan que la aplicación de resinas

compuestas fluidas por debajo de las resinas compuestas semidensas en cavidades clase II, pueden efectivamente, reducir la formación de vacíos o poros a nivel de la interfase diente-restauración y en la restauración misma, pero no necesariamente, mejora el sellado marginal.

Dietrich *et al.*⁶⁷ realizaron un estudio *in vitro* para evaluar la adaptación marginal de varias técnicas de restauración en cavidades mesio-ocluso-distales con márgenes gingivales en dentina restauradas con resina compuesta. Se compararon la técnica laminada, la técnica de restauración con adhesión total y la técnica con base cavitaria.

Se emplearon 120 molares humanos extraídos, divididos en 15 grupos. En la técnica laminada se empleó, a nivel del margen cervical del cajón proximal, cemento de vidrio ionómero modificado con resina compuesta y resina compuesta modificada con poliácido (compómero), ambos grupos se restauraron con resina compuesta. En la técnica de adhesión total se empleó sólo la resina compuesta y en la técnica con base cavitaria, se empleó un cemento de vidrio ionómero y se restauró con resina compuesta⁶⁷.

Los resultados del estudio demostraron una mejor adaptación

marginal en aquellas restauraciones realizadas con la técnica laminada, y de estos dos tipos la que mejor adaptación marginal presentó fue la del grupo donde se empleó cemento de vidrio ionómero modificado con resina. En cambio, las restauraciones realizadas con adhesión total y con base cavitaria presentaron una pobre adaptación marginal por la presencia de brechas y defectos marginales. Este estudio enfatiza la necesidad de desarrollar abordajes innovadores para asegurar una apropiada adaptación marginal en márgenes cavitarios localizados en dentina ⁶⁷.

En el margen cervical, a pesar, del cuidadoso acuñaamiento de la matriz, el material restaurador puede fluir mas allá del margen cavosuperficial proximal. Cuando el material restaurador ocupa una concavidad del área cervical del diente, el exceso es difícil de remover. En particular, el empleo de tiras de acabado es inefectiva, a nivel, de la superficie proximal convexa restaurada si el exceso también, se presenta sobre los márgenes proximo-lingual y proximo-bucal⁶⁶.

Los márgenes cervicales en subcontorno o subobturado puede ser el resultado de la dificultad de colocar el material restaurador plenamente, en el ajustado y estrecho ángulo formado por la banda matriz y el margen cavosuperficial, atrapamiento de aire y la

dificultad de aplicar el material con los instrumentos manuales por la naturaleza viscosa y pegajosa del material ⁶⁶.

Sobre la superficie oclusal, los márgenes sobreobturados de la restauración se encuentran contiguos a ranuras o defectos estructurales, donde, con frecuencia, los instrumentos de acabado y pulido no tienen acceso. De acuerdo al número de defectos estructurales de la superficie oclusal, los márgenes sobreobturados o en sobrecontorno constituye cerca de un 10% ⁶⁶.

Manhart *et al.*⁴⁴ realizaron un estudio *in vitro*, cuyo propósito fue determinar la calidad marginal y microfiltración marginal en márgenes en dentina y esmalte, tras la aplicación de diferentes sistemas adhesivos de grabado total con sus correspondientes resinas compuestas, en 90 cavidades clase V de molares humanos extraídos.

Los resultados demostraron al comparar la calidad marginal entre los márgenes de esmalte y dentina, diferencias significativas, donde se observó mayor porcentaje de márgenes adaptados y menor presencia de brechas marginales a nivel de los márgenes de esmalte. En cuanto a la microfiltración marginal, se observó un mayor porcentaje de microfiltración a nivel de los márgenes en

dentina⁴⁴.

Ningún sistema de adhesión evaluado garantizó un perfecto sellado marginal tanto en dentina como en esmalte. A pesar de las mejoras en las formulaciones de los sistemas adhesivos actuales, la calidad marginal y capacidad de sellado de los sistemas adhesivos para dentina, a través, de la técnica de dentina húmeda, es aún, inferior en comparación con los márgenes en esmalte⁴⁴.

Esto coincide con Kemp-Scholte y Davidson⁶⁵ que señalan, que aún cuando los sistemas adhesivos cumplen con los requisitos de una retención micromecánica, ninguno de ellos hasta ahora ofrecen un perfecto sellado marginal, en el caso de cavidades clase V.

Collins *et al.*⁶⁸ realizaron una evaluación clínica, de 8 años de duración, de 213 restauraciones directas de resina compuesta en cavidades clase I y II, realizadas en 46 pacientes. Las restauraciones se realizaron con tres tipos diferentes de resina compuesta y restauraciones de amalgama, como control.

Todos los pacientes recibieron al menos una restauración de cada tipo de material: una resina compuesta de microrelleno,

resina compuesta híbrida de finas partículas (0,5-1,0 micras de partículas de relleno mas microrelleno), resina compuesta híbrida de partículas gruesas (1-5 micras de partículas de relleno mas microrelleno) y de amalgama⁶⁸.

En este estudio se evaluó el desgaste, la adaptación marginal, pigmentación marginal, textura superficial, contacto proximal, sensibilidad posoperatoria, condición de los tejidos gingivales y presencia de caries de recidiva. En cuanto, a la adaptación marginal, los resultados demostraron que los márgenes de las restauraciones de amalgama presentaron más defectos marginales que los tres tipos de restauraciones de resina compuesta⁶⁸.

Pero, al comparar los tres tipos de resinas compuestas, fueron las restauraciones de resina compuesta híbridas de partículas gruesas que presentaron mejor adaptación marginal. Mientras que, en las restauraciones de resina compuesta de microrelleno e híbridas de finas partículas se observaron defectos marginales comparables⁶⁸.

La adaptación marginal de las restauraciones directas de resina compuesta sufren de alteraciones en el tiempo, esto fue

demostrado por Shimizu *et al.*⁵⁷, quienes en su evaluación clínica longitudinal de 10 años, en 91 restauraciones directas de resina compuesta fotocurada, observaron un deterioro progresivo de los márgenes de las restauraciones en el tiempo. El deterioro marginal pudo ser apreciado, a través, del explorador y a simple vista, después de 4 años en un 28 % de los casos, incrementándose a un 43% a los 8 años y finalmente, a un 60 % de los casos a los 10 años.

Shimizu *et al.*⁵⁷ señalan como causa del deterioro progresivo en el tiempo de la adaptación marginal, el desgaste de la resina compuesta, el desgaste del diente restaurado, la relación oclusal y los cambios en la oclusión.

Yoshikawa *et al.*⁶⁹ estudiaron el efecto de dos tipos de sistemas adhesivos (fotocurado y autocurado) y dos métodos de fotocurado (de inicio gradual y convencional) sobre el sellado marginal y la adaptación a las paredes cavitarias de las restauraciones de resina compuesta con diferentes factores C.

El método de fotocurado de inicio gradual consiste en aplicar una intensidad de luz de 270 mW/cm² durante los primeros 10 segundos y 600 mW/cm² durante los 50 segundos posteriores. En

el caso del método de fotocurado convencional consistió en aplicar una intensidad de luz de 600 mW/cm^2 durante 60 segundos ⁶⁹.

Los resultados del estudio demostraron que la formación de brechas marginales en las paredes cavitarias se incrementa cuando el factor C es mayor, excepto en el caso donde se empleó un sistema adhesivo autocurado, el cual mostró buen sellado marginal y adaptación de la resina compuesta a las paredes cavitarias, a pesar del método de fotocurado y del factor C ⁶⁹.

Yoshikawa *et al.*⁶⁹ concluyeron que la combinación de un sistema adhesivo autocurado y un método de curado de inicio gradual puede ser efectivo en reducir las tensiones por la contracción de polimerización en cavidades con alto factor C.

Además, presumen que al aplicar un sistema adhesivo autocurado se puede superar las tensiones de la contracción de polimerización porque permiten que durante la fotopolimerización de la resina compuesta, esta pueda *fluir y liberar las tensiones* mientras se da el lento proceso de curado del adhesivo ⁶⁹.

Con respecto a las incrustaciones de resina compuesta es posible obtener márgenes bien adaptados, a nivel de márgenes

cervicales, aún cuando estos márgenes se ubiquen en dentina⁵⁶. A propósito van Dijken²¹ señala que una de las ventajas de las incrustaciones de resina compuesta con respecto a las restauraciones directas de resina compuesta es, precisamente, la mejor adaptación marginal lograda por las mínimas tensiones de contracción de polimerización de este tipo de restauraciones.

Sin embargo, las incrustaciones estéticas son cementadas en las preparaciones cavitarias con cemento resinoso, esta capa de cemento es más susceptible al desgaste en comparación con la alta resistencia al desgaste que tienen las incrustaciones de resina compuesta^{56,64}. Además, se ha considerado a los márgenes cavitarios de las restauraciones indirectas de resina compuesta como las zonas más críticas y a la interfase cemento-incrustación como el eslabón más débil de la cadena adhesiva, por el alto grado de conversión de los monómeros, lo que ocasiona menos radicales libres para la unión con el cemento⁵⁷.

Estudios donde se ha medido el espesor de la capa de cemento en incrustaciones de resina compuesta se han publicado diferentes resultados que oscilan entre 10 y 200 micras, en comparación a los 25 a 50 micras observados en las incrustaciones metálicas^{70,71}. Las brechas marginales de las incrustaciones de resina compuesta

mayores de 150 micras están asociadas con microfiltración marginal y caries secundaria⁷⁰.

Leinfelder⁶ comparó las brechas marginales entre el método directo y el método indirecto de las incrustaciones de resina compuesta, encontrando que existen brechas marginales más estrechas en la técnica directa, aproximadamente de 20 a 50 micras menos que en la técnica indirecta, posiblemente, esto se deba a que en la técnica indirecta se emplean varios agentes intermedios, como impresiones, modelos y separadores.

En evaluaciones clínicas donde se ha comparado la integridad marginal de las incrustaciones cerámicas y de las incrustaciones de resinas compuestas, se ha podido observar mayores defectos o brechas marginales en las incrustaciones cerámicas por el grado de desgaste del cemento resinoso con respecto al desgaste de las restauraciones. En cambio, en el caso de las incrustaciones de resina compuesta se ha podido apreciar menos defectos marginales, porque el desgaste del cemento resinoso y de la restauración es similar, en más de un 50% de los márgenes evaluados²¹.

La adaptación marginal se dificulta durante el asentamiento de

la incrustación de resina compuesta cuando el cemento resinoso es viscoso e incrementa la amplitud de la capa de cemento entre el diente y la restauración. Este inconveniente puede solventarse con el empleo de la técnica de inserción ultrasónica. La energía ultrasónica produce una reducción temporal en la viscosidad del cemento y permite el asentamiento de la incrustación¹⁸.

Es posible la pérdida de integridad marginal de los márgenes de las incrustaciones de resina compuesta por efecto de la contracción de polimerización del cemento resinoso o por la remoción de partículas de cemento, a través, de instrumentos durante el procedimiento de acabado y pulido^{56, 64}.

La adaptación marginal de las incrustaciones de resina compuesta no permanece inalterable en el tiempo, ya que pueden tornarse rugosos, probablemente, debido a la abrasión o desintegración de la capa superficial del cemento expuesto⁷².

Por ello, recomiendan el empleo de gel de glicerina en los márgenes de la incrustación durante la polimerización del cemento resinoso, para evitar la formación de la capa inhibida por oxígeno, que podría oscilar entre 25 y 200 micras de profundidad y es una de las causas de degradación marginal. También, se ha

comprobado que el uso de este gel de glicerina mejora la adaptación marginal porque evita la remoción parcial de la capa no polimerizada durante el acabado y pulido de la restauración⁷³.

van Dijken²¹ en su evaluación clínica, de 11 años de duración, de 96 incrustaciones y 33 restauraciones directas de resina compuesta, se pudo apreciar que las restauraciones indirectas presentaron mejor adaptación marginal que las restauraciones directas. Por ello, el autor recomienda realizar incrustaciones de resina compuesta en aquellos pacientes con alto riesgo de caries y en cavidades con márgenes cavosuperficiales en dentina, ya que, una óptima adaptación marginal a nivel de la interfase diente-restauración constituye un factor muy importante para prevenir la caries secundaria.

En un estudio *in vivo* realizado por Scheibenbogen-Fuchsbrunner *et al.*⁶² donde compararon el comportamiento clínico, durante 2 años, entre 43 restauraciones directas y 45 restauraciones indirectas de resina compuesta realizadas en premolares y molares.

Las restauraciones tanto directas como indirectas de los premolares presentaron una integridad marginal superior en

comparación con las restauraciones realizadas en los molares. Esto se explica, por la influencia negativa de las tensiones oclusales sobre los dientes posteriores, cuando se trata de restauraciones amplias. Las restauraciones amplias en los dientes posteriores son mas susceptibles a las altas cargas oclusales y tensiones a nivel de la interfase diente-restauración^{56,64}.

Un procedimiento excesivo de acabado y pulido puede poner en peligro la integridad marginal y duración de las restauraciones directas e indirectas de resinas compuestas. Por ello, se recomienda el grabado y sellado de la restauración, de manera de sellar los bordes de la restauración^{5,9}.

El sellado de las restauraciones de resina compuesta consiste en la impregnación e infiltración de los microdefectos superficiales y marginales con resinas compuestas de baja viscosidad. En el mercado se denominan como sellantes de superficie y entre las marcas comerciales podemos mencionar: Permaseal[®] de Ultradent y Fortify[®] de Bisco Dental ^{30,74}.

A nivel microestructural con el sellado se logra la continuidad entre los márgenes de la restauración y la superficie adyacente dentaria, disminución de la degradación estructural del material

restaurador, disminución de la sensibilidad posoperatoria, mayor sellado marginal y disminución de la microfiltración marginal^{30,74}.

Entre los estudios que han demostrado la efectividad del sellado de las restauraciones de resina compuesta en disminuir la microfiltración marginal podemos referir el realizado por Pereira Ramos *et al.*⁷⁴ quienes evaluaron *in vitro* dos sistemas adhesivos, un sellante de superficie y un sellante de fosas y fisuras, como selladores de restauraciones de resina compuesta en cavidades clase V con márgenes oclusales en esmalte y márgenes cervicales en dentina y cemento.

La selección de diferentes sistemas adhesivos, sellantes de superficie y de fosas y fisuras fue basada en la necesidad de investigar como la composición y fluidez del material puede influir en la prevención de la microfiltración marginal, al ser aplicados como selladores de las restauraciones⁷⁴.

Pereira Ramos *et al.*⁷⁴ concluyeron que el sellado de las restauraciones de resina compuesta disminuye sustancialmente, la microfiltración en los márgenes de dentina y cemento y señalan que los agentes adhesivos de baja viscosidad con apropiadas características y formulación, pueden emplearse como sellantes de

superficie, a pesar de que no fueron diseñados para tal fin. En este estudio el empleo de sellante de fosas y fisuras no produjo mejoras en el sellado marginal ni en la microfiltración marginal.

superficie, a pesar de que no fueron diseñados para tal fin. En este estudio el empleo de sellante de fosas y fisuras no produjo mejoras en el sellado marginal ni en la microfiltración marginal.

2.6. Sensibilidad posoperatoria

La sensibilidad dentinaria es un fenómeno complejo y es la teoría Hidrodinámica de Brännström⁷⁵ la más aceptada para entender este mecanismo, que se da, por variaciones de la presión hidrostática mediante el movimiento de fluidos dentro de los túbulos dentinarios que provocan el desplazamiento de las prolongaciones odontoblásticas, que a su vez, estimulan los receptores nerviosos ubicados en la pulpa.

Considerando la Teoría Hidrodinámica, una brecha entre la dentina y la restauración permiten un ligero movimiento de fluidos dentinarios hacia fuera y la filtración de productos microbianos hacia adentro, y también ante estímulos térmicos o mecánicos se produce un súbito movimiento de fluido dentinario⁷⁶.

Durante muchos años, se creía que el grabado ácido de la dentina vital y algunos materiales restauradores como la resina compuesta provocaban sensibilidad e inflamación pulpar^{77,78}. Pero, estudios como el de Cox y Suzuki⁷⁹ y Unemori⁷⁶ demostraron que

el grabado ácido y las resinas compuestas no provocan efectos adversos sobre la pulpa, siempre y cuando, se establezca un buen sellado cavitario. Por ello, estos estudios sugieren que no son necesarios el empleo de protectores dentino-pulpaes y bases cavitarias en las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta.

Sin embargo, algunos investigadores indican el empleo de bases cavitarias y protectores pulpaes en preparaciones cavitarias muy profundas. Este punto de vista ha sido soportado por el hecho de que algunos componentes de los sistemas adhesivos dentinarios son citotóxicos⁸⁰.

Cuando el piso cavitario esta cercano a la pulpa, se incrementa el diámetro de los túbulos dentinarios y el volumen del fluido dentinario que es susceptible a los efectos hidrodinámicos. La resistencia a los movimientos de fluido es proporcional al espesor de la dentina y longitud tubular^{76,80}.

Se conoce que los espesores reducidos de dentina presentan una permeabilidad dentinaria aumentada por incremento del diámetro y número de los túbulos dentinarios. Pero, además, después de la remoción de la capa de desechos y la alteración

estructural de la dentina, a través, del acondicionamiento con ácido fosfórico, aumenta drásticamente, la permeabilidad dentinaria y se ha visto que causa desplazamiento celular. Por esta vía los acondicionadores ácidos pueden contribuir a una inmediata respuesta pulpar^{80,81}.

También, el componente hidrofílico de los adhesivos dentinarios puede promover el movimiento del fluido dentinario hacia el exterior que a su vez, produce desplazamiento de los odontoblastos⁸¹. Se establece, entonces, que la alta permeabilidad dentinaria permiten una mayor difusión de los componentes adhesivos, pero el efecto de la permeabilidad sobre la citotoxicidad depende de la naturaleza de los componentes de estos sistemas adhesivos⁸⁰.

Factores que influyen en la permeabilidad dentinaria, tales como, el espesor de la dentina remanente y la edad de la dentina deben ser considerados cuando se aplican los sistemas adhesivos y resinas compuestas⁸⁰.

Se ha demostrado alargamiento y congestión de vasos sanguíneos, desplazamiento de odontoblastos y deposición de la matriz dentinaria después de la aplicación de sistemas adhesivos

y resina compuesta⁸². La presencia de componentes de resina compuesta en el tejido pulpar promueve una respuesta inflamatoria crónica persistente, con reacción de macrófagos o células gigantes, pero, estas partículas de resina no son solubles ni pueden ser digeridas⁸¹.

Por otro lado, no deben olvidarse los principios establecidos en el pasado y aún válidos en la actualidad, para evitar el daño pulpar durante la preparación cavitaria, a través, de instrumentos rotatorios, donde se deben controlar factores como el calor friccional, la deshidratación dentinaria, la vibración y la contaminación del sustrato dentario⁵⁰.

La sensibilidad posoperatoria es el resultado de una compleja combinación del efecto de la extensión y profundidad de la caries inicial, profundidad de la preparación cavitaria, exposición de la dentina a la saliva, adaptación y sellado del material restaurador y el umbral del dolor del paciente⁵⁰.

La sensibilidad posoperatoria que se presenta en las restauraciones de resina compuesta son el resultado de la falta de sellado en dentina y esmalte. Las razones que causan esta falta de sellado, son esencialmente³⁰:

1) Una insuficiente infiltración del adhesivo al sustrato dentinario (entre las fibras de colágeno y la entrada de los túbulos dentinarios)³⁰. También, se señala una incompleta evaporación de los solventes de los imprimadores antes de la aplicación de los adhesivos dentinarios⁵⁰. Gráfico 15

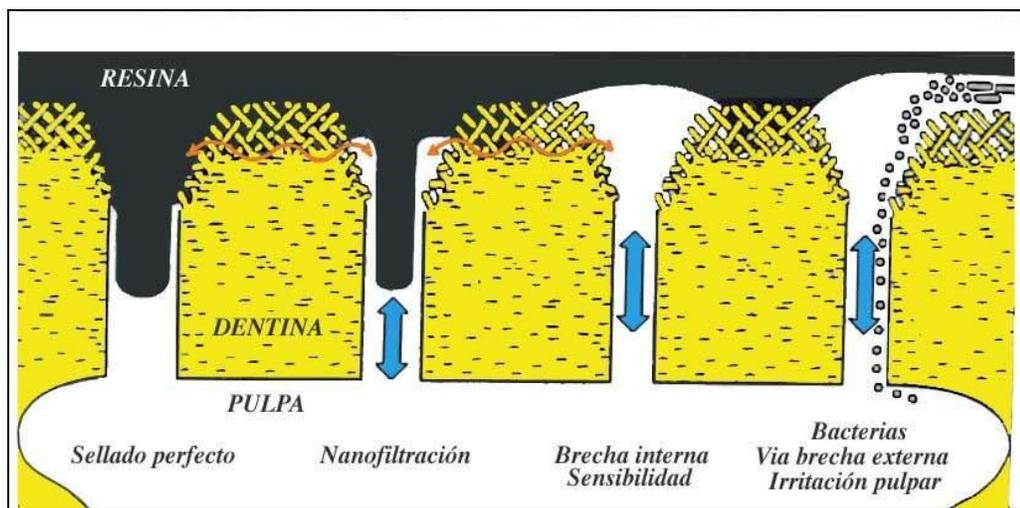


Gráfico 15. Diagrama esquemático sobre Causas de irritación pulpar asociado con la adhesión de la resina compuesta. Tomado de Tessore y Trincherio, 2001

2) Microfracturas en la estructura del esmalte originadas por las tensiones inducidas por la contracción de polimerización, donde la adhesión entre la resina compuesta y el esmalte es muy fuerte^{30,50}.

Para adquirir una capa híbrida por infiltración de los adhesivos dentinarios actuales, es importante dejar la dentina ligeramente

húmeda y no permitir la deshidratación y colapso de las fibras colágenas que evitan la penetración del adhesivo al sustrato dentinario³⁰.

Las tensiones inducidas por la contracción de polimerización dependen del tipo de resina compuesta, de la planimetría cavitaria y de algunas situaciones clínicas. Estos factores podrían originar fuerzas tensionales que superan las fuerzas adhesivas del esmalte y la dentina. Es por ello, que podrían aparecer algunas brechas entre la restauración y el tejido dentario. Pero, donde la adhesión es muy fuerte, como en el esmalte, se pueden originar microfracturas en este tejido³⁰. Gráfico 16

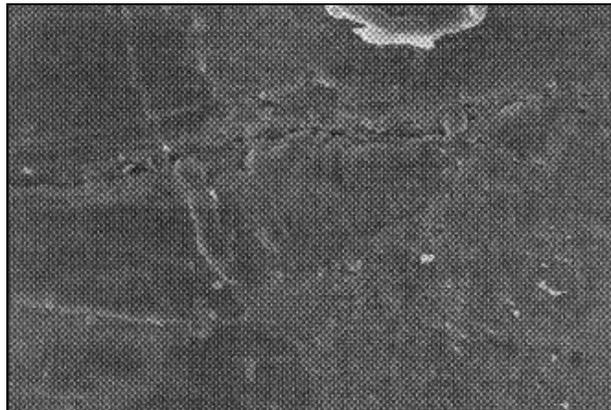


Gráfico 16. Imagen al microscopio electrónico de barrido de una microfractura en el esmalte. Tomado de Tessore y Trincherro, 2001

Las brechas en la interfase dentina-resina pueden ser

causadas por fallas del operador, como la aplicación insuficiente del sistema adhesivo y la no aplicación de la técnica incremental de la resina compuesta, lo que aumenta la contracción de polimerización¹.

La falta de sellado a nivel de los túbulos dentinarios ocasiona el movimiento de fluidos, con un *efecto de bombeo*, por las alteraciones de gradientes durante la masticación y los cambios térmicos^{1,5,30}. Sobre las microfracturas a nivel del esmalte, estas permiten la infiltración de fluidos desde el exterior hacia la dentina, con las consecuencias ya mencionadas³⁰. Para las restauraciones de resinas compuestas el sellado dentinario es la clave para eliminar la sensibilidad posoperatoria^{1,5,30}.

Otras causas de sensibilidad posoperatoria en las restauraciones de resinas compuestas son el contacto prematuro y la tensión intercuspídea. La tensión intercuspídea ocurre en función de la contracción de polimerización. Es menos frecuente observar esta tensión cuando se aplica la resina compuesta fotocurada en incrementos¹.

Las preparaciones cavitarias con márgenes en cemento, con frecuencia, presentan sensibilidad posoperatoria, ya que durante el

acabado y pulido de la restauración, pueden ser eliminadas inadvertidamente pequeñas porciones de cemento radicular quedando expuestos los túbulos dentinarios al medio bucal⁵.

Además, todo procedimiento de acabado y pulido final de cualquier restauración de resina compuesta puede causar porosidades y brechas en los márgenes, aparte de las microfracturas invisibles del esmalte ocasionadas por la contracción de polimerización³⁰.

Es por ello, que se recomienda el sellado de estas superficies con sellantes de resinas o resinas compuestas fluidas que mejoran sustancialmente el aspecto final de la restauración y disminuyen la posibilidad de infiltración de líquidos del exterior y por ende, la sensibilidad posoperatoria³⁰.

Unemori *et al.*⁷⁶ estudiaron la sensibilidad posoperatoria y su relación con la profundidad de la cavidad y el empleo de bases cavitarias y recubridores pulpaes, en 319 restauraciones de resina compuesta. Se emplearon seis tipos de sistemas adhesivos y siete resinas compuestas, tanto fotocuradas como autocuradas.

A medida que se incrementó la profundidad de las preparaciones cavitarias, las restauraciones recibieron uno de los cuatro métodos de restauración de resina compuesta: el grupo 1 para las restauraciones sin base cavitaria (39%), el grupo 2 para las restauraciones con base de hidróxido de calcio (28%), el grupo 3 para las restauraciones con base de cemento de vidrio ionómero (13%) y el grupo 4 restauraciones con base combinada de hidróxido de calcio y cemento de vidrio ionómero(20%)⁷⁶.

La sensibilidad posoperatoria fue evaluada de acuerdo a tres criterios: dolor espontáneo, sensibilidad a los cambios térmicos y sensibilidad a la percusión. La incidencia de sensibilidad posoperatoria fue independientemente, registrada para cuatro variables: tipo de protección pulpar y base cavitaria, tipo de preparación cavitaria, profundidad de la cavidad y sistemas adhesivos empleados⁷⁶.

De las 319 restauraciones, ninguna presentó dolor espontáneo. Sin embargo, al menos uno de los síntomas posoperatorios restantes fue detectado en 35 restauraciones (11%). La sensibilidad posoperatoria comúnmente, detectada fue a bebidas frías seguido de bebidas calientes y sensibilidad a la percusión⁷⁶.

La incidencia de sensibilidad posoperatoria no mostró diferencias significativas entre el grupo 1, 2 y 3, pero fue significativamente mas bajo en el grupo 1 que en el grupo 4, esta última presentó la mayor incidencia de sensibilidad posoperatoria. Las restauraciones realizadas en preparaciones cavitarias poco y medianamente profundas demostraron menos sensibilidad posoperatoria que aquellas realizadas en preparaciones cavitarias profunda⁷⁶.

En este estudio se demostró que la sensibilidad posoperatoria de las restauraciones de resina compuesta no se relacionó con la ausencia o presencia de protectores pulpares y bases cavitarias, pero si se incrementó en las preparaciones cavitarias profundas⁷⁶.

Otro hallazgo de este estudio, con respecto al tipo de sistema adhesivo empleado, se apreció que en el grupo donde se emplearon los sistemas adhesivos autocurados tuvo mayor incidencia de sensibilidad posoperatoria que el grupo donde se aplicaron sistemas adhesivos fotocurados. Los sistemas adhesivos autocurados pertenecen a las primeras generaciones de adhesivos, que requieren de acondicionamiento dentinario, pero no se aplica la técnica de dentina húmeda⁷⁶.

Hoy en día, se considera que la dentina seca, tras el grabado ácido, lavado con agua y secado con aire, limita la adhesión y formación de la capa híbrida por colapso de las fibras colágenas, a través, del cual, la resina no puede difundirse⁸³. Esto hecho explica la razón de la mayor incidencia de sensibilidad posoperatoria en las restauraciones realizadas con sistemas adhesivos de las primeras generaciones, donde es evidente el pobre sellado dentinario⁷⁶.

En cuanto a la mayor incidencia de sensibilidad posoperatoria que presentó el grupo 4, probablemente este asociado con la microfiltración marginal⁷⁶. Ya que se ha demostrado que la cobertura total del piso cavitario con protectores pulpaes y bases cavitarias disminuyen considerablemente el sellado marginal, porque resultan en menor superficie dentinaria disponible para la adhesión a través de la formación de la capa híbrida, por lo que se recomienda al emplear protectores pulpaes y bases cavitarias limitarse a un área mínima del piso cavitario⁸⁴.

Hebling *et al.*⁸¹ realizaron un estudio donde evaluaron la respuesta del órgano dentino-pulpar tras la aplicación de adhesivos dentinarios en preparaciones cavitarias profundas

clase V realizadas en 46 premolares vitales libres de caries y abrasión.

Se establecieron tres grupos de restauraciones de resina compuesta : grupo 1 donde se acondicionó la dentina de la pared axial con ácido fosfórico al 10% y adhesivo dentinario, al grupo 2 se le aplicó hidróxido de calcio antes del ácido fosfórico y el adhesivo dentinario y el grupo 3 donde antes de la aplicación del ácido fosfórico y el adhesivo dentinario se contaminó la cavidad con placa dental del mismo paciente. Los dientes fueron extraídos después de 7, 30 y 60 días y preparados de acuerdo, a las técnicas histológicas⁸¹.

Después de la evaluación histopatológica mostró que los grupo 1 y 3 presentaron mayor evidencia de respuesta inflamatoria que el grupo 2. También, la intensidad de la reacción pulpar se incrementó a medida que el espesor de dentina remanente disminuyó. No hubo diferencias significativas en la respuesta inflamatoria entre los grupo 1 y 3⁸¹.

Hebling *et al.*⁸¹ concluyeron que la intensidad de la respuesta del complejo dentino-pulpar depende del espesor de la dentina remanente. A propósito, Elbaum⁸² demostró una relación inversa

entre el espesor de dentina remanente y la respuesta pulpar inflamatoria. Mientras, que Hanks⁸⁵ demostró que 0,5 mm de dentina remanente es suficiente para brindar protección al tejido pulpar contra la difusión de sustancias tóxicas.

Hebling *et al.*⁸¹ puntualizaron al final del estudio que el espesor de dentina remanente es el factor mas importante para proteger el complejo dentino-pulpar de los efectos citotóxicos de los sistemas adhesivos evaluados. La respuesta pulpar inflamatoria persistente ocurre cuando las preparaciones cavitarias tienen un espesor de dentina remanente menor a las 300 micras.

La aplicación de un material biocompatible sobre el piso cavitario de cavidades profundas es importante para proteger el complejo dentino-pulpar contra la irritación química provocada por materiales dentales que pueden liberar glóbulos monoméricos no polimerizados y resina disuelta que se difunde, a través, de los túbulos dentinarios⁸¹.

van Dijken⁸⁶ evaluó el comportamiento clínico, durante 5 años, de 154 cavidades clase III, amplias con márgenes cervicales en dentina, restauradas en tres grupos: el grupo 1

restauradas con resina modificada con poliácido (compómero), el grupo 2 restauradas con cemento de vidrio ionómero modificado con resina y el grupo 3 restaurado con resina compuesta.

Se realizaron todas las restauraciones siguiendo las indicaciones del fabricante para cada material. En el caso de las restauraciones de resina compuesta modificada con poliácido (compómero) se trató el sustrato dentinario con imprimadores autograbadores fotocurados⁸⁶.

Para las restauraciones de cemento de vidrio ionómero se acondicionó el sustrato dentinario con ácido poliacrílico al 10 % y a las restauraciones de resina compuesta, al 50 % de las mismas se les aplicó ácido fosfórico al 37% sólo al esmalte, y al resto se le aplicó ácido fosfórico mediante la técnica de grabado total. No se aplicaron bases cavitarias a ninguna restauración, excepto a una restauración de resina compuesta que se le aplicó hidróxido de calcio previo a las técnicas adhesivas⁸⁶.

En los resultados del estudio sólo una restauración de resina compuesta presentó sensibilidad posoperatoria y fue aquella donde se aplicó hidróxido de calcio. van Dijken señaló que ninguna de las restauraciones realizadas con las tres diferentes

técnicas de acondicionamiento combinado con sus respectivos sistemas adhesivos presentaron sensibilidad posoperatoria o pérdida de vitalidad pulpar, gracias al sellado dentinario por la formación de capas híbridas de diferentes profundidades, las cuales fueron capaces de reemplazar el uso convencional de bases cavitarias⁸⁶.

En cuanto a las restauraciones indirectas de resina compuesta, la sensibilidad posoperatoria se puede presentar con frecuencia, después del cementado de la misma y es atribuido a la desecación de la dentina durante la técnica de cementado²⁴.

Wassell *et al.*⁸⁷ en un estudio *in vivo* de tres años de duración, compararon el comportamiento clínico de 71 pares de restauraciones directas e indirectas de resina compuesta, donde la mayor prevalencia de sensibilidad posoperatoria se presentó en las incrustaciones, este resultado fue inesperado, ya que se supone que las restauraciones indirectas reducen los efectos de la contracción de polimerización, uno de los cuales es precisamente, la sensibilidad posoperatoria.

Sin embargo, cabe destacar que estas restauraciones fueron realizadas con bases cavitarias de cemento de vidrio ionómero,

grabado ácido sólo a nivel de esmalte y no se aplicaron sistemas adhesivos a dentina ⁸⁷.

En la década de los 90 se reportaba 16% de sensibilidad posoperatoria en las incrustaciones de resina compuesta. Actualmente, esta cifra ha disminuido entre 0% a 3%, gracias a las mejoras en los sistemas y técnicas adhesivas, que incluyen el acondicionamiento del sustrato dentinario húmedo y a la aplicación de cementos resinosos²⁴.

La tasa de sensibilidad posoperatoria puede variar entre 0 a 50%, pero, debemos considerar que la mayoría de los estudios publicados al respecto se refieren a restauraciones directas de resina compuesta con bases cavitarias, donde no se emplearon adhesivos dentinarios de última generación, como ocurre en la actualidad. Por ello, no podemos extrapolar estos datos a la situación actual, donde se están empleando diferentes y mejores técnicas restauradoras y adhesivas ^{1,50,87}.

2.7. Desgaste

Las resinas compuestas de macropartículas, introducidas en la década de los 70 y 80, presentaban una baja resistencia al desgaste por lo que se contraindicaron en los dientes posteriores,

el promedio de desgaste de este material restaurador era aproximadamente, entre 100 a 150 micras por año^{5,6,10,16,22}.

Gracias a las mejoras en las formulaciones de las resinas compuestas actuales, se incrementó la resistencia al desgaste de las restauraciones, cuyo promedio de desgaste es de aproximadamente, entre 2 a 10 micras por año, el cual es similar al desgaste anual (2 a 8 micras) que presenta la amalgama dental^{6,11}.

El aumento en la resistencia al desgaste de las resinas compuestas se basa principalmente, en la disminución del tamaño y dureza de las partículas de relleno, así como, la incorporación de mayor número de partículas de relleno^{1,5,6}.

Los diferentes tamaños en las partículas de relleno de las resinas compuestas influyen en la resistencia al desgaste de las restauraciones de resina compuesta^{13,83}. Las resinas compuestas de macropartículas presentan mayor desgaste y rugosidad superficial en el tiempo que las resinas compuestas híbridas y de micropartículas^{13,88}.

La reducción del tamaño de la partícula de relleno a un nivel submicrométrico modifica sustancialmente el patrón de desgaste

reduciéndolo principalmente, en los márgenes de la restauración¹. Bayne *et al.*⁵ explican que las partículas abrasivas del bolo alimenticio son de 0,5 micras y que en las resinas compuestas de microrelleno los espacios entre las partículas de relleno es menor de 0,5 micras, por lo que estas partículas de relleno protegen a la matriz de resina del desgaste del roce del bolo alimeticio⁵.

En cuanto a la dureza de las partículas de relleno, al sustituir partículas de relleno muy duras (como el cuarzo) por partículas menos duras y resilientes como el cristal de bario, se logra que estas últimas sean capaces de absorber parte de las tensiones provenientes de las fuerzas masticatorias, en vez de transferirlas totalmente a la matriz de resina provocando microfracturas en la misma¹.

Además, Suzuki y Leinfelder⁸⁹ demostraron en un estudio *in vitro* que las resinas compuestas de macrorelleno que contienen cuarzo producen 10 veces mas desgaste en el esmalte antagonista que las resinas compuestas de microrelleno prepolimerizadas.

La incorporación de mayor número de partículas de relleno de tamaño reducido (minipartículas o submicrométricas) aumentan el contenido de carga en peso reforzando el material y la fuerza

cohesiva de la matriz polimérica, lo que se traduce en una alta resistencia al desgaste^{1,2}. Lo contrario ocurre con las resinas fluidas que presentan una baja carga de relleno (menos de 50% por volumen), y por ende, baja resistencia al desgaste, por lo que se contraindican en áreas de carga oclusal⁴.

Además de los factores inherentes al material restaurador que afectan la resistencia al desgaste, también existen factores inherentes de cada paciente como es el tipo de cavidad, el tipo de diente, la intensidad de las fuerzas masticatorias, la oclusión, hábitos alimenticios, hábitos parafuncionales y el medio bucal^{2,50}.

Al respecto, Köhler *et al.*⁵⁴ observaron, en un estudio *in vivo* de 5 años de duración, mayor desgaste en las restauraciones de resina compuesta en el grupo de pacientes con altos niveles de lactobacilos en saliva. Los autores sugieren como factor predisponente del desgaste de las restauraciones de resina compuesta los altos niveles de microorganismos acidogénicos en saliva.

Wassell *et al.*²⁵ señalan que se ignora el efecto dañino de los productos microbianos de la placa dental sobre la matriz de resina, y que posiblemente, el curado adicional (con calor o presión) de la

resina compuesta podría aumentar la resistencia a la degradación del material por los efectos de la placa dental, particularmente, en las áreas proximales.

Además, se encontró una correlación positiva entre pacientes consumidores de bebidas alcohólicas y el desgaste superficial de restauraciones de resina compuesta de microrelleno en cavidades clase III después de 11 años de observación clínica⁹⁰.

El tipo de diente restaurado, también es un factor que afecta el desgaste de la restauración. La relación de desgaste es mayor, por orden decreciente, en los primeros molares, segundos molares, segundos premolares y primeros premolares. Esta relación corresponde a las áreas de mayor contacto con los alimentos y que soportan mayores tensiones^{2,5,47}. Lo mismo ocurre con el tamaño de la restauración, de acuerdo, a la preparación cavitaria. Las restauraciones grandes presentan mayor desgaste que las pequeñas^{2,5}.

Se ha descrito que el proceso de desgaste ocurre de dos formas: en áreas libres de contacto y áreas de contacto. La primera se produce debido al roce del bolo alimenticio, dentríficos y cerdas del cepillo dental, que van produciendo una abrasión de

la matriz orgánica^{3,5}. La segunda ocurre por el contacto con la cúspide antagonista que le transmite tensiones por las fuerzas masticatorias⁵.

Leinfelder⁹¹ explica que en este mecanismo de desgaste, el contacto con la cúspide antagonista ocasiona el desarrollo de pequeñas microfracturas entre las partículas individuales de relleno, que con el tiempo se convierten en fracturas que se unen y producen la exfoliación de partículas de relleno y de matriz de resina.

Leinfelder⁹¹ señala que la presencia de una cúspide antagonista fuerte es el mayor enemigo potencial de una restauración de resina compuesta en el sector posterior por la magnitud del desgaste que le produce. Se ha demostrado que el desgaste en áreas de contacto es de 2,5 a 9 veces más que en áreas libres de contacto^{2,50}.

Se han considerado otros términos para explicar el mecanismo de desgaste como lo son el desgaste generalizado, localizado y proximal. El desgaste generalizado es un patrón de desgaste donde la restauración sufre una abrasión uniforme de la superficie. El desgaste localizado se origina por una abrasión localizada bajo

tensiones de cargas masticatorias provenientes de un área afilada definida, este desgaste es de 2,5 a 3 veces mayor que aquel encontrado en áreas adyacentes¹. Gráficos 17 y 18.



Gráfico 17. Fotomicrografía donde se aprecia el desgaste generalizado en una restauración de resina compuesta. Tomado de Leinfelder, 1991.

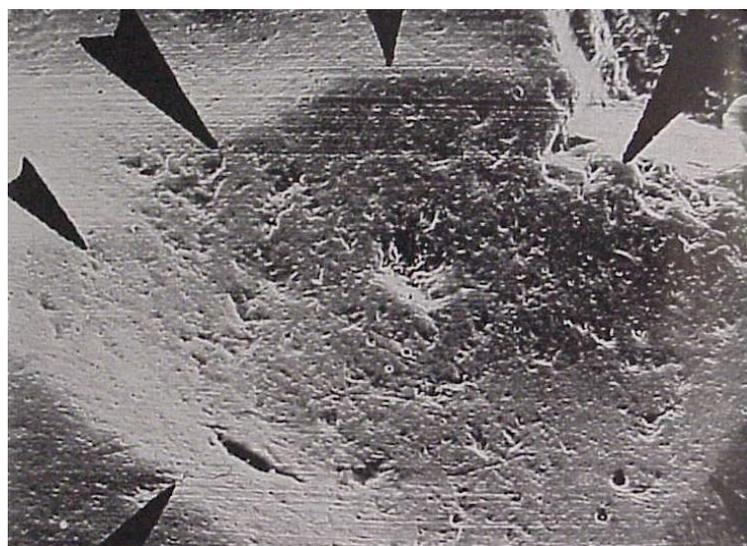


Gráfico 18. Fotomicrografía donde se aprecia el desgaste localizado en una restauración de resina compuesta. Tomado de Leinfelder, 1991.

El desgaste de las zonas proximales es menor y es debido al movimiento que permite el ligamento periodontal⁵. Este tipo de desgaste se da por atricción entre las caras proximales y fue un problema clínico en las restauraciones de resinas compuestas de macropartículas, porque las grandes partículas de relleno que se proyectan en la superficie, al absorber las tensiones se producen microfracturas de la matriz polimérica y posterior desprendimiento de las partículas de relleno, con la pérdida del contorno proximal de la restauración¹.

En cuanto al desgaste de las restauraciones indirectas de resina compuesta, inicialmente, se creía que el incremento del grado de conversión de las restauraciones de resina compuesta aumentaban la resistencia al desgaste¹⁸.

Wassell *et al.*²⁵ realizaron un estudio *in vitro* donde compararon la cantidad de desgaste de diferentes resinas compuestas y sistemas de curado. Se emplearon resinas compuestas de microrelleno e híbridas. Y en cuanto a los sistemas de curado se realizaron curados convencionales con luz, luz y calor (120°C por 8 minutos), calor y presión (Isosit).

Al finalizar el estudio se observó que las resinas compuestas

de microrelleno presentaron menos desgaste que las resinas compuestas híbridas. También, se observó reducción del desgaste en las resinas compuestas de microrelleno sometidas a curado por calor y luz, cuando se las comparó con las resinas compuestas de microrelleno fotocuradas²⁵.

Wassell *et al.*²⁵ concluyeron en este estudio que el curado adicional (calor y luz, calor y presión) tiene poca o ninguna influencia sobre el desgaste oclusal de las restauraciones indirectas de resinas compuestas.

van Dijken²¹ en su estudio clínico de 11 años de duración, comparó el comportamiento clínico de 96 incrustaciones de resina compuesta curadas con luz y calor (120°C por 7 minutos) y de 33 restauraciones directas de resina compuesta fotocuradas. Al evaluar el desgaste, se apreció un desgaste severo en áreas de contacto oclusal de 4 incrustaciones y 2 restauraciones directas en pacientes bruxómanos. En cuanto a las demás restauraciones no se observaron diferencias en el desgaste entre las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta.

Wassell *et al.*²⁰ realizaron un estudio donde compararon la tasa de desgaste anual de 65 restauraciones directas y 65

incrustaciones de resina compuesta microhíbridas, durante 5 años. La tasa de desgaste de ambos tipos de restauración fue similar y lineal de aproximadamente, 33 a 34 micras por año y no se apreció desgaste proximal excesivo en las restauraciones.

El desgaste lineal demostrado en este estudio no concuerda con lo enunciado por Leinfelder⁹¹, que señala que el desgaste disminuye con el tiempo. Pero, esto depende del tipo de resina compuesta y del método empleado para medir el desgaste de la restauración²⁰.

Por otro lado, se ha reportado un desgaste de 7 micras, después de 2 años de servicio clínico, en aquellas restauraciones indirectas de resina compuesta que son polimerizadas, a través, de una atmósfera libre de oxígeno, donde eliminan la capa inhibida por oxígeno, aumentando el grado de polimerización de la superficie de la incrustación⁹².

Un desgaste de 7 micras en dos años se considera bajo el compararlo con la tasa de desgaste observado en el esmalte, que es del orden de 29 micras por año para premolares en áreas de contacto⁹².

Los márgenes de las incrustaciones de resina compuesta son susceptibles al desgaste en la capa superficial del cemento resinoso ubicado en la interfase restauración-diente, que está expuesto al medio bucal¹⁸.

El mayor desgaste ocurre en los primeros 6 a 12 meses después de cementada la incrustación, luego este proceso se hace autolimitante. El desgaste de los cementos de resina de microrelleno es menor que el de los cementos de resina híbridos¹⁸.

van Dijken²¹ señala que el desgaste marginal de las incrustaciones de las resinas compuestas es autolimitante y que la profundidad del desgaste del cemento no debe exceder la amplitud del margen del cemento. En su estudio clínico de 11 años observó que el desgaste marginal de las incrustaciones de resina compuesta fue limitado después de 3 a 4 años.

3. Criterios de reemplazo de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas

El reemplazo de las restauraciones constituye el 60% de la práctica odontológica general, a pesar de los programas de prevención y del aumento en la conciencia de cuidado y salud bucal, que han reducido el índice de caries en muchos países²⁴.

La evaluación clínica del fracaso o falla de una restauración varía de acuerdo al criterio diagnóstico aplicado y puede reflejar variabilidad de interpretación entre varios operadores²⁴. También, las razones de reemplazo de las restauraciones pueden variar de acuerdo al material restaurador, la dentición y la edad del paciente^{48,64}.

Las razones de reemplazo de las restauraciones de resinas han cambiado, a través del tiempo, mientras que en el caso de las restauraciones de amalgama han permanecido igual^{48,64}. En la década de los 70, las restauraciones de resinas directas fueron reemplazadas principalmente, por desgaste y degradación de la restauración; mientras, que en la década de los 90 fue la fractura de la restauración la principal causa de reemplazo de estas restauraciones^{12,48}.

Debe tomarse en cuenta que en la década de los 70, 80 y principio de los 90, los estudios clínicos de las restauraciones de resina compuesta se basaban en técnicas donde no se aplicaron adhesivos dentinarios y se emplearon hidróxido de calcio y cemento de vidrio ionómero como protectores dentinarios¹².

La baja resistencia al desgaste, de las resinas compuestas

en los años 70 y principios de los 80, originó pérdida de la anatomía y de los contactos interproximales con degradación de la superficie de las restauraciones. Luego, mejoras en la tecnología de las partículas de relleno de las resinas compuestas produjeron cambios en las razones de reemplazo de estas restauraciones²⁴.

La caries secundaria es la principal razón de reemplazo para todos los tipos de restauraciones directas (amalgama, resina compuesta, cemento de vidrio ionómero) en la práctica odontológica general^{48,64}. La alta incidencia de caries secundaria en las restauraciones directas de resina compuesta, puede ser explicada por la pobre eficacia de los primeros agentes de unión, en particular cuando los márgenes de la cavidad se sitúan en dentina. A pesar, de los avances y mejoras en las formulaciones de los nuevos agentes adhesivos que aumentan la adaptación marginal y resistencia de unión, todavía no se ha podido lograr un perfecto sellado marginal²⁴.

La pigmentación marginal de las restauraciones de resina compuesta originadas por la microfiltración marginal, pueden requerir de la reparación o reemplazo de las mismas, pero no es una indicación de reemplazo de la restauración con la intención

de prevenir caries secundaria, ya que esta última no se origina en la interfase diente-restauración⁴⁷.

Si la pigmentación marginal de una restauración de resina compuesta se encuentra limitada en su extensión se puede reparar la restauración para eliminar este defecto de mancha, por medio de, la eliminación de la mínima cantidad de tejido dental, a través, del material restaurador⁴⁷.

4. Longevidad de las restauraciones estéticas de resinas compuestas directas e indirectas

La longevidad de las restauraciones depende de diferentes factores que están relacionados a los materiales restauradores, al paciente y al operador. Además, existen diferencias entre los factores que causan la fallas al inicio de la restauración y aquellas que son responsables de la pérdida de la restauración después de algunos años de servicio²⁴.

Las fallas que ocurren al inicio de la restauración o las fallas iniciales son el resultado de algunos errores durante el tratamiento que incluyen: a) la incorrecta manipulación del material, b) la polimerización insuficiente que produce la disminución de las propiedades mecánicas y físicas del material restaurador, c) una

incorrecta indicación del material restaurador y d) sensibilidad posoperatoria²⁴.

Las fallas que ocurren después de varios años de servicio de la restauración son principalmente: a) por fractura del diente o de la restauración, b) la presencia de caries secundaria y c) desgaste o deterioro del material restaurador²⁴.

Entre los factores inherentes al paciente se destaca el tipo de dentición involucrada en la restauración. En el caso de las restauraciones directas de resina compuesta en el sector posterior, los premolares ofrecen condiciones mas favorables que los molares, porque en los primeros las preparaciones cavitarias son mas pequeñas y por consiguiente los efectos de las fuerzas oclusales son menos intensas. También las restauraciones de preparaciones cavitarias simples o de una sola superficie presentan mayor longevidad que aquellas restauraciones realizadas en cavidades compuestas²⁴.

Continuando con los factores inherentes al paciente, la edad se relaciona directamente, con la destreza del control de placa dental y la calidad de la higiene bucal. También deben tomarse en

cuenta los hábitos dietéticos, el flujo salival, la capacidad amortiguadora de la saliva, la disponibilidad de fluoruros, los hábitos parafuncionales y el estado periodontal²⁴.

Los factores que involucran al operador son: a) la indicación correcta del material restaurador, b) la preparación cavitaria (tamaño, tipo de cavidad y planimetría), c) la manipulación y aplicación del material restaurador (técnica incremental, técnica en bloque, técnica laminada), d) el tipo de curado (tiempo y distancia de exposición, intensidad de la luz), e) el acabado y pulido de la restauración, f) el análisis de la oclusión y g) la experiencia del operador²⁴.

De acuerdo a Opdam *et al.*³⁶ el éxito de las restauraciones de resina compuesta dependen en gran parte de la destreza del operador. En este mismo sentido, Liebenberg⁴² enfatiza que el éxito de la restauración depende de una técnica clínica segura y de una precisión operatoria en todas las fases de la secuencia operatoria y que existe una variedad de situaciones clínicas donde el operador puede incurrir en errores en la aplicación y procedimiento de las técnicas adhesivas. Mientras que, en el caso de las restauraciones de amalgama, estas pueden resistir cierto grado de negligencia operativa.

El operador debe ser prudente en su ejercicio y comunicar al paciente los riesgos, beneficios y costos de mantenimiento asociados a la terapia restauradora. En el caso de las restauraciones de resina compuesta se señala el sellado de los márgenes de la restauración como parte del tratamiento de mantenimiento⁴².

Para las restauraciones de cavidades de varias superficies, la resistencia, conservación de la estructura dentaria remanente y la estética son parámetros para la toma de decisión de la selección del material restaurador⁴².

Los factores inherentes al material restaurador incluyen la composición, resistencia a la fractura, resistencia al desgaste, resistencia de unión, biocompatibilidad, sensibilidad de la técnica restauradora y efectos anticariogénicos²⁴.

La longevidad clínica está influenciada por las diferencias entre los materiales en términos de la química de la matriz de resina y de las partículas de relleno. Se cuestiona la supuesta optimización de las propiedades mecánicas de las restauraciones de resina, a través, del curado por calor, cuando se trata de sistemas de resina

compuesta similares a aquellas empleadas para las restauraciones directas²⁰.

Wendt⁹³ en un estudio *in vitro* afirmó que el curado secundario por calor de la resina compuesta mejora las propiedades mecánicas del material restaurador. Pero, McCabe *et al.*²³ y Wassell *et al.*²⁵ en estudios realizados *in vitro* señalan que no existe una mejora en las propiedades de las resinas compuestas híbridas cuando son curadas por calor.

Las técnicas de polimerización secundaria de las incrustaciones de resinas compuestas no tienen un efecto significativo sobre el comportamiento clínico de estos materiales restauradores. La mayor ventaja de las resinas compuestas indirectas es probablemente, la habilidad de superar los efectos de la contracción de polimerización de las resinas compuestas directas²³.

Según HICKEL *et al.*²⁴ la tasa anual de falla de las restauraciones directas de resina compuesta están en un rango entre 0 a 9%. Mientras que, las restauraciones indirectas de resina compuesta están entre 0% a 11.8%.

van Dijken²¹ realizó un estudio in vivo donde evaluó 96 restauraciones indirectas de resina compuesta (por técnica directa) de cavidades clase II y 33 restauraciones directas de resina compuesta durante un período de 11 años. Estas restauraciones se realizaron en 40 pacientes de edades comprendidas entre 27 y 70 años, de los cuales un 45% fueron considerados de alto riesgo a caries.

Cabe destacar, que todas las restauraciones, tanto directas como indirectas fueron realizadas con base cavitaria de cemento de vidrio ionómero, sólo fue grabado el esmalte con ácido fosfórico al 37% y no se aplicaron adhesivos dentinarios, pero si se aplicaron agentes de unión²¹.

En el caso de las incrustaciones, un 40 % de las preparaciones cavitarias clase II tenían el margen gingival a nivel de dentina y además, fueron cementadas con cemento resinoso dual, pero no se acondicionaron o trataron las superficies internas de las mismas²¹.

Los resultados del estudio demostraron que las diferencias en cuanto a longevidad, entre las restauraciones directas e indirectas, no fueron significativas. Un 17,7% de las incrustaciones y un 27,3 % de las restauraciones directas se consideraron inaceptables²¹.

Las principales razones de fallas de las restauraciones tanto indirectas como directas fueron fractura de la restauración (8,3% y 12,1 %, respectivamente), desgaste en áreas de contacto oclusal (4,2% y 6,1%, respectivamente) y caries secundaria (4,2% y 9,1%, respectivamente). Se observaron, también, mayores fallas en molares que en premolares²¹.

Es importante señalar que las restauraciones que presentaron un desgaste excesivo en áreas de contacto oclusal ocurrieron en pacientes con hábitos de bruxismo. El resto de las restauraciones no presentaron desgastes significativos y no se observaron diferencias entre las restauraciones directas e indirectas²¹.

En este estudio se concluyó que las restauraciones directas de resina compuesta mostraron un buen servicio clínico y que las restauraciones indirectas de resina compuesta, aparentemente, no presentan ventajas sobre las primeras, considerando el tiempo y el costo adicional al realizar las segundas ²¹.

También, Wassell *et al.*²⁰ realizaron un estudio donde compararon el comportamiento clínico de restauraciones directas de resina compuesta con restauraciones indirectas de resina

compuesta realizadas mediante la técnica directa, durante un período de 5 años.

Las restauraciones tanto directas como indirectas fueron realizadas en 73 pacientes y en preparaciones cavitarias con base cavitaria de cemento de vidrio ionómero, no se aplicaron adhesivos dentinarios y sólo se grabó el esmalte con ácido fosfórico al 35%. En aquellas cavidades con cajones proximales cuyo margen gingival se encontraba en dentina se aplicó una base de cemento de vidrio ionómero (de 1 a 3 mm) expuesta al medio bucal²⁰.

Después de, 5 años 65 restauraciones directas y 65 restauraciones indirectas de resina compuesta, fueron evaluadas. Se observaron mas fallas en las restauraciones indirectas (17,4%) que en las restauraciones directas (7,5%). Aunque, el comportamiento clínico de ambos tipos de restauración fue similar²⁰.

Las causas de fallas clínicas consistieron en 6,6% de patologías pulpares (sensibilidad y absceso periapical), 5,1% de fractura de la restauración o del diente y 0,7% de caries secundaria. En cuanto a la tasa de desgaste fue similar para ambos tipos de restauración. Se concluyó en este estudio que la

técnica directa de la incrustaciones de resina compuesta no tuvo ninguna ventaja en el comportamiento clínico con respecto a la técnica incremental de las restauraciones directas del mismo material²¹.

Scheibenbogen-Fuchsbrunner *et al.*⁶² evaluaron durante dos años 43 restauraciones directas y 45 restauraciones indirectas de resina compuesta en cavidades simples y compuestas de dientes posteriores. Todos los márgenes cavo-superficiales de las cavidades se localizaban en esmalte.

Las restauraciones indirectas se realizaron en preparaciones cavitarias con base cavitaria de cemento de vidrio ionómero, se realizaron pre-tratamientos a la superficie interna de las incrustaciones, mediante grabado con ácido fluorhídrico al 5% y aplicación de silano. A las preparaciones cavitarias se les aplicó grabado total (con ácido fosfórico al 37%), excepto a nivel de la base cavitaria y adhesivos dentinarios. Las incrustaciones fueron cementados con cemento dual e insertados a la cavidad por técnica ultrasónica⁶².

Mientras que en las preparaciones cavitarias de las restauraciones directas, se limitaron a eliminar sólo tejido cariado

y después del grabado y aplicación de adhesivos dentinarios, se aplicó la resina compuesta mediante técnica incremental⁶².

Un 93% de las incrustaciones y 90% de las restauraciones directas se consideraron clínicamente, excelentes o aceptables después de dos años de seguimiento clínico. Las incrustaciones demostraron una mejor anatomía de la superficie que las restauraciones directas. Mientras, que las restauraciones de los premolares presentaron una mejor integridad marginal que los molares restaurados⁶².

Al analizar el costo beneficio de las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta, los procedimientos que involucran la confección de las incrustaciones consumen mas tiempo y costo. En cuanto a la longevidad de las incrustaciones estas no superan a las restauraciones directas, por lo que se cuestiona la indicación de las primeras⁷². Sin embargo, Rees y Jacobsen¹⁸ puntualizan que la principal ventaja de las incrustaciones es que hay un mejor control de la anatomía oclusal y de los contornos proximales.

III. DISCUSIÓN

Los recientes desarrollos en las resinas compuestas han superado las primeras versiones, con respecto a la resistencia al desgaste y a la estabilidad del color, pero, la principal limitación de la resina compuesta es que aún persiste la contracción de polimerización^{1,3,6,29,62}.

Algunas nuevas técnicas de restauración han sido introducidas durante los últimos años para minimizar el desarrollo de tensiones producto de la contracción de polimerización, tales como: la técnica incremental, técnica laminada con cemento de vidrio ionómero, aplicación de resina fluída como capa intermedia entre la capa de adhesivo y la resina compuesta y la fotopolimerización a pasos^{1,6,10,21,29,32,33}.

Por otro lado, la introducción del concepto de las restauraciones indirectas de resina compuesta, representó un esfuerzo para contrarrestar los problemas vinculados con la técnica de obturación directa de resina compuesta como la baja resistencia al desgaste, la inestabilidad cromática y la contracción de polimerización^{7,29}.

Se pensaba que el incremento del curado de las restauraciones indirectas de resina compuesta específicamente, mejoraría la resistencia al desgaste. Pero, se ha cuestionado esta mayor resistencia al desgaste y si realmente, esto tiene algún efecto sobre la durabilidad clínica de las restauración^{6,18,19,20,21,22,25}.

Algunos reportes clínicos sobre restauraciones indirectas de resina compuesta polimerizadas con calor no confirman una mayor resistencia mecánica. Otros estudios señalan que la mejora de algunas de las propiedades mecánicas es sólo un beneficio a corto plazo y disminuye, debido al debilitamiento del polímero por la captación de agua, de la misma manera como sucede con las restauraciones directas de resina compuesta^{21,23,25}.

Desde el punto de vista de costo - beneficio se cuestiona la indicación de las restauraciones indirectas de resina compuesta, porque la mayoría de los estudios *in vivo* que han comparado la longevidad de estas con las restauraciones directas, han concluido que no hay diferencias significativas en el comportamiento clínico de ambas. Por lo que, el mayor tiempo y costo que requiere la confección y restauración a través de, la

incrustación no se justifica^{20,21,62,72}.

Sin embargo, existe un consenso general que afirma que la principal ventaja de las restauraciones indirectas de resinas compuestas es un mejor control y adaptación de los márgenes, contornos y de la anatomía oclusal. Lo que es de vital importancia en el caso de preparaciones cavitarias ocluso-proximales amplias^{1,18,21,23}.

Además, al desarrollarse el grado de conversión de la restauración por calor, luz o presión se logra que la contracción de polimerización de la mayor masa de material restaurador ocurra fuera de la preparación dentaria. Otra ventaja de las incrustaciones de resinas compuestas es su mayor biocompatibilidad, ya que hay una disminución considerable de la cantidad de monómeros libres provenientes de la matriz resinosa disminuyendo el efecto citotóxico^{18,21}.

Cuando se analiza que la principal causa de reemplazo de las restauraciones de resina compuesta, amalgama y cemento de vidrio ionómero es la caries secundaria, se hace necesario una evaluación de cómo el operador está manejando la caries dental y la necesidad de implementar y entender la filosofía de mínima

invasión, de manera de manejar y controlar a la caries dental como una enfermedad infecciosa^{24,48,68}.

En todos los estudios de longevidad se debe identificar el riesgo a caries del paciente de manera estandarizada y controlar esta variable para observar el efecto que esto pueda tener en la longevidad de la restauración^{21,24,48,68}.

Se ha obtenido información valiosa, a través de, estudios *in vitro*, del efecto de diferentes procedimientos y técnicas de restauración sobre: la disminución de la contracción de polimerización, la mejora del sellado e integridad marginal y disminución de la sensibilidad posoperatoria. Pero los resultados alentadores de estos estudios, deben corroborarse con mas estudios *in vivo*^{10,11,27,31,33,34,36,40}.

IV.CONCLUSIONES

- 1- Los procedimientos actuales de restauraciones directas e indirectas de resina compuesta están diseñadas para minimizar la contracción de polimerización y la microfiltración marginal.

- 2- El proceso de polimerización de la resina compuesta presenta dos fases: pre-gel y pos-gel. La contracción de polimerización que ocurre en la fase pre-gel no genera ni transfiere tensiones a la estructura dentaria. Mientras que, la contracción de polimerización que ocurre en la fase pos-gel transfiere tensiones a la estructura dentaria.

- 3- La caries secundaria es la principal razón de reemplazo para todos los tipos de restauraciones directas en la práctica odontológica general. Por ello, la actividad y riesgo de caries deben ser tratadas y controladas para evitar futuras lesiones de caries secundaria.

- 4- Las resinas compuestas fotopolimerizables tienen una estabilidad cromática superior a las resinas compuestas autopolimerizables.

5- Las resinas compuestas híbridas, se clasifican de acuerdo al tamaño de sus partículas en: híbridas de pequeñas partículas, híbridas de minipartículas e híbridas pesadas. Las resinas compuestas híbridas de minipartículas representan los sistemas de resinas compuestas de mayor uso en la actualidad.

6- La sensibilidad posoperatoria que se presenta en las restauraciones de resina compuesta es el resultado de la falta de sellado en dentina y esmalte. La falta de sellado en dentina se origina por una infiltración insuficiente del adhesivo al sustrato dentinario.

7- El promedio de desgaste de las restauraciones de resinas compuestas actuales es de aproximadamente, 2 a 10 micras por año. Los factores que afectan el desgaste de las restauraciones de resina compuesta son: tipo de cavidad, diente restaurado, intensidad de las fuerzas masticatorias, oclusión, hábitos alimenticios, hábitos parafuncionales y el riesgo a caries.

8- Las ventajas que presentan las restauraciones indirectas de resinas compuestas se hacen evidentes en preparaciones

cavitarias muy amplias, porque existe un mejor control de los contornos proximales, anatomía oclusal y adaptación marginal.

9- La longevidad de las restauraciones dependen de factores que están relacionados a: el material restaurador, el paciente y el operador.

10- Numerosos estudios han demostrado que no hay diferencias significativas en cuanto a la longevidad de las restauraciones directas e indirectas de resina compuesta.

V.REFERENCIAS

- 1.Chain MC, Baratieri LN. Resinas Compuestas. En: Chain MC y Baratieri LN. Restauraciones Estéticas con Resinas Compuestas en Dientes Posteriores. Sao Paulo. Editora Artes Médicas Ltda., 2001: 11-26.
- 2.Phillips RW. Resinas para Restauraciones. En: Phillips RW. Ciencia de los Materiales Dentales de Skinner. México. McGraw-Hill Interamericana Editores, 1998: 283-311.
- 3.Macchi RL. Composites. En: Materiales Dentales. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana, 2000: 145-157.
- 4.Combe EC, Burke FJT. Contemporary Resin-based Composite Materials for Direct Placement Restorations: Packables, Flowables and Others. Dent Update 2000;27:326-336.
- 5.Bayne SC, Heymann HO, Swift Jr EJ. Actualidades sobre restauraciones de resinas compuestas. J Am Dent Assoc 1995/1996; 5:41-58.
- 6.Leinfelder KF Resinas compuestas para dientes posteriores. Aplicaciones clínicas modernas. Clín Odont Nort 1993; 3:407-415.
- 7.Fionarelli Vieira G, De Mello Ferreira A, Garófalo JC, Martins Agra C. Materiales para la confección de restauraciones inlay/onlay estéticas. En: Restauraciones Estéticas Indirectas en Dientes Posteriores Inlay/Onlay. Colombia. Editorial Actualidades médico Odontológicas Latinoamérica, C.A. 1996: 25-37.
- 8.Davidson CL, Davidson-Kaban SS. Handling of mechanical stresses in composites restorations. Dent Update 1998; 25:31-35
- 9.Jackson RD, Morgan M. Las nuevas resinas posteriores y una técnica de colocación simplificada. J Am Dent Assoc 2001;4: 41-51.
- 10.Chuang SF, Liu JK, Chao CC, Liao FP, Melody Chen YH. Effects of flowable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in class II composite

restorations. J Prost Dent 2001; 85: 177-83.

11.Chuang SF, Liu JK, Jin YT. Microleakage and internal voids in Class II composite restorations with flowable composite linings. Oper Dent 2001; 26: 193-200.

12.Prati C, Suppa P, Nucci C. Update on composites for posterior sectors. Odontoiatria adhesiva e ricostruttiva. Proceedings from the VI International Symposium: 2002 Maggio. 3-4: S. Margherita Ligure, 2002: 60-65.

13.Cobb DS, MacGregor KM, Vargas MA, Denehy GE. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composite: a comparison. J Am Dent Assoc 2000; 131: 1610-1615.

14.Meiers JC, Kazemi R, Meier CD. Microleakage of packable composite resins. Oper Dent 2001; 26: 121-126.

15.Kelsey WP, Latta MA, Shaddy RS, Stanislav CM. Physical properties of three packable resin-composite restorative materials. Oper Dent 2000; 25: 331-335.

16.Nash RW, Lowe RA, Leinfelder K. Using packable composite for direct posterior placement. J Am Dent Assoc 2001; 132: 1099-1014.

17.Kinomoto Y, Torii M, Takeshige F, Ebisu S. Comparison of polymerization contraction stress between self-and light-curing composites. J Dent 1999; 27: 383-389.

18.Rees JS, Jacobsen PH. The restoration of posterior teeth with composite resin 2: indirect-placement composite. Dent Update 1997; 24: 25-30.

19.Burke FJT, Qualtrough AJE. Aesthetic inlays: composite or ceramic?. Br Dent J 1993; 176: 53-60.

20.Wassell RW, Walls AWG, McCabe JF. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: 5-year follow-up. J Dent 2000; 28: 375-382.

21.van Dijken JWV. Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. J Dent 2000; 28: 299-306.

22. Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J Dent* 1997; 25 (6): 459-473.
23. McCabe JJ, Kagi S. Mechanical properties of a composite inlay material following post-curing. *Br Dent J* 1991; 171: 246-248.
24. Hickel R, Manhart J. Longevity of Restorations in Posterior Teeth and reasons for Failure. *J Adh Dent* 2001;3:45-64.
25. Wassell RW, McCabe JF, Walls AWG. Wear rates of regular and tempered composites. *J Dent* 1997; 25: 49-52.
26. Park S. Comparison of degree of conversion for light-cured and additionally Herat-cured composites. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 613-618.
27. Versluis A, Tantbirojn D. Deformation and stress in composite restorations due to polymerization. *Odontoiatria adhesiva e ricostruttiva. Proceedings from the IV International Symposium: 2000 Abr. 14-15: S. Margherita Ligure, 2000: 46-51.*
28. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do Dental Composites Always Shrink Toward the Light?. *J Dent Res* 1998; 77(6): 1435-1445.
29. Pastor Conesa C, Sanchez-Barriga R, Bonilla Represa V, Herrera Martínez M, Jiménez Planas A, Llamas Cadaval R. Estudio in vitro de la filtración marginal en 108 restauraciones de clase II simple para resinas compuestas, según diferentes técnicas de restauración. *Quintessence Int (ed esp)*2000; 13: 17-30.
30. Tessore G, Trincherio A. Post-operative sensitivity consequent to composite restorations in posterior sectors en *Odontoiatria adhesiva e ricostruttiva. Proceedings from the V International Symposium 2001 Abr. 6-7: S. Margherita Ligure, 2001: 62-65.*
31. Condon JR, Ferracane JL. Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 2000; 131: 497-503.
32. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J. Prosthet Dent* 1998; 59 (3): 297-300.

- 33.Caldwell R, Kulkarni G, Titley K. Does single versus stepped curing of composite resins affect their shear bond strength?. J Can Dent Assoc 2000;67(10): 588-92.
- 34.Leinfelder K. Ask the expert. Is it possible to control the directional shrinkage of resin-based composites? J Am Dent Assoc 2001; 132: 782-783.
- 35.Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: a review. Oper Dent 1997; 22: 173-185.
- 36.Opdam NJM, Roeters FJM, Feilzer AJ, Verdonschot EH. Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. J Dent 1998; 26: 555-562.
- 37.Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J Dent Res 1992; 71: 1530-1540.
- 38.Gwinnett AJ. Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. Am J Dent 1992; 5: 127-129.
- 39.Kanca J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding- to dentin. Quintessence Int 1992; 23: 39-41.
- 40.Friedl KH, Schmalz G, Hiller K-A, Mortazavi F. Marginal adaptation of composite restorations versus hybrid ionomer/composite sandwich restorations. Oper Dent 1997; 22: 21-29.
- 41.Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: Leakage within the Hybrid Layer. Oper Dent 1995; 20: 18-25.
- 42.Liebenberg WH. A pictorial essay of clinical innovations with posterior tooth-coloured restorations. Dental Update 2001; 28:282-292.
- 43.Okuda M, Pereira PNR, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-Term Durability of Resin Dentin Interface: Nanoleakage vs Microtensile Bond Strength. Oper Dent 2002; 27: 289-296.
- 44.Manhart J, Yan Chen H, Mehl A, Weber K, Hickel R. Marginal quality and microleakage of adhesive class V restorations. J Dent

2001; 29: 123-130.

45. Opdam NJ, Feilzer AJ, Roeters JJ, Smale I. Class I occlusal composite resin restorations: in vivo post-operative sensitivity, wall adaptation, and microleakage. *Am J Dent* 1998; 11: 229-234.

46. Price RB, Doyle G, Murphy D. Effects of composite thickness on the shear bond strength to dentin. *J Can Dent Assoc* 2000; 66: 35-39.

47. Mjör IA, Toffenetti F. Caries secundarias. Una revisión de la bibliografía con casos clínicos. *Quintessence Int* (ed. esp.) 2001; 14: 12-26.

48. Mjör IA, Moorhead JE, Dahl JE. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. *Int Dent J* 2000; 50:361-366.

49. Thylstrup A, Fejerskov O. Epidemiología de la caries dental. En: Thylstrup A, Fejerskov O. *Caries*. Barcelona. Ediciones Doyma S.A. 1988: 230.

50. Jokstad A, Bayne S, Blunck U, Tyas M, Wilson N. Quality of dental restorations. FDI Commission Project 2-95. *Int Dent J* 2001; 51: 117-158.

51. Mjör IA. The frequency of secondary caries at various anatomical locations. *Oper Dent* 1985; 10:88-92.

52. Svanberg M, Mjör IA, Orstavik D. Mutans streptococci in plaque from margins of amalgam, composite and glass ionomer restorations. *J Dent Res* 1990; 69: 861-864.

53. Wallman C, Krasse B. Mutans streptococci in margins of fillings and crowns. *J Dent* 1992; 20: 163-166.

54. Köhler B, Rasmusson C-G, Ödman P. A five-year clinical evaluation of class II composite resin restorations. *J Dent* 2000; 28: 111-116.

55. van Dijken JW. A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass ionomer cement-composite resin sandwich restorations. *Act Odontol Scand* 1994;52:368-376.

56. Raskin A, Michotte-Theall B, Vre ven J, Wilson NHF. Clinical

evaluation of a posterior composite 10- year report. J Dent 1999; 27: 13-19.

57. Shimizu T, Kitano T, Inoue M, Narikawa K, Fujii B. Ten-year longitudinal clinical evaluation of visible light cured posterior composite resin. Dent Mat J 1995; 14 (2): 120-134.

58. Roulet JF. Marginal Integrity: clinical significance. J Dent 1994; 22: Suppl.1.

59. Goldberg J, Tanzer J, Munster E. et al. Cross-sectional clinical evaluation of recurrent caries, restoration of marginal integrity, and oral hygiene status. J Am Dent Assoc 1981; 102: 635-641.

60. van Dijken JWV. Durability of new restorative materials in Class III cavities. J Adh Dent 2001; 3:65-70.

61. de Araujo MAM, Araujo RM y Marsilio AL. Valoración retrospectiva de restauraciones clase III de resinas compuestas y ionómeros de vidrio: Evaluación clínica realizada durante 2 años. Quintessence Int 1998; 29:87-93.

62. Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Manhart J, Kremers L, Kunzelmann K-H, Hickel R. Two-year clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth. J Prosthet Dent 1999; 82: 391-397.

63. Burrow MF, Makinson OF. Color change in light-cured resins exposed to daylight. Quintessence Int 1991; vol 22: 6: 447-452.

64. Manhart J, Neuerer P, Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Hickel R. Three-year clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth. J Prosthet Dent 2000; 84: 289-96.

65. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. J Prosthet Dent 1990; 64:658-664.

66. Lui JL, Masutani S, Setcos JC, Lutz F, Swartz ML, Phillips RW. Margin quality and microleakage of class II composite resin restorations. J Am Dent Assoc 1987; 114: 49-54.

67. Dietrich Th, Lösche AC, Lösche GM, Roulet J-F. Marginal adaptation of direct composite and sandwich restorations in class II cavities with cervical margins in dentine. J Dent 1999; 27: 119-128.

68. Collins CJ, Bryant RW, Hodge KLV. A clinical evaluation of posterior composite resin restorations: 8-year findings. *J Dent* 1998; vol.26, 4:311-317.
69. Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. The effects of bonding system and light curing method on reducing stress of different C-factor cavities. *J Adhesive Dent* 2001; 3:177-183.
70. O'Neal DA, Miracle RL, Leinfelder KF. Evaluating interfacial gaps for esthetic inlays. *J Am Dent Assoc* 1993; 124: 48-54.
71. Ariyaratnam M, Wilson MA, Wilson NHF, Watts DC. Variation in the thickness of the composite lute with an indirect composite inlay system. *Rest Dent* 1990; 6:16-18.
72. Thordrup M, Isidor F, Hörsted-Bindslev P. A 5-year clinical study of indirect and direct resin composite and ceramic inlays. *Quintessence Int* 2001; vol. 32, N°3: 199-204.
73. Corts JP. Incrustaciones de resina compuesta 8 años de evaluación clínica. *Odonto-postgrado* 1997; 3(4): 29-37.
74. Pereira Ramos R, Chinetatti MA, Thomazatti D, Palma RG. Assessing microleakage in resin composite restorations rebonded with a surface sealant and three low-viscosity resin systems. *Quintessence Int* 2002; 33:450-456.
75. Brannström M, Anström A. The Hydrodynamics of the dentine: its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J* 1972; 22: 219.
76. Unemori M, Matsuya Y, Akashi A, Goto Y, Akamina A. Composite resin restoration and postoperative sensitivity: clinical follow-up in an undergraduate program. *J Dent* 2001; 29: 7-13.
77. Stanley HR, Going RE, Chauncey HH. Human Pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *J Am Dent Assoc* 1975; 91: 817-25.
78. Stanley HR, Bowen RL, Folio J. Compatibility of various materials with oral tissues. II: Pulp responses to composite ingredients. *J Dent Res* 1979; 58(5): 1507-17.
79. Cox CF, Susuki S. Re-evaluating pulp protection: calcium

hydroxide liners vs. cohesive hybridization. J Am Dent Assoc 1994; 125: 823-31.

80. Bouillaguet S, Virgillito M, Wataha J, Ciucchi B, Holz J. The influence of dentine permeability on cytotoxicity of four dentine bonding systems, in vitro. J Oral Rehabil 1998; 25: 45-51.

81. Hebling J, Giro EMA, Costa CAS. Human pulp response after an adhesive system application in deep cavities. J Dent 1999; 27: 557-64.

82. Elbaum R, Remusat M, Brouillet JL. Biocompatibility of an enamel and dentin adhesive. Quintessence Int 1992; 23: 773-82.

83. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. J Dent 1997; 25: 355-72.

84. Fusayama T. Factors and prevention of pulp irritation by adhesive composite resin restorations. Quintessence Int 1987; 18: 663-41

85. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG. Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts. J Dent Res 1991; 70: 1450-5

86. van Dijken JWV. Longevity of new hybrid restorative materials in class III cavities. Eur J Oral Sci 1999; 107: 215-19

87. Wassell RW, Walls AWG, McCabe JF. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: three-year clinical results. Br Dent J 1995; 179: 343-49.

88. El-Mowafy OM, Lewis DW, Benmergui C, Levinton C. Meta-analysis on long-term clinical performance of posterior composite restorations. J Dent 1994; 22:33-43.

89. Susuki S, Leinfelder KF. Desgaste de cúspides de esmalte antagonistas a composites posteriores. Quintessence Int (ed. esp.) 1995; 8: 237-241.

90. Qvist V, Strom C. 11-year assessment of Class-III resin restorations completed with two restorative procedures. Act Odont Scand 1993 51:253-262.

91. Leinfelder KF. ¿Son más duraderas las restauraciones de

amalgama que las de composite?. J Am Dent Assoc 2001.Vol.4: 64-65.

92.O'Neal SJ, Leinfelder KF, Farmer J. Two-year clinical evaluation of a nitrogen-cured composite. J Dent Res 1993; 72: (abstr 1964), 349.

93. Wendt SL. The effect of heat used as secondary cure upon the properties of three composite resins. II. Wear, hardness and colour stability. Quintessence Int 1987; 18:351-356.