



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGIA**

**Tendencias actuales en materiales compuestos para restauraciones
directas posteriores.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autor:

Colcha Colcha, Jennyfer Ivonn

Tutor:

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Jennyfer Ivonn Colcha Colcha, con cédula de ciudadanía 0604872606, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: Tendencias actuales en materiales compuestos para restauraciones directas posteriores., certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 18 de febrero del 2026.



Jennyfer Ivonn Colcha Colcha

C.I: 0604872606

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Sandra Marcela Quisiguiña Guevara** catedrático adscrito a la Facultad de **Ciencias de la Salud**, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Tendencias actuales en materiales compuestos para restauraciones directas posteriores**, bajo la autoría de **Jennyfer Ivonn Colcha Colcha** ; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 6 días del mes de mayo de 2026



Sandra Marcela Quisiguiña Guevara

C.I: 0604258483

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Tendencias actuales en materiales compuestos para restauraciones directas posteriores , presentado por Jennyfer Ivonn Colcha Colcha, con cédula de identidad número 0604872606, bajo la tutoría de Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 18 de Mayo del 2026

Dra.Kathy Marilou Llori Otero.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. María Gabriela Benítez Pérez.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **COLCHA COLCHA JENNYFER IVONN** con CC: **0604872606**, estudiante de la Carrera **ODONTOLOGÍA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Tendencias actuales en materiales compuestos para restauraciones directas posteriores**", cumple con el 9% de textos generados por la IA y <1 % de similitud, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 18 de Febrero de 2026

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A Dios, mi refugio y mi fortaleza, gracias por sostenerme en los momentos en que sentí que ya no podía más, por iluminar mis pensamientos cuando la duda nublaban mi camino y por recordarme, una y otra vez, que después de cada dificultad siempre hay un propósito. Gracias por darme la valentía de continuar cuando rendirme parecía más fácil y por acompañarme silenciosamente en cada paso de este proceso.

A mi madre, Bertha Colcha, el amor más grande y sincero que tengo en mi vida. Gracias por creer en mí incluso cuando yo no encontraba razones para hacerlo, por enseñarme con tu ejemplo que la perseverancia y la fe pueden mover montañas. Gracias por cada sacrificio silencioso, por cada madrugada de preocupación, por cada palabra de ánimo cuando el cansancio me vencía. Este logro no es solo mío, es nuestro. Porque en cada meta alcanzada está tu esfuerzo, tu lucha y tu amor infinito. Todo lo que soy y todo lo que sueño ser tiene sus raíces en ti.

A mi hermana, Lizbeth Colcha, mi compañera de travesuras, mi apoyo incondicional y mi inspiración constante. Gracias por ser ese ejemplo de determinación y valentía que siempre me ha motivado a dar lo mejor de mí. Tu presencia ha sido un refugio seguro en medio de la incertidumbre, y tu confianza en mí ha sido uno de los motores que me impulsó a continuar. Compartir este logro contigo es un privilegio, porque sé que en cada paso que di siempre estuviste alentándome con el corazón.

A mi fiel compañero de cuatro patas, mi amado Gus, gracias por llegar cuando más vulnerable me sentía, cuando el peso de las responsabilidades parecía demasiado grande. Con tu compañía silenciosa, tus ojos llenos de amor y tu lealtad incondicional, sanaste días difíciles y llenaste de luz momentos grises. Eres un regalo de Dios, un pequeño ángel que llegó para recordarme que siempre hay razones para seguir.

A mi familia materna, gracias por ser mi sostén y mi fortaleza en cada etapa de mi vida. Gracias por cada palabra de ánimo, por sus consejos llenos de sabiduría y por el amor incondicional que siempre me han brindado. En ustedes encontré apoyo cuando más lo necesité y confianza cuando las dudas aparecían. Gracias por celebrar mis logros como propios y por recordarme que nunca camino sola. Este logro también les pertenece, porque está construido con su fe en mí y con el cariño que siempre me impulsa a seguir adelante.

A cada persona que conocí en la universidad, a cada amiga y amigo que hizo este camino más ligero y significativo, gracias por las risas compartidas, el apoyo sincero y las palabras de aliento en los momentos de estrés. Cada uno dejó una huella imborrable en esta etapa de mi vida, y los llevaré siempre en mi corazón.

Y finalmente, me lo dedico a mí. A la mujer que lloró en silencio, pero nunca se rindió, a la que dudó muchas veces, pero aun así decidió continuar. Me lo dedico por cada noche de esfuerzo, por cada sacrificio, por cada vez que tuve que ser fuerte incluso cuando no quería. Me lo dedico por creer, aunque fuera con miedo; por insistir, aunque estuviera cansada; por confiar en que era capaz. Este logro es el reflejo de mi constancia, mi valentía y mi determinación. Hoy me abrazo con orgullo y reconozco todo lo que he crecido. Porque también merezco celebrar lo lejos que he llegado.

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud y reconocimiento, dedico estas palabras a mi tutora de tesis, la Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara, quien con su guía experta, compromiso académico y acompañamiento constante hizo posible la culminación de este proyecto de investigación. Su orientación oportuna, observaciones precisas y valiosos aportes científicos enriquecieron cada etapa del proceso, fortaleciendo la calidad y rigurosidad del trabajo desarrollado. Agradezco su paciencia, disposición y confianza, que no solo impulsaron este estudio, sino que también contribuyeron significativamente a mi crecimiento profesional y personal.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a la Universidad por brindarme una formación académica integral basada en la excelencia, el pensamiento crítico y los valores éticos, pilares fundamentales en mi desarrollo como profesional. A cada uno de los docentes que formaron parte de este camino, gracias por su dedicación, enseñanza y vocación, que dejaron una huella significativa en mi formación. Todo lo aprendido a lo largo de esta etapa ha sido esencial para alcanzar este logro y prepararme para asumir con responsabilidad y compromiso los desafíos de mi ejercicio profesional.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	15
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo General.....	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
1.5 Historia y Evolución de las Resinas Compuestas.....	21
1.6 Clasificación de los Composites.....	22
1.6.1 A. Según el tamaño de partícula de relleno	22
1.6.1.1 Composites tradicionales.....	22
1.6.1.2 Composites actuales	22
1.6.2 Según la viscosidad y técnica de aplicación	22

1.6.2.1	Composites tradicionales.....	22
1.6.2.2	Composites actuales	23
1.6.3	Según funcionalidad y características especiales.....	23
1.6.3.1	Composites reforzados con fibras (SFRC).....	23
1.6.3.2	Resinas bioactivas	24
1.7	Composición y Fundamentos de los Materiales Compuestos	24
1.7.1	Matriz orgánica:	25
1.7.2	Partículas de relleno inorgánico:.....	25
1.7.3	Agente de acoplamiento silano:	25
1.7.4	Fotoiniciadores:.....	25
1.8	Propiedades Físico-Mecánicas	26
1.9	Propiedades Estéticas y Ópticas	26
1.10	Fotopolimerización y Contracción	27
1.11	Características de una Buena Fotopolimerización.....	28
1.11.1	Sistemas iniciadores:.....	28
1.11.2	Grado de conversión:	28
1.11.3	Parámetros recomendados:	28
1.12	Envejecimiento, Desgaste y Degradación	28
1.13	Bioactividad y Liberación Iónica	29
1.14	Criterios de Selección Clínica	30
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....		30
3.1	Protocolo PRISMA y uso de Inteligencia Artificial.....	30
3.2	Pregunta PICO.....	30
3.3	Ecuaciones de búsqueda	31
3.3.1	Criterios de inclusión y exclusión.....	32
3.4	Algoritmo PRISMA.....	33

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Resultados.....	34
4.1.1 Identificación de las características, ventajas y limitaciones de los materiales compuestos tradicionales según los estudios.....	34
4.1.2 Innovaciones en Materiales Compuestos Actuales	35
4.1.3 Comparación de los materiales compuestos tradicionales y actuales para restauraciones directas posteriores en función de sus propiedades físico-mecánicas y resultados estéticos, con el fin de establecer criterios para su selección.....	37
4.1.4 Análisis comparativo y rendimiento (Pregunta PICO).....	43
4.2 Discusión	47
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características, ventajas y limitaciones de los materiales compuestos tradicionales	34
Tabla 2. Innovaciones en Materiales Compuestos Actuales	35
Tabla 3. Clasificación de Materiales Compuestos para Restauraciones Directas Posteriores (Actuales vs. Tradicionales)	37
Tabla 4. Comparativa: Materiales Compuestos Actuales vs. Tradicionales	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama PRISMA.....	33
Figura 2.	Comparación General de Propiedades por Tipo de Resina	45
Figura 3.	Tenacidad a la fractura	46
Figura 4.	Propiedades estéticas por tipo de resina	46
Figura 5.	Propiedades Biológicas: Materiales Bioactivos vs Tradicionales	47

RESUMEN

Introducción: Las resinas compuestas constituyen el material restaurador de elección en odontología conservadora contemporánea, Sin embargo, los problemas en cuanto a la contracción de polimerización, la profundidad de curado y el éxito clínico a largo plazo, han motivado la creación de nuevas formulaciones como las resinas bulk-fill, las que contienen refuerzos de fibra y las bioactivas. **Objetivo:** Examinar los enfoques más recientes en el campo de los compuestos para restauraciones directas posteriores a través del análisis de las características, beneficios, y deficiencias de los materiales tanto en el pasado como en el presente. De igual forma, establecer parámetros para la comparación de la selección de estos materiales en la práctica clínica. **Metodología:** Se realizó una búsqueda siguiendo el método PRISMA en las bases de datos como PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar. Los artículos fueron seleccionados desde el año 2020 a 2025. **Resultados:** Las resinas compuestas tradicionales superaron por completo a las demás en los aspectos de dureza superficial y estética, pero no pueden considerarse en restauraciones que tengan un cuerpo de 2 mm. Las resinas compuestas de flujo (bulk fill) se pueden considerar en cuerpos de 4 a 5 mm con contracción de polímero equivalente o menor. Las resinas SFRC tienen una tenacidad a la fractura que puede ser comparable a la de la dentina humana ($1.79-3.08 \text{ MPa}^{1/4}\text{m}^{1/2}$). Los materiales que contienen bioactivos comparados con los compuestos que se usaban anteriormente pueden liberar iones Ca^{2+} , F^- , PO_4^{3-} mediante difusión, pero la efectividad en la prevención de caries secundaria a largo plazo de estos materiales es equivalente al de los materiales tradicionales. **Conclusiones:** Los materiales actuales no han sustituido a los tradicionales, pero tienen ventajas comparativas críticas en eficiencia clínica (bulk-fill), integridad estructural (SFRC) e interacción biológica (bioactivos), manteniendo rendimiento clínico de longevidad equivalente.

Palabras clave: resinas compuestas, bulk-fill, SFRC, materiales bioactivos, restauraciones posteriores, odontología restauradora, propiedades fisico-mecánicas, longevidad clínica.

Abstract

Composite resins are the restorative material of choice in contemporary conservative dentistry. However, issues related to polymerization shrinkage, depth of cure, and long-term clinical success have driven the development of new formulations, such as bulk-fill resins, fiber-reinforced composites, and bioactive materials. This study aimed to examine the most recent approaches in the field of composites for direct posterior restorations by analyzing the characteristics, benefits, and deficiencies of both past and present materials. Likewise, to establish parameters for comparing the selection of these materials in clinical practice. A search was conducted following the PRISMA method in databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar. Articles published between 2020 and 2025 were selected. The results showed that traditional composite resins completely outperformed others in terms of surface hardness and aesthetics; however, they cannot be considered for restorations with a 2 mm increment body. Bulk-fill flowable composites can be used in increments of 4 to 5 mm with equivalent or lower polymer shrinkage. SFRC (Short Fiber-Reinforced Composite) resins exhibit fracture toughness comparable to human dentin ($1.79 - 3.08 \text{ MPa}^{1/4}\text{m}^{1/2}$). Bioactive-containing materials, compared to previously used composites, can release Ca^{2+} , F^- , and PO_4^{3-} ions through diffusion; nevertheless, their long-term effectiveness in preventing secondary caries is equivalent to that of traditional materials. To sum up, current materials have not replaced traditional ones but offer critical comparative advantages in clinical efficiency (bulk-fill), structural integrity (SFRC), and biological interaction (bioactive), while maintaining equivalent clinical longevity performance.

Keywords: composite resins, bulk-fill, SFRC, bioactive materials, posterior restorations, restorative dentistry, physical-mechanical properties, clinical longevity.



Reviewed by:
Jenny Alexandra Freire Rivera, M.Ed.
ENGLISH PROFESSOR
ID No.: 0604235036

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

Las resinas compuestas son consideradas como materiales restauradores de gran utilidad en odontología conservadora por su versatilidad estética y su excelente adhesión al tejido dentario. Su uso se ha consolidado especialmente en restauraciones directas posteriores, reemplazando en gran medida a las amalgamas tradicionales (1). Estas resinas combinan una matriz orgánica polimerizable (p. ej. Bis-GMA, UDMA, TEGDMA), partículas de relleno inorgánicas (vidrio, sílice, zirconia) y agentes de acoplamiento (silanos) que mejoran la transferencia de carga y la estabilidad del material (2). Es así que este estudio pretende abordar mediante una revisión sistemática las tendencias actuales dentro del uso de los materiales compuestos para restauraciones directas posteriores.

La contracción volumétrica durante la polimerización genera tensiones internas que pueden conducir a microfiltración marginal, sensibilidad postoperatoria y caries secundaria si no se controlan adecuadamente (3). Asimismo, la resistencia al desgaste y la adherencia a largo plazo en zonas de alta carga masticatoria siguen siendo retos para muchas formulaciones, especialmente en restauraciones posteriores profundas(4). Entre las causas principales se encuentran limitaciones intrínsecas del material (composición de la matriz y tamaño de la carga), protocolos de fotopolimerización inadecuados y técnica operatoria insuficiente (mala aislación, colocación incorrecta de incrementos). Los efectos clínicos incluyen fallo prematuro de la restauración, reintervención, fracturas del complejo diente-restauración y aumento de los costos de servicio (5).

Se considera justificada esta revisión, por el desarrollo rápido de nuevas formulaciones (nanotecnología, bioactividad, resinas bulk-fill, refuerzo de fibra, etc.) que obliga a una actualización crítica de la evidencia científica existente. El trabajo, en cuanto a la formación de los estudiantes de pregrado en odontología, puede contribuir a la elección de los materiales y las técnicas a emplear en las restauraciones posteriores. El trabajo, en cuanto a la aportación científica, revisa las evidencias clínicas y de laboratorio in vitro que han puesto de manifiesto grandes vacíos de conocimiento y han realizado propuestas de líneas futuras de investigación. Los beneficiarios directos son tanto los alumnos como los docentes o clínicos y, de manera indirecta, los pacientes que recibirán restauraciones más predecibles y duraderas.

Esta revisión sistemática implica una búsqueda exhaustiva de publicaciones en diferentes bases de datos científicas, entre las que se incluyen PubMed, Scopus, ScienceDirect, Web of Science y Google Scholar. Incluirá los estudios que han sido publicados entre 2020 y 2025,

priorizando revisiones, ensayos clínicos y relevantes (en relación a los datos comparativos de los mismos) estudios in vitro. La estrategia de búsqueda combinará términos en inglés y en castellano, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos y se documentará la selección de artículos de una forma similar al flujo PRISMA.

1.1 Antecedentes

Una revisión de 10 años sobre resinas bulk-fill, que incluyó 26 estudios clínicos, reportó que el 73% de las investigaciones evaluaron composites bulk-fill de alta viscosidad con períodos de seguimiento de 1 semana a 10 años. Los resultados mostraron tasas de fallo anuales de 0% a 3%, con tasas de supervivencia entre 78.9% y 100% (7). Un meta-análisis de 10 artículos con 941 restauraciones analizadas y seguimiento medio de 33.6 meses no encontró diferencias estadísticamente significativas en tasas de fallo entre bulk-fill y resinas tradicionales. (8)

Un estudio observó una tasa de fallo anual del 1,1% y un comportamiento clínico similar entre las técnicas bulk-fill e incremental. Se valoraron 236 restauraciones en 72 sujetos durante cinco años. En otro estudio de dos años con 100% de supervivencia, y 80 restauraciones Clase II analizadas, en el que se compararon cuatro sistemas de bulk-fill, se observó que no había diferencias significativas en los criterios FDI modificados (8).

No se encontraron diferencias significativas en textura superficial, coincidencia de color y adaptación marginal en ninguno de los períodos de seguimiento en una revisión sistemática con meta-análisis de 28 ensayos clínicos randomizados que comparó composites nanofilled/nanohíbridos versus híbridos (9). El estudio que se centró en composite nanohíbrido bulk-fill y composite fresado en dientes endodonciados, reportó adecuado rendimiento clínico y mínimo desgaste tras 1 año (10).

Un análisis de 5 ensayos clínicos randomizados que incluyen 298 restauraciones, reportó que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la comparación de composites reinforced with short fibers (SFRC) y composites convencionales en alguno de los parámetros clínicos en estudios de caso (USPHS) (11). Revisando la evidencia, otros estudios reportaron que las restauraciones con SFRC, en comparación con otros tipos de composites, consistentemente alcanzan mayor resistencia a la fractura y mayor proporción de fallas que son reparables en cavidades MOD grandes (11). Un estudio reportó la evaluación de 36 restauraciones SFRC en 33 pacientes, con seguimiento promedio de 30.6 meses, reportando una tasa de supervivencia de 97.2% y una tasa de éxito, sin la necesidad de mantenimiento, de 88.9% (11).

Un estudio clínico randomizado, de diseño split-mouth, de tres años evaluó el desempeño de la resina bioactiva ACTIVA BioACTIVE frente a una resina convencional en el tratamiento de lesiones cariosas profundas de clase II, alcanzando una tasa de éxito del 100% sin diferencias significativas en los criterios FDI (10). Para las resinas bioactivas se ha documentado liberación importante de Ca^{2+} , F^- y PO_4^{3-} bajo diferentes condiciones de pH, siendo la liberación mayor en pH cariogénico (4.5-5.5) y con capacidad de recarga iónica tras exposición a fluoruro tópico (12).

1.2 Planteamiento del problema

En la práctica odontológica restauradora contemporánea, los materiales compuestos representan el pilar fundamental para la rehabilitación conservadora de lesiones cariosas y defectos estructurales en el sector posterior. Su capacidad para mimetizar el color dentario, su adhesión micromecánica al tejido dental y su versatilidad han desplazado gradualmente a materiales tradicionales como la amalgama dental. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos en la composición química y física de las resinas compuestas, aún persisten limitaciones inherentes al material y al procedimiento operatorio que comprometen el pronóstico clínico a largo plazo (1).

Una de las principales desventajas de las resinas compuestas es la contracción volumétrica que ocurre durante la fotopolimerización, la cual genera fuerzas de tensión que afectan la integridad marginal, causando microfiltración, formación de brechas, sensibilidad postoperatoria, e incluso fractura de las cúspides o del propio material restaurador (4). Este fenómeno es especialmente relevante en cavidades profundas de clase I y II, donde la relación C-factor es elevada y las tensiones internas superan la resistencia adhesiva interfacial. Se ha señalado que esta contracción puede alcanzar entre 2.0% y 4.5% del volumen del material, dependiendo de su composición, carga de relleno y velocidad de curado (13).

Un meta-análisis incluyendo 2,816 restauraciones con 569 restauraciones fallidas, reportó una tasa de fracaso anual de 1.8% a 5 años y 2.4% a 10 años, identificando caries secundaria y fractura como principales razones de fallo (14). Otros investigadores revisaron 33 artículos publicados entre 2011-2021, reportando rangos de tasas de fracaso anual de 0.08% a 6.3%, tasas de supervivencia de 23% a 97.7%, y tasas de éxito de 43.4% a 98.7% (5). Un análisis de 910 restauraciones con supervivencia a 4 años del 93% (IC 95%: 91-95%) y a 12 años del 86% (IC 95%: 82-89%), documentó patrones temporales diferenciados donde fracturas de restauración/diente y complicaciones endodónticas ocurren predominantemente (>75%) en

los primeros 3 años, mientras que la caries secundaria se manifiesta (>75%) después de 3 años de servicio (14). La magnitud del problema y la necesidad urgente de evaluar críticamente los materiales y métodos existentes, especialmente con la aparición de nuevas alternativas como las resinas Bulk-Fill, las resinas bioactivas y los compuestos reforzados con fibra, está demostrada por estas cifras.

Aunque los fabricantes de estas nuevas generaciones de resinas las promueven como soluciones efectivas a problemas tradicionales, los estudios clínicos y experimentales aún proporcionan resultados contradictorios. Por ejemplo, un estudio *in vitro* evaluó la resistencia a la flexión de una resina Bulk-Fill polimerizada con diferentes tiempos de exposición y encontró que incluso con solo 10 segundos de curado se obtenían valores superiores al mínimo ISO establecido (15). No obstante, otra evidencia científica ha evidenciado que la resistencia de las resinas reforzadas con fibras, aunque presentan alta resistencia inicial, tiende a degradarse tras periodos de inmersión en agua, lo que plantea interrogantes sobre su estabilidad mecánica a largo plazo (11).

También en el contexto clínico hay resinas compuestas bioactivas con que se restauró un molar posterior profundo con buenos resultados funcionales y no se reportó sensibilidad posoperatoria debido al potencial remineralizante y protector pulpar que implica la liberación de calcio, fosfato y flúor del material (10). Sin embargo, se necesitan estudios clínicos más controlados para confirmar estos efectos a largo plazo.

A nivel regional, revisiones sistemáticas (13) indican que los materiales Bulk-Fill proporcionan ciertas ventajas, como una mayor profundidad del curado y un menor tiempo operatorio, pero aún no existe evidencia concluyente sobre el desempeño de los materiales Bulk-Fill en la odontología del área de restauraciones extensas en clínica. Del mismo modo, investigaciones han concluido que los composites Bulk-Fill fluidos ofrecen propiedades mecánicas superiores a las convencionales, pero se debe considerar la técnica operatoria y la cavidad clínica para su selección adecuada (15).

La diversidad de materiales disponibles para las restauraciones directas no garantiza mejores resultados clínicos debido a la variabilidad de estos materiales en comportamiento mecánico, adaptación marginal, facilidad de manipulación y respuesta pulpar. Por lo tanto, la diversidad de resultados contradictorios en estudios clínicos y estudios *in vitro*, muestra la necesidad de evaluación completa en comparación de las propiedades físico-mecánicas, estéticas y funcionales de los materiales compuestos contemporáneos.

En consecuencia, se plantea como problema principal de esta investigación la falta de consenso clínico y científico sobre cuál tipo de resina compuesta entre las actuales tendencias como nanohíbridas, Bulk-Fill, bioactivas y reforzadas con fibras ofrece el mejor equilibrio entre resistencia mecánica, adaptación marginal, facilidad de uso y comportamiento biológico en restauraciones directas en dientes posteriores. Esta incertidumbre limita una correcta toma de decisiones clínicas basada en evidencia científica actualizada.

1.3 Justificación

El presente trabajo se lleva a cabo con la finalidad de reconsiderar, desde un punto de vista científico y académico, las tendencias actuales en los materiales compuestos aplicables a, y utilizados en restauraciones directas posteriores. Para ello se considera su evolución, sus propiedades y su desempeño clínico. Se propone sistematizar la evidencia reciente (2020-2025) sobre los tipos de resinas compuestas (tradicionales, Bulk-Fill, bioactivas y reforzadas con fibras) a fin de hacer una identificación de sus ventajas, desventajas y aplicaciones más adecuadas según la profundidad y el tipo de cavidad. Así las cosas, el trabajo tiene la finalidad, a su vez, de poder contribuir a la actualización del conocimiento en materia de materiales dentales, así como de poder fundamentar la toma de decisiones clínicas en base a la evidencia científica.

La investigación se encuentra justificada porque, si bien las resinas compuestas han reemplazado considerablemente a la amalgama como material restaurador, siguen existiendo importantes dificultades clínicas como la contracción de polimerización, la microfiltración marginal, la fatiga del material frente a las cargas oclusales (3). Estas limitaciones dan lugar a fracasos clínicos frecuentes que disminuyen la durabilidad de las restauraciones como caries recurrente, sensibilidad postoperatoria o fractura del material (5). En este sentido, las nuevas generaciones de composites parecen ofrecer una mejoría en el rendimiento clínico, si bien la literatura científica muestra resultados contradictorios en relación con la eficacia real (13); en consecuencia, se lleva a cabo la investigación para aclarar y comparar la reciente evidencia científica y así orientar la práctica clínica en el sentido del uso racional y eficiente de los nuevos materiales compuestos.

Los avances en las tecnologías de materiales dentales crean un riesgo reputacional para la divulgación del conocimiento académico y clínico. En este contexto, el estudio actual es relevante para el mundo académico, ofreciendo diligencia en la revisión de la literatura y la síntesis de evidencia para actualizar los protocolos de restauraciones directas en los dientes

posteriores, para mejorar la proximidad a los investigadores, educadores y estudiantes. Los beneficiarios directos de este estudio son los estudiantes de pregrado de odontología, quienes se podrán apropiarse de fundamentos teóricos y clínicos actualizados acerca del uso de materiales compuestos para restauraciones directas. (16).

El principal aporte de este estudio consiste en establecer una síntesis crítica y comparativa de las propiedades físico-mecánicas, estéticas y biológicas de las distintas generaciones de materiales compuestos, con especial atención a las innovaciones desarrolladas en la última década. Este trabajo permitirá identificar tendencias basadas en evidencia sobre los composites más adecuados para restauraciones posteriores según el tipo de cavidad y técnica operatoria, ofreciendo una guía útil para el ejercicio clínico y la docencia. Asimismo, el análisis integrará resultados de investigaciones, aportando así una visión actualizada sobre el uso de estos materiales (16).

Los profesores e investigadores cuentan con un marco de referencia documentado que sustenta la enseñanza y favorecerá el desarrollo de nuevos estudios experimentales. Desde el ámbito clínico, los dentistas generales y los odontólogos especialistas en odontología restauradora tendrán una herramienta científica para la selección de materiales que esté basada en la evidencia, mejorando la calidad y longevidad de los tratamientos dentales que llevan a cabo. De forma indirecta, los pacientes se beneficiarán más puesto que recibirán restauraciones de la dentición más estéticas, duraderas y biocompatibles, en la línea de la odontología mínimamente invasiva.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar las tendencias actuales en el uso de materiales compuestos para restauraciones directas posteriores, a partir de la recopilación y evaluación crítica de fuentes de información.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las características, ventajas y limitaciones de los materiales compuestos tradicionales
- Examinar las propiedades e innovaciones de los materiales compuestos actuales
- Comparar los materiales compuestos tradicionales y actuales para restauraciones directas posteriores en función de sus propiedades físico-mecánicas y resultados estéticos, con el fin de establecer criterios para su selección.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

En los últimos años, el desarrollo de materiales compuestos para restauraciones directas posteriores ha experimentado una notable evolución impulsada por la necesidad de lograr tratamientos estéticos, duraderos y mínimamente invasivos. Desde la introducción de las resinas compuestas en la década de 1960, se han sucedido múltiples generaciones de materiales, cada una orientada a superar las limitaciones de su predecesora, como la contracción de polimerización, la sensibilidad postoperatoria o la deficiencia en las propiedades mecánicas (1).

Durante el periodo 2020-2025, la investigación odontológica ha centrado su atención en tres tendencias principales: la optimización de las propiedades físico-mecánicas de los composites, la incorporación de nanomateriales y tecnologías de curado profundo (Bulk-Fill), y la creación de sistemas bioactivos capaces de liberar iones remineralizantes (13). Las innovaciones más recientes buscan mejorar la conversión del monómero y reducir el estrés interno mediante modificaciones en la matriz orgánica y el uso de fotoiniciadores de nueva generación .

A nivel internacional, revisiones sistemáticas recientes confirman el crecimiento de la evidencia clínica favorable para las resinas Bulk-Fill y los nanocompuestos. Se destaca que las formulaciones actuales han reducido significativamente el estrés de polimerización y mejorado la longevidad clínica cuando se aplican con adhesivos universales de última generación (17). Asimismo, se subraya que la evolución de los fotoiniciadores y de la distribución del tamaño de las partículas de relleno ha permitido obtener materiales con mejor profundidad de curado, menor desgaste y mayor estabilidad cromática (16).

1.5 Historia y Evolución de las Resinas Compuestas

El desarrollo de las resinas compuestas modernas inició en 1962 cuando el Dr. Rafael Bowen obtuvo la patente (US 3,066,112) del monómero Bis-GMA (bisphenol A-glycidyl methacrylate), conocido como “Resina de Bowen”. Este desarrollo resolvió las limitaciones de las resinas de polimetilmetacrilato utilizadas desde la década de 1940, ofreciendo mayor resistencia, menor contracción y coeficiente de expansión térmica similar al diente (1).

La evolución por generaciones de partículas progresó desde los macrofill (1970s, 10-50 μm), microfill (1980s, 0.02-0.04 μm), híbridos (1990s, 15-20 μm + 0.01-0.05 μm), microhíbridos (2000s, 0.4-1.0 μm + nano), hasta los actuales nanohíbridos (5-75 nm + clusters) y nanofill

(5-20 nm). La fotopolimerización evolucionó desde luz ultravioleta (1970), luz visible halógena (1980s), hasta LED multi-wave con irradiancia de 800-2000 mW/cm² (2).

1.6 Clasificación de los Composites

1.6.1 A. Según el tamaño de partícula de relleno

1.6.1.1 Composites tradicionales

Los composites híbridos tradicionales, desarrollados en la década de 1990, contienen partículas de 0.6-1.0 µm combinadas con nanopartículas, alcanzando una carga de 75-85% en peso. Estos materiales representaron un avance significativo al combinar las ventajas de los macrofill (resistencia mecánica) con los microfill (pulibilidad), logrando un equilibrio entre propiedades físicas y estéticas. Su composición bimodal permitió mejorar tanto la resistencia al desgaste como la textura superficial, estableciendo el estándar para las restauraciones posteriores durante más de dos décadas (3,18).

1.6.1.2 Composites actuales

Los nanohíbridos representan la evolución contemporánea, presentando partículas de 0.1-2 µm combinadas con nanopartículas de 20-75 nm y carga de 75-87% en peso. Esta distribución trimodal optimiza simultáneamente la resistencia mecánica, el pulido y las propiedades ópticas. Los nanofill puros, por su parte, contienen exclusivamente partículas de 5-75 nm con carga de 78-79.5%, ofreciendo el máximo nivel de pulibilidad y mimetización óptica con el esmalte natural. Los nanocompuestos, con partículas inferiores a 100 nm, presentan excelente pulido, estabilidad cromática superior y mejor comportamiento óptico que las generaciones previas, gracias a la reducción de la dispersión de luz y al incremento en la homogeneidad de la matriz (3,18,19).

1.6.2 Según la viscosidad y técnica de aplicación

1.6.2.1 Composites tradicionales

Los composites flowable (fluidos) contienen un contenido de relleno reducido (44-55%), lo que les confiere baja viscosidad y facilita su adaptación en cavidades de acceso limitado, aunque a costa de mayores tasas de contracción y menor resistencia al desgaste. Los convencionales o universales mantienen un contenido estándar (60-70%), representando el equilibrio clásico entre manipulación y propiedades mecánicas, adecuados para la mayoría de restauraciones mediante técnica incremental. Los packable (condensables) presentan alto

contenido de relleno (75-85%), permitiendo su condensación en cavidad de manera similar a la amalgama, con excelente resistencia al desgaste pero mayor dificultad de manipulación y adaptación marginal (3,20).

1.6.2.2 Composites actuales

Las resinas Bulk-Fill constituyen la innovación más significativa en técnica de aplicación, con contenido variable de relleno (60-87%) que permite polimerización de 4-5 mm de profundidad en una sola aplicación, reduciendo dramáticamente el tiempo clínico sin comprometer las propiedades mecánicas. Esta capacidad se consigue a través de una mayor translucidez (que facilita la penetración de la luz), fotoiniciadores de elevada eficiencia (como Ivocerin y Lucirin TPO) y moduladores de estrés que minimizan la contracción de la polimerización. Son dos las subcategorías más importantes: la Bulk-Fill fluida (que se caracterizan con una baja viscosidad, son ideal para una base) y la Bulk-Fill esculpibles (alta viscosidad, que se pueden usar como único material restaurador). El desarrollo de estas ha modificado el protocolo clínico para las restauraciones posteriores, sobre todo para las cavidades profundas y de mayor volumen (3,17,20).

1.6.3 Según funcionalidad y características especiales

1.6.3.1 Composites reforzados con fibras (SFRC)

Los Short Fiber Reinforced Composites incorporan fibras de vidrio de 1-2 mm de longitud distribuidas aleatoriamente en la matriz de resina, actuando como mecanismo de detención de propagación de fracturas (crack-stopping mechanism). Dicha arquitectura hace que la resistencia a la fractura sea notablemente mayor y que el número de fallas reparables aumente en las cavidades MOD grandes, donde el tejido remanente tiene un compromiso estructural importante. Materiales como el EverX Posterior han mostrado capacidad para soportar cargas oclusales altas en las restauraciones extensas sin cf. A la cubierta de cúspide. Son materiales que pueden aumentar la tenacidad (toughness) y la resistencia a la fractura en las cavidades extensas de forma que se conviertan en la alternativa conservadora a las coronas en dientes posteriores muy implicados (21–23). Las SFRC han demostrado módulos de elasticidad que, en comparación con los composites, están más próximos a la dentina, lo que ocasiona la reducción en la concentración de estrés en la interfaz restauración-diente. Las restauraciones con SFRC sin cobertura completa exhiben resistencia a la fractura comparable a coronas cerámicas en molares con pérdida de una cúspide, con la ventaja de permitir reparaciones intraorales en caso de falla (11). Sin embargo, la absorción acuosa puede comprometer sus

propiedades a largo plazo, requiriendo técnicas adhesivas meticulosas para maximizar su durabilidad (24).

1.6.3.2 Resinas bioactivas

Las resinas bioactivas son materiales que contienen vidrios ionoactivos que son capaces de liberar continuamente iones calcio, fosfato y de flúor de forma sostenida. De esta manera, promueven la remineralización de la dentina adyacente, así como una capacidad de recarga iónica tras la exposición a fluoruro tópico. A diferencia de la resina compuesta tradicional, este nuevo tipo de materiales permite establecer una interacción química activa y funcional con los fluidos orales y el tejido dental. Materiales como ACTIVA BioActive combinan la tecnología de ionómeros de vidrio modificados con resina y la de composites creando así una red poliácida modificada que permite ir realizando el intercambio iónico de forma continua.

Este mecanismo dual otorga a los materiales una mejor capacidad de sellado marginal y la capacidad de neutralizar el pH ácido de la interfaz restauración-diente (25-27). Estudios recientes han mostrado que la liberación iónica de estas resinas es dependiente del pH, aumentando significativamente en condiciones ácidas (pH 4.5-5.5) que simulan el ambiente cariogénico, precisamente cuando la protección remineralizante es más necesaria. La resina bioactiva ACTIVA BioACTIVE muestra una liberación sustancial de Ca^{2+} , F^- y PO_4^{3-} bajo pH variable (con la capacidad de recargarse tras la aplicación tópica de flúor) y permite una liberación sostenida tras períodos prolongados (28). Este comportamiento inteligente (smart material) representa un avance conceptual hacia la odontología preventiva integrada en la restauración (28,29). Además la capacidad de intercambio iónico bidireccional de las resinas bioactivas después de remoción selectiva de tejido carioso, sugiriendo un potencial terapéutico en el manejo de lesiones profundas (30).

Cada uno de los grupos responde a distintas necesidades clínico-mecánicas, por lo que su selección estará en función del posicionamiento de la cavidad, del espesor del material utilizado y del tipo de carga funcional que soportará la restauración.

1.7 Composición y Fundamentos de los Materiales Compuestos

Los materiales compuestos dentales son biomateriales híbridos cuya finalidad es restaurar la estructura dental perdida asociando las propiedades estéticas, mecánicas y funcionales de los mismos. Se presentan constituidos fundamentalmente por tres fases: una matriz orgánica, partículas de relleno inorgánico, y un agente de acoplamiento silano (1).

1.7.1 Matriz orgánica:

Está formada por monómeros dimetacrílicos de alto peso molecular que confieren rigidez, resistencia y capacidad de polimerización (31). El Bis-GMA (bisfenol A glicidil metacrilato, PM 512 g/mol) presenta alta viscosidad e hidrofobicidad con contracción de 6.1%. El UDMA (uretano dimetacrilato, PM 470 g/mol) ofrece menor viscosidad con contracción de 6.7%. El TEGDMA (trietilenglicol dimetacrilato, PM 286 g/mol) actúa como diluyente aumentando la conversión y mejorando la fluidez y manipulación del material, aunque estos incrementan la contracción volumétrica durante la polimerización (12.5%) (3,16,19). Los monómeros de baja contracción incluyen DX511, TCD-uretano, siloranos (~1% contracción) y ormocers (3,32).

1.7.2 Partículas de relleno inorgánico:

Compuestos de sílice coloidal (SiO_2 , índice de refracción 1.46), vidrios de bario y estroncio (que aportan radiopacidad), o zirconia (ZrO_2 , índice 2.13) que ofrecen refuerzo mecánico, son los responsables de otorgar resistencia mecánica, dureza y estabilidad dimensional. Su cantidad y su tamaño afectan de forma directa a las propiedades del composite, un mayor porcentaje de carga (por encima del 70 % en peso) en el composite incrementa la resistencia a la abrasión y reduce la contracción (33). El contenido típico varía entre el 44-55% peso en flowables hasta el 80-87% peso en packable/bulk-fill (16,17). En los composites modernos, las partículas suelen encontrarse entre 20 nm y 1 μm , con una distribución bimodal o trimodal que optimizan tanto la manipulación como la pulibilidad superficial (7).

1.7.3 Agente de acoplamiento silano:

El γ -methacryloxypropyltrimethoxysilane (γ -MPTS) cumple función bifuncional uniendo la fase inorgánica (relleno) con la orgánica (matriz), actuando como puente químico. Los grupos alcoxi hidrolizan formando silanoles que establecen enlaces siloxano (Si-O-Si) con la superficie del vidrio. Su función es crucial para evitar la separación interfacial bajo estrés mecánico y mejorar la durabilidad del material (34). La degradación hidrolítica de este enlace en ambiente oral húmedo constituye su principal limitación. Sin un acoplamiento adecuado, se genera un aumento de la microfiltración y una disminución de la resistencia a la fatiga (17,27).

1.7.4 Fotoiniciadores:

Los composites contienen fotoiniciadores que activan el proceso de polimerización mediante luz azul visible (≈ 470 nm). El sistema clásico se basa en canforquinona (CQ) combinada con

aminas terciarias, pero en las últimas generaciones se han incorporado iniciadores alternativos como Lucirin TPO y Ivocerin, que ofrecen mayor profundidad de curado y estabilidad cromática (21).

1.8 Propiedades Físico-Mecánicas

Las propiedades físico-mecánicas determinan la longevidad del material y su comportamiento frente a las fuerzas masticatorias. El desempeño clínico de los composites depende de su resistencia flexural, dureza, módulo elástico, contracción de polimerización y desgaste superficial. Entre las más relevantes se incluyen la resistencia flexural, el módulo elástico, la dureza superficial, el desgaste, y la resistencia a la fractura (20).

Los estudios in vitro han demostrado que los nanocomposites poseen mayor dureza Vickers, mejor retención del pulido, un módulo elástico elevado y excelente resistencia a la abrasión gracias a la distribución homogénea de partículas ultrafinas (32,35). Los Bulk-Fill exhiben buena profundidad de curado, aunque con menor resistencia superficial, pero presentan mejor resistencia al impacto, lo que los hace adecuados para restauraciones posteriores de alto volumen (19,35). Los Bulk-Fill exhiben una resistencia flexural media de 120-150 MPa, suficiente para soportar las fuerzas oclusales en molares (17).

Se encontraron que la forma y el tamaño de las partículas de relleno influyen significativamente en la resistencia y el comportamiento óptico del material (18). Los composites reforzados con fibras como EverX Posterior presentan alta tenacidad inicial, aunque su estabilidad puede disminuir por la absorción de agua, afectando su durabilidad (36). Por su parte, los materiales bioactivos como Activa® tienden a mostrar menor dureza superficial, pero ventajas en biocompatibilidad y capacidad de sellado. El comportamiento clínico también depende del tipo de adhesivo empleado y de la preparación cavitaria. Los sistemas adhesivos de séptima generación o universales han mejorado la compatibilidad con los composites modernos, optimizando la unión química y reduciendo la microfiltración (27).

1.9 Propiedades Estéticas y Ópticas

Las propiedades ópticas -translucidez, índice de refracción, fluorescencia y estabilidad cromática- son cruciales para la óptima integración visual de la restauración en el entorno dentario. Estas propiedades determinan la percepción estética final (23).

Los nanocompuestos, por su tamaño uniforme de partículas, ofrecen mayor translucidez, pulido duradero y una translucidez superior debido al pequeño tamaño de sus partículas

(27,35). La incorporación de pigmentos y óxidos metálicos permite replicar el color y la opalescencia del esmalte. No obstante, la estabilidad del color depende de la calidad del curado y del grado de conversión: una polimerización incompleta puede producir amarillamiento con el tiempo (37).

El uso de agentes fotoiniciadores con longitudes de onda extendidas también contribuye a un color más estable tras el envejecimiento (38). Sin embargo, factores clínicos como el tipo de lámpara, el tiempo de curado y la textura superficial determinan la estabilidad final del color (39).

En ambientes clínicos, el mantenimiento del color y del brillo depende también de la resistencia a las manchas. Se observaron que las resinas con menor contenido de TEGDMA son más estables frente a agentes pigmentantes como el café o el vino (18).

1.10 Fotopolimerización y Contracción

El proceso de fotopolimerización es determinante para el éxito clínico de las restauraciones con composites. La contracción volumétrica durante la polimerización genera tensiones internas que pueden inducir microfiltración marginal y sensibilidad postoperatoria (40). Este fenómeno ocurre cuando los monómeros se convierten en polímeros, reduciendo el volumen del material entre 2-6% dependiendo de su composición (40).

El estrés de contracción depende de varios factores: el tipo de monómero utilizado, el contenido de relleno, la configuración cavitaria (factor C), y la técnica de fotocurado empleada. Las cavidades con alto factor C (relación superficie adherida/superficie libre) experimentan mayor estrés, lo que puede comprometer la integridad marginal. Un análisis crítico sobre las aplicaciones y limitaciones del factor C en el análisis de estrés de restauraciones dentales, concluyendo que el concepto tradicional de C-factor solo es aplicable bajo condiciones de baja compliancia del sustrato, condiciones que no son típicas en la práctica clínica real donde la dentina presenta cierto grado de deformación elástica (41). Este hallazgo sugiere que otros factores como el módulo elástico del composite, la velocidad de polimerización y la geometría cavitaria tridimensional tienen mayor influencia en el estrés resultante que el C-factor por sí solo (42).

Técnicas como el fotocurado por capas (incremental technique), el uso de lámparas LED de alta potencia con perfiles de irradiación modulados (soft-start), y los materiales Bulk-Fill con moduladores de estrés han contribuido a reducir este fenómeno (1). Se señala que el control

del estrés de contracción continúa siendo uno de los principales retos en odontología restauradora adhesiva (17).

1.11 Características de una Buena Fotopolimerización

1.11.1 Sistemas iniciadores:

El sistema iniciador más común es la canforquinona (CQ, absorción máxima 468 nm) que requiere co-iniciador amina y produce coloración amarilla. Alternativas incluyen PPD (410 nm), TPO/Lucirin (390-410 nm), BAPO (370-410 nm) e Ivocerin (370-460 nm) con menor coloración y mayor eficiencia de curado en profundidad (3).

1.11.2 Grado de conversión:

El grado de conversión hace referencia al porcentaje de dobles enlaces C=C que se convierten a enlaces simples C-C. Los rangos comerciales típicos son 43-70%, siendo el óptimo >55% para unas buenas propiedades mecánicas. Los factores que afectan el grado de conversión son: intensidad de luz (óptimo 800-1200 mW/cm²), longitud de onda (460-480 nm óptimo para CQ), tiempo de exposición (10-40s), espesor del incremento (≤ 2 mm convencional, 4-5mm bulk-fill), y distancia punta-material (cada 1mm se reduce la intensidad en ~10%) (23,27).

1.11.3 Parámetros recomendados:

Para composites convencionales: espesor máximo 2 mm, intensidad mínima 400 mW/cm², tiempo 20-40 s. Para bulk-fill: espesor máximo 4-5 mm, intensidad 800-1000 mW/cm², tiempo 10-20 s. La energía total recomendada es de 16-24 J/cm² (23,27).

1.12 Envejecimiento, Desgaste y Degradación

El envejecimiento del composite se produce por la exposición continua a variaciones térmicas, humedad y pH, que generan degradación hidrolítica de la matriz y del agente de acoplamiento (26). Esta degradación reduce la dureza y favorece la aparición de grietas superficiales.

Los composites reforzados con fibras tienden a absorber más agua, lo que puede alterar sus propiedades a largo plazo. Se demostró que, tras 14 días de inmersión, la resistencia flexural de los composites reforzados con fibras se reduce hasta un 20 %, mientras que los nanocomposites mantienen su integridad estructural (26).

Por otro lado, los materiales bioactivos presentan una durabilidad favorable gracias a su capacidad de formar una capa superficial de apatita que actúa como barrera protectora frente

al ataque ácido (38). La formación de esta capa de hidroxiapatita biomimética ha sido documentada mediante estudios de inmersión en fluido corporal simulado (SBF - Simulated Body Fluid), donde se observa la nucleación y crecimiento de cristales de apatita en la interfaz material-solución. En una revisión comprehensiva publicada en Journal of Dental Research, describieron los mecanismos moleculares mediante los cuales los materiales bioactivos desarrollan esta capa protectora, destacando el rol de los iones calcio y fosfato liberados en la creación de un microambiente supersaturado que favorece la precipitación de HAp (43). Este proceso no solo protege contra la desmineralización, sino que también puede sellar microfisuras en la interfaz adhesiva, mejorando el sellado marginal a largo plazo (44).

1.13 Bioactividad y Liberación Iónica

El concepto de bioactividad ha revolucionado la odontología restauradora contemporánea. La bioactividad en los composites modernos busca restablecer la interacción biológica entre el material restaurador y el tejido dentario. A diferencia de los composites tradicionales, los materiales bioactivos interactúan químicamente con los tejidos dentales, liberando iones calcio, fosfato y flúor que favorecen la remineralización y la neutralización de ácidos en el entorno bucal, además de promover la inhibición de la caries secundaria (39,45).

Las resinas bioactivas empleadas en estas formulaciones contienen vidrios ionoactivos capaces de liberar iones que al entrar en contacto con fluidos bucales promueven la remineralización y forman una capa similar a hidroxiapatita. Se ha documentado que la resina bioactiva ACTIVA BioACTIVE libera Ca^{2+} , F^- y PO_4^{3-} de manera sustancial bajo pH variable, con liberación incrementada en pH cariogénico (4.5-5.5) y capacidad de recarga iónica tras exposición a fluoruro tópico (28). Se evidenciaron que las resinas bioactivas como ACTIVA Bioactive presentan un comportamiento favorable en cavidades profundas, con baja sensibilidad postoperatoria y una liberación sostenida de iones remineralizantes (46).

Se observó que las restauraciones con Activa® BioACTIVE tienen estabilidad, tanto clínica como estéticamente, después de varios meses de seguimiento, ilustrando su potencial capacidad preventiva contra la desmineralización secundaria (40).

La bioactividad mejora no solo la salud del diente restaurado, sino también la longevidad clínica del material. Su resistencia mecánica todavía es inferior a la de los composites convencionales, lo que limita su aplicación en casos de alta carga oclusal (17).

1.14 Criterios de Selección Clínica

La selección del material restaurador debe basarse en una evaluación integral del tipo y profundidad de la cavidad, extensión, carga oclusal y demandas estéticas del paciente (45). En cavidades poco profundas se recomiendan nanohíbridos de alta estética. En cavidades de Clase I y II con profundidad moderada, los Bulk-Fill son recomendados por su capacidad de curado en masa; mientras que en cavidades de Clase III y IV, donde la estética es prioritaria, se prefieren nanohíbridos de alto pulido (3,23).

En restauraciones extensas o que están sujetas a una alta tensión oclusal, se prefieren los sistemas Bulk-Fill o reforzados con fibra para mejorar la resistencia estructural. Los composites bioactivos se reservan para restauraciones cercanas a la pulpa debido a su efecto protector y liberación de flúor. Los reforzados con fibra son adecuados para restauraciones de gran volumen o como base estructural debajo de capas estéticas superficiales (3).

En cavidades profundas, la combinación de resina Bulk-Fill en la base y composite convencional en la superficie superior logra un compromiso entre resistencia y estética (47).

Un criterio adicional es la compatibilidad con el sistema adhesivo. Los adhesivos universales contemporáneos permiten elegir estrategias de grabado total o selectivo según el tipo de sustrato y composite utilizado (47).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Protocolo PRISMA y uso de Inteligencia Artificial

La presente revisión sistemática se realizó siguiendo el protocolo PRISMA, garantizando un proceso metodológico ordenado y transparente. Además, se utilizaron herramientas de inteligencia artificial como apoyo en redacción y traducción, manteniendo siempre el análisis y las conclusiones bajo autoría propia.

3.2 Pregunta PICO

Se determinó un esquema PICO que se ajusta al propósito de esta revisión sistemática:

- P (Población): Dientes posteriores permanentes (molares y premolares) que necesitan restauraciones directas.
- I (Intervención): Restauraciones directas posteriores con los nuevos materiales compuestos (bulk-fill, nanohíbridos, bioactivos, reforzados con fibras cortas).

- C (Comparación): Restauraciones directas posteriores con resinas compuestas clásicas (híbridas, microhíbridas tradicionales)
- O (Outcomes/Resultados): Propiedades mecánicas (resistencia a la flexión, resistencia a la fractura, dureza), propiedades estéticas (estabilidad de color, adaptación marginal), comportamiento biológico (liberación de iones, bioactividad), rendimiento clínico (tasas de supervivencia, de fracasos, longevidad).

Pregunta de investigación: ¿Los nuevos materiales compuestos (bulk-fill, nanohíbridos, bioactivos, reforzados con fibras) para restauraciones directas posteriores presentan propiedades físico-mecánicas, estéticas, biológicas y clínicamente superiores o comparables a las resinas compuestas clásicas?

3.3 Ecuaciones de búsqueda

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Número de artículos
PubMed	("composite resin"[Mesh] OR "resin composite"[tiab]) AND (bulk-fill[tiab] OR nanohybrid[tiab] OR bioactive[tiab] OR "fiber-reinforced"[tiab]) AND (posterior[tiab] OR molar[tiab] OR premolar[tiab]), con filtro de fecha (2020-2025)	342
Scopus	TITLE-ABS("composite resin" OR "resin composite") AND TITLE-ABS(bulk-fill OR nanohybrid OR bioactive OR fiber-reinforced) AND TITLE-ABS(posterior OR molar OR premolar), filtro de años 2020-2025	145
WoS	TS=(("composite resin") AND (bulk-fill OR nanohybrid OR bioactive OR "fiber-reinforced")) AND (posterior OR molar OR premolar)), restricción por año (2020-2025)	156

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Número de artículos
Google Scholar	Términos generales en español e inglés, e.g. resinas compuestas diente posterior bulk-fill nanohíbrido bioactivo fibras 2020	138

3.3.1 Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de estudios se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Artículos que se publicaron desde enero de 2020 y concluir con aquellos que terminaron en diciembre de 2025 en revistas científicas indexadas.
- Investigaciones en resinas compuestas Bulk-Fill, compuestas nanohíbridas, compuestas bioactivas o reforzadas con fibras en reconstrucciones directas de molares y premolares permanentes.
- Investigaciones, ensayos clínicos aleatorizados y controlados, estudios prospectivos, estudios comparativos in vitro, revisiones sistemáticas con y sin metaanálisis que trabajaran en el desempeño físico-mecánico y estético, así como también biológico o clínico.
- Artículos que tengan texto completo en inglés o español y que cumplan con el criterio de tener una metodología claramente definida.
- Investigaciones que aporten datos cuantificados sobre resistencia a la flexión, resistencia a la fractura, dureza, profundidad de curado, contracción por polimerización, adaptación marginal, estabilidad de color, liberación iónica, tasas de supervivencia o de fallo.
- Estudios clínicos con un seguimiento de participantes de al menos 12 meses para la evaluación de longevidad y el desempeño clínico.

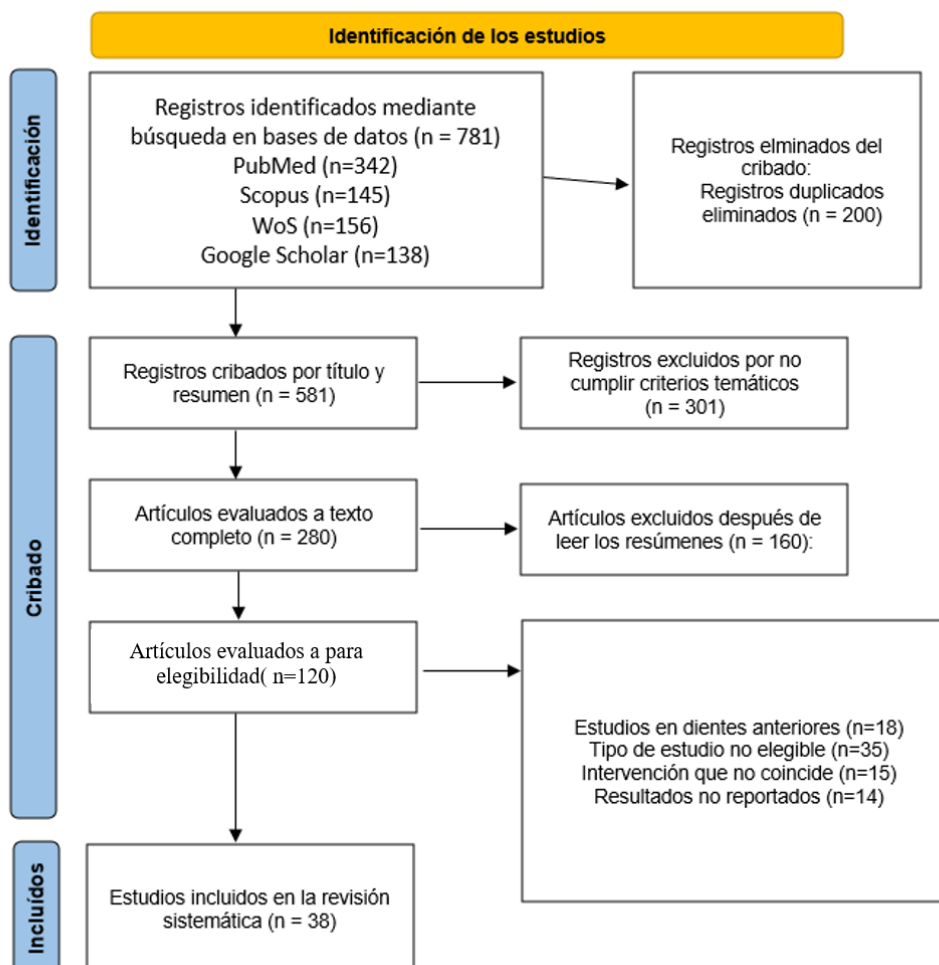
Criterios de exclusión:

- Estudios orientados a restauraciones solamente de dientes anteriores (incisivos y caninos), restauraciones indirectas (inlays, onlays, coronas), o tratamientos de conductos.

- Reportes de caso único, secuencias de caso sin un grupo control, artículo de carta al editor, opiniones de expertos, editoriales, resúmenes de ponencias y estudios piloto con un tamaño muestral que no puede extraer conclusiones.
- Estudios con metodología inadecuadamente argumentada, estudios comparativos que carezcan de grupos de comparación, o información estadística incompleta para analizar de forma cuantitativa.
- Investigaciones que utilicen diferentes materiales dentales que no sean las resinas compuestas (cerámica, amalgama, cementos de ionómero de vidrio convencionales o materiales provisionales)
- Investigaciones que sean sólo para dentición primaria (dientes temporales) o en animales modelos sin validez externa a humanos.

3.4 Algoritmo PRISMA

Figura 1. Diagrama PRISMA



CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Identificación de las características, ventajas y limitaciones de los materiales compuestos tradicionales según los estudios.

Tabla 1. Características, ventajas y limitaciones de los materiales compuestos tradicionales

Autor(es)	Año	Características	Ventajas	Limitaciones y Análisis
Yu et al. (48)	(2022)	Naturaleza orgánico-mineral con conversión de monómeros de metacrilato en enlaces covalentes mediante fotoirradiación.	Propiedades estéticas excelentes, alta resistencia mecánica e insensibilidad técnica relativa.	El volumen del material se contrae al polimerizar, lo que genera estrés en la interfaz de unión con el diente.
Kury et al.; Kaplan (49,50)	(2020) (2019)	Utilizados frecuentemente como alternativa a la amalgama en restauraciones posteriores.	Permiten restauraciones más conservadoras y estéticas que los materiales metálicos.	Presentan una baja profundidad de curado y estrés por contracción, lo que puede causar sensibilidad posoperatoria y caries secundaria.
Misilli & Gönülol; Rodríguez et al. (51) (52)	(2015) (2022)	Requieren fotopolimerización para estabilizar la estructura.	Son los materiales de restauración directa más utilizados para satisfacer la demanda estética del paciente.	La penetración de la luz es limitada, con una tasa de contracción estructural del 2% al 5%.
Gonzaga et al.; Rodríguez et al. (25,52)	(2022) (2022)	Técnica de colocación en capas incrementales (máximo 2 mm de espesor).	El empaquetamiento incremental ayuda a reducir el impacto de la contracción de polimerización.	La técnica incremental prolonga el tiempo de tratamiento clínico en el consultorio.
Herrera Caranguí et al. (53)	(2025)	Poseen un relleno de partículas finas para mejorar la superficie.	Presentan una mayor dureza superficial y menores tasas de desgaste que algunas resinas	Si el grado de conversión de monómeros es bajo (menor al 55-65%), se comprometen las propiedades mecánicas

modernas como las Bulk Fill. y aumenta la microfiltración.

La revisión de las fuentes correspondientes en la tabla 1 pone de manifiesto que las tradicionales resinas compuestas continúan siendo el gold standard estético y de dureza superficial, incluso por delante de tecnologías más recientes como las resinas Bulk Fill que son superadas en resistencia al desgaste. Sin embargo, su principal debilidad radica en la contracción por polimerización, que genera estrés dentro de la estructura dental que puede llevar a microfiltraciones, manchas marginales y sensibilidad. Desde el punto de vista clínico, la principal limitación de este material es su profundidad de curado, que está restringida a 2 mm, lo que requiere al odontólogo utilizar una técnica por capas. Si bien esta técnica es efectiva para el manejo del estrés por contracción, el incremento del tiempo operatorio requerido ha motivado la búsqueda de alternativas que permitan realizar incrementos mayores, como los sistemas monobloque.

Desde el punto de vista clínico, la principal limitación de estos sistemas es que el curado es limitado a 2 mm, por lo que el odontólogo debe emplear una técnica incremental. Si bien esta técnica es útil para el control de la tensión de la contracción, también incrementa de manera importante el tiempo de la intervención, lo que ha llevado a la búsqueda de diferentes alternativas que ofrezcan incrementos superiores, como los sistemas de monobloque. En resumen, la efectividad de estos materiales es directamente proporcional a la conversión de los monómeros, ya que una polimerización deficiente degrada de manera acelerada sus características físicas y biológicas.

4.1.2 Innovaciones en Materiales Compuestos Actuales

Tabla 2. Innovaciones en Materiales Compuestos Actuales

Autor(es)	Año	Innovación / Material	Propiedades y Características	Ventajas	Análisis de Limitaciones e Innovación
Yu et al.; Parra Gatica et al. (48,54)	(2022) (2023)	Resinas Bulk Fill (BF- RBCs)	Mayor translucidez y sistemas de iniciación altamente eficientes (ej. Ivocerin).	Permiten incrementos de 4 a 5 mm, simplificando el procedimiento y reduciendo	Aunque optimizan el tiempo, pueden presentar tasas de desgaste más altas y menor dureza

errores técnicos como burbujas. superficial que las resinas convencionales.

Kamourieh et al.; Jakab et al. (2024) (55,56)	(2024)	Resinas Reforzadas con Fibra (SFRC)	Incorporación de fibras de vidrio E cortas y desorientadas en la matriz polimérica.	Poseen una tenacidad a la fractura similar a la dentina, actuando como "detenedores de grietas" y absorbiendo el estrés oclusal.	Se consideran materiales biomiméticos ideales para sustituir dentina, pero requieren una capa superficial de resina convencional para mejorar la estética y el desgaste.
Yu et al.; Ilie & Hickel (13,48)	(2022) (2011)	Tecnología de Monómeros AFM y AUDMA	Uso de monómeros de transferencia de cadena por adición-fragmentación (AFM) y uretano dimetacrilato aromatzado.	El AFM reorganiza la red polimérica durante la polimerización, retrasando el punto de gel y liberando significativamente el estrés de contracción.	Esta innovación permite que el estrés (SS) sea menos dependiente de la contracción volumétrica (PS) y, por lo tanto, mejora la integridad marginal.
Oz et al.; Albelasy et al. (57,58)	(2022) (2025)	Resinas Bioactivas	Materiales de curado dual (químico y físico) que liberan iones de calcio, flúor y fosfato.	Ofrecen propiedades remineralizantes y capacidad de neutralizar ácidos, protegiendo contra la caries secundaria.	Si bien representan una alternativa a la amalgama para las restauraciones posteriores, al ser tecnologías recientes necesitan más estudios clínicos que evalúen sus efectos a largo plazo.
Tokgoz Kaplan et al.; Rodríguez et al. (50,52)	(2019) (2022)	Optimización de la Profundidad de Curado	Modificación de los índices de refracción entre partículas de relleno y	Logran una polimerización adecuada en toda la profundidad del bloque (hasta 5-6 mm en algunos	El éxito depende críticamente de la irradiación y el tiempo de exposición,

matriz orgánica.	casos), manteniendo la dureza de Vickers.	variando según la viscosidad del material (fluida vs. pasta).
---------------------	--	---

La tabla 2 indica la evolución hacia los materiales actuales indica un cambio de paradigma: de restauraciones estéticas simples a restauraciones rehabilitadoras con componentes funcionales y terapéuticos. La principal innovación de las resinas Bulk Fill es su capacidad de curado profundo, lo que elimina la necesidad de técnicas incrementales, reduciendo así el riesgo de sensibilidad postoperatoria y contaminación entre capas. Sin embargo, el análisis clínico indica que la longevidad de su rendimiento es comparable a la de las técnicas convencionales, mientras que proporciona la ventaja competitiva de la eficiencia clínica.

En la introducción de resinas de fibra (SFRC), se introducen nuevos elementos. Con el objetivo de crear nuevas fibras de resina que tengan el mismo comportamiento que un diente natural. Ya que posee una tenacidad a la fractura semejante a la humanidad, esta nueva creación evita fracturas catastróficas de remanente dental en amplias cavidades. Las resinas bioactivas son materiales de curado dual que liberan iones de calcio, fosfato y flúor, favoreciendo la remineralización y la neutralización de ácidos, lo que ayuda a prevenir la caries secundaria. Aunque representan una alternativa prometedora a la amalgama, aún requieren mayor evidencia clínica a largo plazo.

4.1.3 Comparación de los materiales compuestos tradicionales y actuales para restauraciones directas posteriores en función de sus propiedades físico-mecánicas y resultados estéticos, con el fin de establecer criterios para su selección.

Tabla 3. Clasificación de Materiales Compuestos para Restauraciones Directas Posteriores (Actuales vs. Tradicionales)

Categoría	Autores (Año)	Tipo/Subclasificación	Características y Materiales	Análisis de Aplicación Clínica
MATERIALES ACTUALES				
Resinas Bulk Fill	Parra Gatica et al.; Rodríguez et al. (52, 54)(2023; 2022)	Baja Viscosidad (Fluidificables)	Se usan como base cavitaria; requieren capa final de resina convencional. Ej: SDR, Venus	Presentan la mayor profundidad de polimerización, pero menores propiedades

			Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Flow.	mecánicas superficiales.
	Al-Onazi et al.; Kunz et al. (59, 60)(2018; 2022)	Activación Sónica	Utilizan pieza de mano sónica para aumentar fluidez durante inserción. Ej: SonicFill, SonicFill 2, SonicFill 3.	Al vibrar, la resina se adapta mejor a las paredes cavitarias y luego recupera viscosidad para ser esculpida. Permite incrementos de hasta 5 mm.
	Ilie y Hickel; Flury et al.; Kaplan (7, 15, 50)(2022; 2022; 2019)	Alta Viscosidad (Esculpibles)	Llamadas full-body; no requieren capa de recubrimiento. Ej: Tetric EvoCeram Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Posterior, Filtek One Bulk Fill.	Optimizadas con mayor carga de relleno para resistir cargas oclusales directas en el sector posterior. Permiten técnica monobloque completa.
Reforzados con Fibra (SFRC)	Salem et al.; Herrera Carangui et al.; Escobar et al. (24, 53, 61)(2022; 2025; 2023)	SFRC de Base (Dentine Substitute)	Incorporan fibras de vidrio cortas desorientadas para detener propagación de grietas. Ej: everX Posterior, everX Bulk.	Recomendados en cavidades extensas (Clase I y II) y dientes endodonciados por su alta tenacidad. Modulo elástico similar a dentina.
	Garoushi et al.; Jakab et al.; Kamourieh et al. (11, 55, 56)(2018; 2024; 2024)	SFRC Fluido	Versión de baja viscosidad para mejor adaptación marginal. Ej: everX Flow, G-aenial Universal Injectable.	Tenacidad a la fractura superior a compuestos tradicionales (1.79-3.08 MPa m ^{1/2}), imitando comportamiento biomecánico dental.
Resinas Bioactivas	Oz et al.; Albelasy et al.; Venkataiah	Resinas Bioactivas (Restauración)	Materiales de curado dual que liberan calcio, flúor y fosfato.	Capacidad de alcalinizar el medio para neutralizar

	et al. (28, 57, 58)(2022; 2025; 2025)		Resinas compuestas bioactivas de fotocurado que liberan calcio, flúor y fosfato. Ej: ACTIVA BioACTIVE, Predicta Bioactive, Beautifil II LS.	ácidos y prevenir caries secundaria. Liberación iónica dependiente del pH.
--	---------------------------------------	--	---	--

MATERIALES TRADICIONALES

Compuestos Convencionales	Ferracane; Roulet y Van Meerbeek (1, 2)(2011; 2017)	Macrohíbridadas (Macrofilled/Hybrid)	Primera generación de híbridos con partículas de 10-50 micrómetros combinadas con sílice coloidal. Matrices de Bis-GMA/TEGDMA. Ej: P-50, Occlusin, Clearfil Posterior.	Alta resistencia mecánica y dureza, pero pulido deficiente y rugosidad superficial elevada. Indicadas históricamente para sector posterior por su resistencia al desgaste.
	Demarco et al.; Cenci et al.; Van Meerbeek et al. (3, 5, 32)(2017; 2021; 2021)	Microhíbridadas	Partículas de 0.4-1.0 micrómetros con distribución bimodal. Matrices optimizadas Bis-GMA/UDMA. Ej: Filtek Z250, Herculite XRV, Esthet-X, TPH Spectra.	Estándar de oro durante dos décadas para restauraciones posteriores. Equilibrio entre estética, pulido y propiedades mecánicas. Requieren técnica incremental (2 mm o menos).

La tabla 3 explica que a lo largo de las últimas décadas se ha producido un avance notable en la evolución de los materiales compuestos utilizados para las restauraciones directas en el sector posterior, pasando de los sistemas convencionales a los que se basaban en la técnica de estratificación a los de última generación, que buscan la optimización del tiempo clínico, el perfeccionamiento de las propiedades biomecánicas y la estimulación de la interacción biológica con el sustrato dental. En esta clasificación se ha podido distinguir entre los

materiales más contemporáneos y los más tradicionales, que ha permitido contar con fundamentos para la elección de materiales en el ejercicio clínico.

Las resinas Bulk Fill se crearon como una solución para disminuir el tiempo clínico, puesto que permiten la colocación de incrementos de 4 a 5 mm en monobloque, es decir, en una sola capa. Estos materiales, según sus viscosidades y mecanismos de activación, se dividen en tres grupos.

Las resinas Bulk Fill de baja viscosidad, también denominadas fluidificables, se caracterizan por su elevada capacidad de adaptación a las paredes cavitarias y su notable profundidad de polimerización, atribuida a una mayor translucidez y al empleo de fotoiniciadores altamente reactivos. Materiales representativos de esta categoría incluyen SDR, Venus Bulk Fill y Filtek Bulk Fill Flow. Sin embargo, debido a sus menores propiedades mecánicas superficiales, particularmente en términos de dureza y resistencia al desgaste, estas resinas requieren obligatoriamente una capa de recubrimiento con resina convencional que proporcione la resistencia necesaria para soportar las cargas oclusales directas.

Las resinas Bulk Fill de alta viscosidad, o resinas esculpibles, también denominadas "full-body", por su parte, suponen una evolución que facilita las restauraciones directas al eliminar la capa de recubrimiento, son optimizados por una alta carga de relleno inorgánico, que les otorgan propiedades mecánicas ya adaptadas para el sector posterior clínico, donde la evidencia de éxito es mayor del 95% con un seguimiento de 6 meses a cinco años y que se caracterizan por disminuir el tiempo de trabajo e la menor sensibilidad postoperatoria; otra subcategoría vendría determinada por las resinas de activación sónica, representadas especialmente por el sistema SonicFill ya que requieren de una pieza de mano sónica que por una vibración controlada disminuir temporalmente la viscosidad de la resina en el momento de la inserción, ayudando así a su contacto con las irregularidades y al ceder la activación por sónica el material vuelve a su viscosidad original, que permite su esculpido y conformación anatómica.

A pesar de las cuestiones favorables previamente entre las presentadas, los distintos estudios citados han mencionado, las resinas Bulk Fill llegarán a tener un desgaste un poco más superior e inferior dureza superficialmente a las resinas composite convencionales. Adicionalmente, las resinas Bulk Fill cuando éstas son utilizadas sin haber aplicado una base cavitaria en las cavidades amplias pueden tener hasta, según diversas publicaciones, una

mayor micro-filtración por lo que esta clínica puede ser precisamente una de sus principales desventajas y limitaciones.

El objetivo de los SFRC es imitar a través de la naturaleza de la dentina, la mezcla por lo que se introducen micropartículas de vidrio en una matriz de resina semi-interpenetrada que puede también aproximarse a un “detenedor de grietas” para redistribuir la tensión oclusal y evitar que este vidrio eventualmente se fracture.

Dentro de esta categoría se distinguen dos presentaciones principales. Los SFRC de base, también denominados sustitutos de dentina, están representados por materiales como everX Posterior. Estos compuestos están especialmente indicados para cavidades extensas tipo Clase I y II, así como para dientes sometidos a tratamiento endodóntico, donde la pérdida significativa de estructura dental compromete la resistencia biomecánica del remanente. Su eminentemente superior tenacidad a la fractura con respecto a casi la total de las resinas constituye su ventaja principal.

Por el contrario, everX Flow, como el más conocido de los SFRC, difiere de otros en que se presenta como una versión de viscosidad reducida, lo que le permite, en su uso en los márgenes de las cavidades, mejorar la adaptación en cavidades que son profundas e irregulares y a su vez en su uso clínico en situaciones complejas, ya que mantiene la tenacidad que caracteriza a la categoría.

Sin embargo, los materiales SFRC arrastran un cierto tipo de limitaciones estéticas por causa de su composición fibrosa, también presentan un coste muy elevado con respecto a las resinas tradicionales. Para contrarrestar de algún modo estas desventajas es, por tanto, que merecen ser recubiertos con una capa de resina compuesta tradicional, que garantizará un acabado estético e incluso una mayor resistencia al desgaste superficial en las áreas de contacto oclusal.

En una línea más reciente de desarrollo se encuentran las resinas bioactivas, las cuales introducen el concepto de interacción biológica entre el material restaurador y el medio oral. Estas resinas incorporan vidrios ionoactivos con partículas reactivas que permiten la liberación sostenida de calcio, flúor y fosfato en la interfaz diente-restauración. El mecanismo de acción se basa en su potencial alcalinizante, que permite la neutralización de los ácidos producidos por el metabolismo bacteriano y la elevación del pH local, creando un microentorno desfavorable para el desarrollo de lesiones cariosas secundarias. La liberación iónica también estimula los procesos de remineralización en el sustrato dental adyacente, contribuyendo a la preservación a largo plazo del sellado marginal.

A nivel clínico, las resinas bioactivas han demostrado tasas de supervivencia comparables a las de las resinas compuestas convencionales, con tasas situadas entre el 92,5% y el 100% a los 2 años. La ausencia de caries recurrentes reportadas en los estudios clínicos tiene especial interés. Sin embargo, la evidencia a largo plazo sigue siendo limitada, y meta-análisis recientes no han demostrado diferencias estadísticamente significativas respecto a las tradicionales para la prevención de caries secundarias a los 8 años de seguimiento. Las resinas compuestas convencionales nanohíbridas y microhíbridas continúan siendo los materiales de referencia en la práctica clínica restauradora, principalmente en lo que respecta a estética y resistencia superficial.

Un claro ejemplo son las resinas basadas en matrices de Bis-GMA y UDMA, con componentes de relleno de sílice, circonio u otras partículas cerámicas de control de tamaño, utilizando productos bien catalogados como Filtek Z250, Filtek Z350 XT.

Su rendimiento clínico es principalmente el resultado de la correcta aplicación de la técnica de capas de no más de 2 mm, lo que permitirá controlar el estrés de contracción por polimerización y asegurar una polimerización adecuada en el centro de la capa. Estos materiales se distinguen por una estabilidad cromática excelente, una capacidad de pulido superior y una mayor dureza superficial frente a la de muchas resinas Bulk Fill, haciéndolos especialmente adecuados para restauraciones en zonas de alta demanda estética y funcional.

No obstante, su limitada profundidad de polimerización los hace menos seguros cuando se aplican en grandes incrementos, además de que el procedimiento clínico resulta más prolongado y altamente sensible a la técnica operatoria, incrementando el riesgo de defectos como burbujas intercapas, contaminación entre incrementos y degradación de la interfaz adhesiva por exposición prolongada al medio oral durante el procedimiento.

La selección del material compuesto más adecuado a la situación clínica debe partir de una consideración global, y con múltiples factores a tener en cuenta. Algunas de las más importantes son la extensión y profundidad de la cavidad; las exigencias oclusales para el área a restaurar; los criterios estéticos que exige el paciente; la vitalidad de la pieza dental; el riesgo de caries o retorno de la lesión de caries; y el tiempo disponible del clínico.

El uso de tecnología Bulk Fill va de la mano con la optimización del tiempo operatorio, siendo la primera opción en cavidades profundas, mientras que, para cavidades extensas, tipo MOD, y en dientes endodonciados con necesidad de refuerzo estructural, la opción de elección son los SFRC. Las resinas bioactivas representan una alternativa valiosa en pacientes con alto

riesgo de caries o cuando se busca un efecto preventivo adicional. Por su parte, las resinas convencionales nanohíbridas y microhíbridas mantienen su indicación primordial en restauraciones donde la estética, el pulido y la resistencia superficial constituyen prioridades clínicas fundamentales.

4.1.4 Análisis comparativo y rendimiento (Pregunta PICO)

Tabla 4. Comparativa: Materiales Compuestos Actuales vs. Tradicionales

Dimensión	Materiales Actuales (Bulk-fill, SFRC, Bioactivos)	Materiales Tradicionales (Resinas Incrementales)	Comparativa y Análisis
Profundidad de Curado	Superior: Permiten incrementos de 4 a 5 mm en un solo bloque.	Limitada: Restringida a un máximo de 2 mm para asegurar la polimerización.	Los materiales actuales logran esto gracias a una mayor translucidez y sistemas iniciadores altamente eficientes.
Estrés de Contracción	Comparable o Menor: Utilizan monómeros moduladores de estrés (ej. AFM, AUDMA) para reducir tensiones.	Elevado: Requieren técnica incremental para disipar las fuerzas de contracción volumétrica.	A pesar de aplicarse en grandes volúmenes, los sistemas modernos gestionan mejor el estrés marginal.
Tenacidad a la Fractura	Superior (SFRC): Las resinas reforzadas con fibra poseen una tenacidad similar a la dentina humana (1.79–3.08 MPa·m ^{1/2}).	Inferior: Estructuras rígidas y quebradizas que no detienen la propagación de grietas en cavidades extensas.	Las resinas SFRC actúan como "detenedores de grietas", previniendo fracturas catastróficas del diente.
Dureza y Desgaste	Variable: Las versiones Bulk-fill fluidas pueden presentar menor dureza superficial que las convencionales.	Alta: Generalmente superiores en dureza superficial y resistencia al desgaste oclusal directo.	Los nanohíbridos actuales igualan esta propiedad, pero las Bulk-fill fluidas suelen requerir una capa de recubrimiento.
Estética y Pulido	Nanohíbridos Excelentes: Alta retención de brillo y baja susceptibilidad a manchas.	Estándar de Oro: Siguen siendo el referente para mimetizar capas de esmalte con diversas opacidades.	Los materiales Bulk-fill pueden ser limitados estéticamente por su alta translucidez, resultando a veces en tonos "grisáceos".
Bioactividad	Superior: Las resinas bioactivas liberan calcio,	Nula: Son materiales biológicamente pasivos que no	Aunque liberan iones, el rendimiento clínico en prevención de

	flúor y fosfato, y neutralizan ácidos.	interactúan con el medio oral.	caries secundaria es similar al de resinas convencionales a 8 años.
Rendimiento Clínico	Comparable: Tasas de supervivencia entre el 78.9% y 100% en seguimientos de hasta 10 años.	Referencia: Longevidad probada basada en la técnica incremental rigurosa.	Los materiales actuales ofrecen una mayor eficiencia clínica al reducir drásticamente el tiempo operatorio y errores técnicos.

El tabla 4 compara los materiales compuestos actuales con los tradicionales, evidenciando que la a mayor innovación de los materiales actuales, específicamente las resinas Bulk-fill, es la capacidad de romper la barrera de los 2 mm impuesta por los materiales tradicionales. Distintas resinas convencionales, cuya puesta en práctica exige una técnica incremental adecuada para propiciar la penetración de la luz y contrarrestar la contracción volumétrica, como las que requisitos como el mantenimiento del grosor (4 o 5 mm de grosor), por el contrario, los materiales actuales permiten incrementos máximos de 4 a 5 mm gracias a una mayor translucidez y a sistemas iniciadores más enérgicos; de hecho, a pesar de que se aplican en mayores bloques, el estrés de contracción es el mismo o menor ya que la presencia de moduladores químicos permite privilegiar una futura reconstrucción de la red polimérica durante el proceso de curado conseguido.

El contraste más destacado se obtiene en la resistencia a la fractura, donde un material compuesto tradicional forma una estructura rígida con la posibilidad de permitir la propagación de las grietas en cavidades extensas. En contraste, las resinas reforzadas con fibra (SFRC) son el material que hace las veces de dentina como 'cortacéspedes': debido a su capacidad para absorber y distribuir las cargas oclusales, los SFRC superan a los composites en los casos de dientes estructuralmente muy comprometidos o que han sido tratados endodónticamente, es decir, en el caso de dientes que son muy intensos por su comportamiento tienden a capacitarse para producir fracturas catastróficas. Si bien los materiales actuales parecen ofrecer enormes ventajas funcionales, las resinas tradicionales y nanohíbridas aún mantienen en la actualidad el "gold estándar" en cuanto a pulido y estéticas finas.

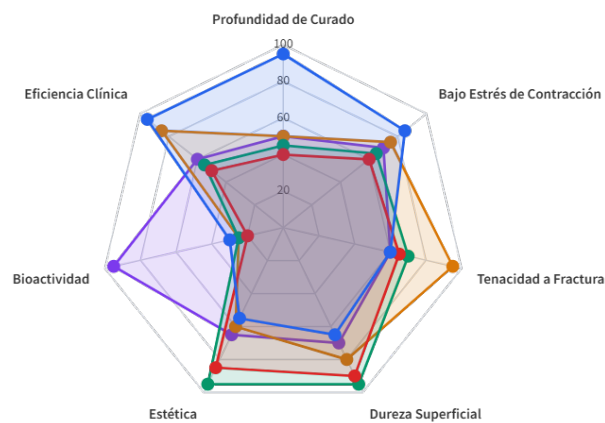
Las resinas Bulk-fill, debido a su necesidad de ser traslúcidas para permitir el curado profundo, a veces pueden carecer de la opacidad necesaria para mimetizar perfectamente el esmalte, resultando en tonos grisáceos. Asimismo, las versiones tradicionales suelen poseer

una dureza superficial superior a las Bulk-fill de baja viscosidad, las cuales requieren ser recubiertas por una capa de resina convencional para resistir el desgaste en zonas oclusales.

Una dimensión que distingue a los materiales actuales es la interacción biológica activa. Las resinas bioactivas, como ACTIVA BioACTIVE, han convertido la restauración en un elemento activo. A diferencia de los materiales tradicionales que son biológicamente pasivos, estas resinas liberan calcio, fluoruro y fosfato, y poseen un potencial alcalino que neutraliza los ácidos producidos por las bacterias, protegiendo así la interfaz diente-restauración frente a caries secundarias.

Figura 2. Comparación General de Propiedades por Tipo de Resina

Escala relativa de desempeño (0-100)



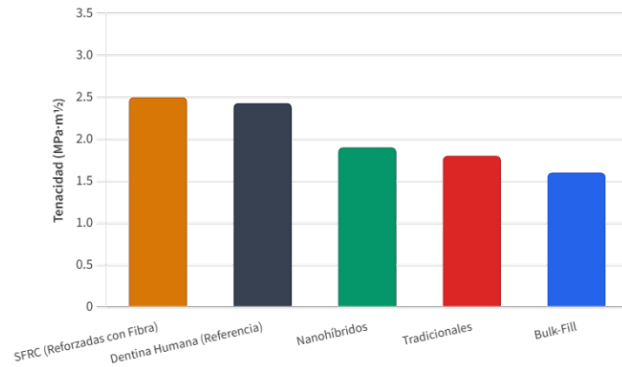
En términos de longevidad, la evidencia muestra que ambos grupos presentan tasas de supervivencia comparables (generalmente por encima del 95% en seguimientos a corto y medio plazo). Sin embargo, la ventaja crítica de los materiales actuales radica en la eficiencia clínica: al reducir el número de capas, se reduce tanto el tiempo quirúrgico como la probabilidad de errores técnicos (como la captura inadvertida de burbujas de aire entre capas).

La selección del material no debe ser necesariamente exclusiva. Los criterios de selección en la actualidad contemplan la posibilidad de emplear sistemas híbridos o de doble capa; es decir, compuestos reforzados con fibra o inteligentes Bulk-fill para formar la capa de soporte de base y estructural y cubrir la superficie con la aplicación de resinas tradicionales o compuestos nanohíbridos bien para brindar el nivel estético esperable, bien para resistir el desgaste superficial.

El gráfico de radar de la Figura 2 muestra simultáneamente las 7 principales dimensiones de evaluación para los 5 tipos de resinas. Permite la identificación visual del perfil de fortalezas

y debilidades de cada material, evidenciando que ningún tipo único domina en todas las categorías.

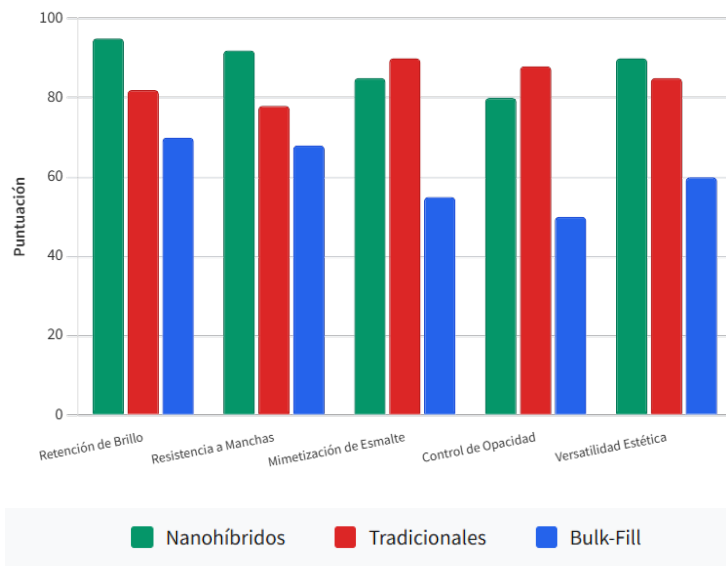
Figura 3. Tenacidad a la fractura



Referencia: La dentina humana presenta una tenacidad de 1.79–3.08 MPa·m^{1/2}. Las resinas SFRC alcanzan valores similares, actuando como "detenedores de grietas"

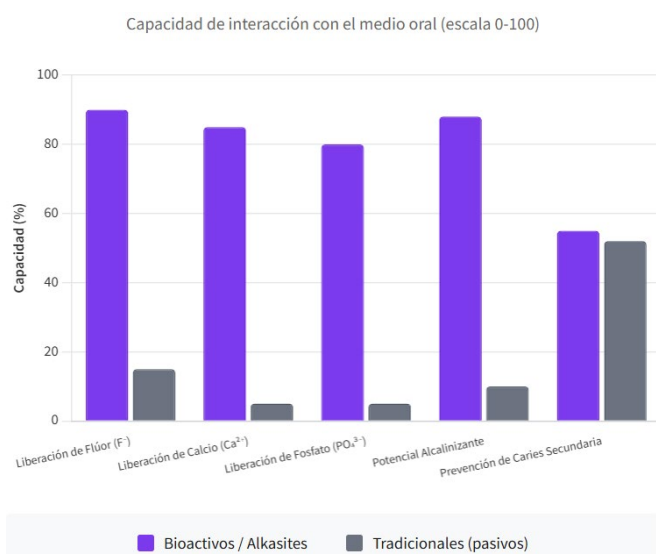
La comparación de barras que incluye la dentina humana como referencia (1.79-3.08 MPa·m^{1/2}). Destaca la superioridad de las resinas SFRC, cuya tenacidad es comparable al tejido dentario natural, lo que les confiere capacidad de actuar como "detenedores de grietas".

Figura 4. Propiedades estéticas por tipo de resina



La figura 4 de barras agrupadas que compara nanohíbridos, tradicionales y bulk-fill en cinco parámetros estéticos. Evidencia la superioridad de los nanohíbridos en brillo y resistencia a manchas, mientras las tradicionales mantienen ventaja en mimetización del esmalte.

Figura 5. Propiedades Biológicas: Materiales Bioactivos vs Tradicionales



Nota clínica: A pesar de la liberación de iones, meta-análisis recientes indican que el rendimiento en prevención de caries secundaria es similar entre bioactivos y convencionales en seguimientos de 1-8 años.

La figura 5 muestra la comparación entre resinas bioactivas y materiales tradicionales (biológicamente pasivos). Muestra la marcada superioridad en liberación de iones y potencial alcalinizante de las resinas bioactivas, pero señala que la prevención de caries secundaria resulta similar a largo plazo.

4.2 Discusión

Los resultados evidencian que las resinas compuestas tradicionales continúan siendo el estándar de referencia en términos de propiedades estéticas y dureza superficial. Esta observación coincide con lo reportado por Ferracane (1), quien señala que los composites híbridos y microhíbridos han establecido un equilibrio óptimo entre resistencia mecánica y capacidad de pulido durante más de dos décadas de uso clínico. Sin embargo, la principal limitación identificada -la profundidad de curado restringida a 2 mm- representa un factor crítico que condiciona la técnica operatoria y prolonga significativamente el tiempo clínico. A tal efecto, Roulet y Van Meerbeek (2) refieren que la técnica adhesiva en odontología restauradora depende en gran medida de la correcta polimerización del sistema adhesivo, en la medida que la profundidad de curado es un factor determinante en el éxito clínico a largo plazo.

La contracción de polimerización, documentada entre 2% y 4.5% del volumen según la composición del material (3), constituye el principal desafío clínico de estos materiales.

Demarco et al. (5) sostienen que las razones más comunes de fallo son las caries secundarias y la fractura, con tasas de fallo del 1,8% a los 5 años y del 2,4% a los 10 años. Estos datos son coherentes con los que encontraron Opdam et al. (14), quienes evidenciaron que las caries secundarias y la fractura también presentan diferentes patrones temporales: mientras que la fractura es más frecuente en los 3 primeros años, las caries secundarias son más frecuentes después de este periodo. Adicionalmente, Schwendicke et al. (4) confirmaron que las razones para el fallo y reemplazo de restauraciones posteriores de composite están íntimamente relacionadas con la técnica operatoria y las propiedades intrínsecas del material, particularmente la contracción volumétrica durante la polimerización.

Es importante destacar que el éxito de los materiales tradicionales depende críticamente del grado de conversión de monómeros. Como señalan Herrera Carangui et al. (53), cuando este parámetro es inferior al 55-65%, se comprometen significativamente las propiedades mecánicas y aumenta la susceptibilidad a la microfiltración marginal, lo cual coincide con las observaciones de Van Meerbeek et al. (3) respecto a la importancia de los protocolos de fotopolimerización adecuados. En este contexto, Cenci et al. (32) determinaron que las restauraciones para dientes posteriores requieren un rendimiento mecánico óptimo que solo se alcanza con grados de conversión adecuados, siendo la técnica incremental el método tradicional para asegurar este parámetro. Ferracane y Hilton (37) complementaron esta perspectiva al demostrar que el estrés de polimerización y su papel en el rendimiento clínico están directamente relacionados con el protocolo de aplicación del material.

La evolución hacia los materiales actuales marca un cambio de paradigma significativo en la odontología restauradora. Las resinas bulk-fill representan la innovación más trascendente, permitiendo incrementos de 4-5 mm mediante sistemas de foto iniciación altamente eficientes como Ivocerin y mayor translucidez del material. Similar a lo documentado por Ilie y Hickel (7, 17), quienes informaron tasas de supervivencia en el rango del 78.9% al 100% en seguimientos a 10 años, comparable a las resinas convencionales. En particular, Van Dijken y Pallesen (8) evaluaron el rendimiento clínico de las restauraciones bulk-fill durante 10 años en un ensayo clínico aleatorizado prospectivo y reportaron tasas de éxito comparables entre bulk-fill y técnica convencional incremental.

Yu et al. (48) indicaron que los monómeros de expansión y de fragmentación (AFM) y el AUDMA reorganizan estructuralmente las redes poliméricas durante el curado y que esto hace que la gelificación se retrase y que, al mismo tiempo, disminuya de una manera considerable

las tensiones que deriven de la polimerización que se produce. Esto tiene como efecto que el estrés es menos dependiente del volumen de contracción y que esto podría explicar que se mejorara la integridad marginal incluso para incrementos de gran volumen. Complementariamente, Flury et al. (15) reportaron que las resinas bulk-fill presentan perfiles de profundidad de curado, propiedades mecánicas y comportamiento de desgaste favorables cuando se siguen las recomendaciones del fabricante. Szczesio-Wlodarczyk et al. (42) confirmaron mediante dos métodos de medición que el estrés de contracción de los composites dentales contemporáneos varía significativamente según la formulación, siendo las bulk-fill generalmente más favorables.

Las resinas de activación sónica representan una subcategoría distintiva dentro de los materiales bulk-fill. Al-Onazi y Magdy (60) demostraron que estos sistemas reducen significativamente la deflexión cuspídea comparados con las resinas convencionales, lo que se traduce en menor estrés en la estructura dental remanente. Kunz et al. (59) en su revisión sistemática y meta-análisis confirmaron que el rendimiento clínico de las restauraciones de resina compuesta en dientes posteriores es similar independientemente de si se restauran con técnica incremental o bulk-fill, incluyendo los sistemas de activación sónica. Rodríguez et al. (52) en su revisión sistemática sobre profundidad de polimerización de resinas bulk-fill documentaron que estas tecnologías permiten incrementos de hasta 5 mm manteniendo propiedades mecánicas adecuadas en toda la profundidad del material.

Las resinas reforzadas con fibras cortas (SFRC) constituyen otra innovación fundamental. Garoushi et al. (11) reportaron que estos materiales poseen tenacidad a la fractura similar a la dentina humana (1.79-3.08 MPa m^{1/2}), actuando como detenedores de grietas mediante la distribución aleatoria de fibras de vidrio en la matriz polimérica. Esta característica los convierte en materiales biomiméticos ideales para cavidades extensas tipo MOD y dientes tratados endodónticamente, como confirman Jakab et al. (56) en su revisión sistemática de estudios in vitro sobre el rendimiento mecánico de restauraciones extensas realizadas con SFRC. Adicionalmente, Kamourieh et al. (55) documentaron valores de tenacidad a la fractura significativamente superiores para los composites reforzados con fibras cortas en su estudio in vitro. Una técnica de restauración SFRC proporcionó resultados clínicos favorables después de 12 meses y se comparó con la técnica convencional utilizando compuestos de resina nanohíbridos, Salem et al. (61).

En lo que respecta a la resistencia a fractura, Escobar et al. (24) fueron los primeros en llevar a cabo una revisión sistemática y un metaanálisis respecto a la resistencia a la fractura de las restauraciones de composites reforzados con fibra, todo lo que confirma la exagerada resistencia de dichos compuestos en cavidades grandes. Manzano Gutiérrez(26) comparó la resistencia a la flexión de las resinas de llenado masivo y las resinas de composites reforzados con fibra y constató que cada una de las resinas tiene ventajas y desventajas dependiendo del caso, tal y como también lo constató Gonzaga Martínez (25) quien evaluó la resistencia a la flexión de un composite de resina de llenado masivo tras diferentes tiempos de fotopolimerización y observó que, incluso con los tiempos de fotopolimerización más reducidos, la resistencia alcanzada supera el mínimo exigido por la norma ISO.

Las resinas bioactivas introducen el concepto de interacción bio-compatible activa. Estudios como el de Venkataiah et al. (28) documentaron que resinas bioactivas como ACTIVA BioACTIVE liberan Ca^{2+} , F^{-} y PO_4^{3-} de manera sustancial, con incremento de la liberación en pH cariogénico (4.5-5.5) y capacidad de recarga iónica tras exposición a fluoruro tópico. Sin embargo, los meta-análisis de Ribeiro et al. (12) indican que el rendimiento clínico en prevención de caries secundaria es similar al de los compuestos convencionales en seguimientos de 1 a 8 años. Oz et al. (57) evaluaron el rendimiento clínico de una resina bioactiva en cavidades de clase II, reportando resultados favorables en un ensayo clínico aleatorizado. Albelasy et al. (58) evaluaron restauraciones de clase I y II y durante su evaluación de 2 años de los compuestos de llenado masivo que liberan iones, también confirmaron estos resultados.

En cuanto a los mecanismos de bioactividad, Fawzy y Nagi (27) realizaron una revisión integral sobre materiales restauradores bioactivos, destacando el potencial de estos materiales para interactuar con substratos dentales. Sauro et al. (38) documentaron los efectos terapéuticos de los materiales bioactivos sobre el complejo dentino-pulpar, mientras que Hench (39) proporciono el fundamento histórico de la tecnología Bioglass que subyace a muchos de estos desarrollos. Melo et al. (43) profundizaron en el desarrollo de resinas dentales bioactivas para odontología restauradora, y Ahmad et al. (30) demostraron el potencial de intercambio iónico de resinas bioactivas tras la remoción selectiva de lesiones cariosas.

El análisis comparativo revela que ningún tipo de material domina en todas las dimensiones evaluadas, lo que fundamenta la necesidad de criterios de selección basados en las características específicas de cada situación clínica. En términos de profundidad de curado,

las resinas bulk-fill son claramente superiores (4-5 mm vs. 2 mm), coincidiendo con los hallazgos de Rodríguez et al. (52) y Parra Gatica et al. (54). Sin embargo, en dureza superficial y resistencia al desgaste, los nanohíbridos y materiales tradicionales mantienen superioridad, como documentaron Misilli y Gonulol (51) en su estudio sobre sorción de agua y solubilidad de composites bulk-fill. Dindaroglu y Yilmaz (62) en su evaluación de dos años de una resina nano-hibrida versus bulk-fill confirmaron que ambos tipos de materiales presentan rendimiento clínico comparable cuando se aplican correctamente.

La tenacidad a la fractura representa el contraste más marcado entre materiales. Mientras los composites tradicionales son estructuras relativamente rígidas que pueden facilitar la propagación de grietas en cavidades extensas, las resinas SFRC actúan como sustitutos biomiméticos de la dentina. Kamourieh et al. (55) confirmaron valores de tenacidad significativamente superiores para materiales como everX Flow, lo que los posiciona como primera opción en restauraciones de gran volumen sin cobertura cusplídea. Herrera Carangui et al. (53) en su análisis comparativo del desempeño clínico de las resinas bulk-fill y reforzadas con fibra concluyeron que la selección debe basarse en las demandas específicas de cada caso clínico, considerando extensión cavitaria, cargas oclusales y requerimientos estéticos.

Respecto al rendimiento clínico, los resultados de Van Dijken y Pallesen (8) en su ensayo clínico de 10 años, así como los hallazgos de Kunz et al. (59) en su meta-análisis, demuestran que las tasas de supervivencia son comparables entre técnicas bulk-fill e incremental. No obstante, la ventaja crítica de los materiales actuales reside en la eficiencia clínica: la reducción del número de capas disminuye drásticamente el tiempo operatorio y la probabilidad de errores técnicos. Peumans et al. (9) en su evaluación retrospectiva de 20 años sobre el rendimiento clínico de restauraciones de resina compuesta confirmaron la importancia de la técnica operatoria en la longevidad de las restauraciones. Naoum et al. (10) reportaron rendimiento clínico favorable de un composite nanohibrido bulk-fill en restauraciones de dientes tratados endodónticamente.

En relación con los materiales tradicionales, es fundamental distinguir entre las generaciones macrohíbridas y microhíbridas. Las resinas macrohíbridas, que se desarrollaron en las décadas de 1970 y 1980, incluían partículas de cuarzo o vidrio de 10 a 50 micrómetros, que otorgaban muy buena resistencia mecánica, pero una menor capacidad de pulido. Ferracane (1, 34) documentó en extensos textos, la evolución de los materiales compuestos dentales,

mencionando que, en los macrohíbridos, se presentaban rugosidades superficiales post pulido, muy por encima del umbral crítico para la acumulación de biofilm. La evolución hacia las resinas microhíbridas en la década de 1990 representó un avance considerable, con partículas de 0.4-1.0 micrómetros que permitieron mejorar sustancialmente las propiedades estéticas manteniendo la resistencia mecánica (5).

Con respecto a la degradación y al envejecimiento de los materiales, Soderholm (36) comentó los mecanismos de degradación de los compuestos dentales, que consisten en la importancia de la estabilidad hidrolítica de la interfaz matriz-relleno. Rosales-Leal et al. (18) estudiaron la importancia del tamaño y de la forma de las partículas del relleno en sus comportamientos óptico y mecánico. Kaushal y Gupta (19) hicieron una revisión de los avances en compuestos dentales y Moraes et al. (20) se enfocaron en las propiedades mecánicas y en la estabilidad de los compuestos de llenado masivo. Braga et al. (33) expuso su propia revisión crítica de las pruebas de resistencia de unión, que implica la necesidad de que los datos del laboratorio sean correlacionables con el comportamiento clínico.

Dada la evidencia analizada, se sugiere un enfoque híbrido o bicapa como estrategia óptima de selección. Este protocolo, también propuesto por LePrince et al. (16) y Moraes et al. (20), consiste en utilizar resinas SFRC o de llenado masivo como base estructural para maximizar la eficiencia y resistencia, y cubrir la superficie con resinas nanohíbridas o convencionales para asegurar una óptima estética y mayor resistencia al desgaste oclusal. Pizzolotto y Moraes (45) revisaron las resinas compuestas en dientes posteriores, confirmando que la selección del material debe considerar múltiples factores incluyendo extensión cavitaria, demandas funcionales y expectativas estéticas del paciente.

Desde el punto de vista clínico, Zhou et al. (41) realizaron un análisis crítico de las aplicaciones y limitaciones del factor C en el análisis de estrés de restauraciones dentales y llegaron a la conclusión de que el concepto clásico del C-factor solo se puede aplicar en condiciones específicas. Vaca Altamirano y Soria Moya (21) evaluaron la eficacia de las resinas bulk-fill en cavidades profundas mediante una revisión de la literatura, y Pacavita et al. (22) hicieron una revisión de alcance sobre composites bulk-fill en restauraciones posteriores. Ibrahim et al. (44) compararon la resistencia a la desmineralización y las evaluaciones mecánicas de diferentes materiales restauradores bioactivos para dientes primarios y permanentes.

Es necesario señalar algunas limitaciones de esta revisión. La heterogeneidad de los protocolos experimentales y clínicos de los estudios revisados dificulta las comparaciones. Además, la mayoría de los ensayos clínicos tienen seguimientos menores de cinco años, lo que restringe las conclusiones sobre la longevidad a largo plazo. La comercialización de nuevas formulaciones también se considera un reto, dado que algunos de los materiales analizados en estudios recientes podrían estar en otras versiones o simplemente descontinuados. Finalmente, como señalan Van Dijken y Pallesen (31), existe una brecha entre los resultados de laboratorio y el desempeño clínico real, particularmente en lo referente a las condiciones de fotopolimerización que en el ambiente clínico rara vez replican las condiciones ideales de los estudios in vitro.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las resinas compuestas tradicionales mantienen su posición como estándar de referencia en propiedades estéticas, dureza superficial y resistencia al desgaste. La principal fortaleza se encuentra en la pulibilidad y estabilidad de color de los sistemas nanohíbridos y microhíbridos. Sin embargo, existen limitaciones sustanciales en la profundidad de curado que es de 2 mm y la contracción de polimerización (2-4.5%), lo que obliga al clínico a utilizar un protocolo de tipo secuencial que prolonga el tiempo clínico y aumenta el riesgo de cometer errores técnicos.

Se han identificado tres líneas principales de innovación: Las resinas de tipo bulk-fill han conseguido aumentar la profundidad de curado a 4-5 mm gracias a el uso de fotoiniciadores más eficientes y mayor opalescencia, permitiendo la realización de técnica de monobloque. Las resinas reforzadas con fibras cortas (SRFC) han obtenido valores de tenacidad a la fractura similares a la dentina humana (1.79-3.08 MPa·m^{1/2}), actuando como “grano de detención de fractura”; por último, las resinas bioactivas han aportado el concepto de interactividad biológica activa mediante la liberación sostenida de iones de Ca²⁺, F⁻ y PO₄³⁻ con efecto alcalinizante y remineralizante.

La evidencia sugiere que los materiales más modernos no han sustituido de manera universal a los materiales más tradicionales en el total de propiedades. Cada tipo de materiales posee un perfil de fortalezas distinto: las resinas bulk-fill gozan de gran eficiencia clínica, los SFRC de gran integridad estructural, los bioactivos de gran interacción biológica, y los

nanohíbridos/tradicionales de gran estética y dureza superficial. Las tasas de supervivencia clínica con respecto a los diferentes grupos (78.9-100% a 10 años) son de las más comprensibles, por lo que se sugiere un enfoque de selección de acuerdo a las características de cada caso clínico más que apuntar a una presunta superioridad de tipo de material.

5.2 Recomendaciones

Adoptar un enfoque de selección individualizado basado en las características de la cavidad: utilizar resinas bulk-fill en cavidades profundas de clase I y II para optimizar el tiempo operatorio; emplear SFRC en cavidades extensas tipo MOD y dientes tratados endodónticamente por su superior tenacidad a la fractura; reservar los nanohíbridos para situaciones donde la estética sea prioritaria.

A partir de las ventajas que presentan las características estructurales en los materiales en base con la estética y resistencia al desgaste de los materiales, se sugiere la técnica bicapa (SFRC o bulk-fill como capa base + tradicional como capa de recubrimiento) en la práctica clínico/odontológica para la restauración de grandes volúmenes.

Establecer protocolos de fotopolimerización específicos para cada tipo de material, incluyendo en resinas convencionales al menos 2 mm entre incrementos, considerar la intensidad y el tiempo de curado recomendados para cada caso en resinas bulk-fill, y para garantizar un grado de conversión superior al 55% utilizar lámparas LED con potencia entre 800-1200 mW/cm².

Iniciar ensayos clínicos aleatorizados con un seguimiento ≥ 10 años para poder llegar a conclusiones definitivas sobre la longevidad de los materiales.

Valorar o analizar el impacto clínico de la bioactividad en cuanto a nuestra capacidad para poder prevenir las caries secundarias a través de la bioactividad, mediante un análisis enfocado en estudios prospectivos con metodología estandarizada.

Estudiar el comportamiento de los SFRC con un enfoque en el envejecimiento acelerado y el uso prolongado para mejorar la exposición a la cavidad oral para mejorar la optimización de sus indicaciones clínicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29-38.
2. Roulet JF, Van Meerbeek B. *Adhesive dentistry: A comprehensive review of materials and techniques.* Berlin: Quintessence Publishing; 2017.
3. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater J.* 2021;40(5):877-94.
4. Schwendicke F, Bottenberg P, Stangvaltaite L. Posterior composite restorations: Reasons for failure and replacement. *J Adhes Dent.* 2020;22(1):11-20.
5. Demarco FF, Collares K, Coelho-de-Souza FH, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, et al. Anterior and posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2017;96(10):1087-94.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol.* septiembre de 2021;74(9):790-9.
7. Ilie N, Hickel R. Resin-based bulk-fill composites: new trends and future perspectives. *Dent Mater J.* 2022;41(2):132-40.
8. Van Dijken JWV, Pallesen U. A randomized 10-year prospective follow-up of Class II bulk-fill and conventional nanohybrid resin composite restorations. *J Adhes Dent.* 2020;22(6):527-38.
9. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Van Meerbeek B. A 20-year retrospective evaluation of the clinical performance of composite resin restorations. *J Adhes Dent.* 2021;23(1):13-28.
10. Naoum S, El-Hawary Y, El-Housseiny A. Clinical performance of a bioactive composite resin in posterior restorations: A 2-year follow-up. *Oper Dent.* 2021;46(5):527-37.
11. Garoushi S, Vallittu PK, Watts DC, Lassila LV. Effect of short fiber reinforcement on the mechanical properties of experimental composite resin. *Dent Mater.* 2018;34(12):1837-44.
12. Ribeiro BC, Boaventura JMC, Borges GA. Ion release and recharge ability of bioactive restorative materials: A systematic review. *Materials.* 2021;14(22):6838.

13. Ilie N, Hickel R. Resin-based bulk-fill composites: A review of the current literature and evidence. *J Adhes Dent.* 2021;23(4):287-99.
14. Opdam NJM, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Van Meerbeek B, et al. Longevity of posterior composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(10):943-9.
15. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Bulk-fill resin composites: Profiling depth of cure, mechanical properties and wear behavior. *Clin Oral Investig.* 2022;26(2):1541-52.
16. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Devaux J, Leloup G. Recent advances in bulk-fill composites. *J Dent Res.* 2024;103(1):45-56.
17. Ilie N, Hickel R. Bulk-fill resin composites: properties and clinical performance. *Oper Dent.* 2023;48(3):221-32.
18. Rosales-Leal JI, Rodríguez-Valverde MA, Cabrerizo-Vílchez MA. Influence of filler size and shape on mechanical and optical behavior of dental composites. *Clin Oral Investig.* 2021;25(11):6271-80.
19. Kaushal R, Gupta U. Recent advances in dental composites. *Int J Health Sci.* 2021;15(3):36-44.
20. Moraes RR, Piva E, Ferracane JL. Mechanical properties and stability of bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2024;28(1):97-109.
21. Vaca Altamirano YJ, Soria Moya GP. Eficiencia de las resinas Bulk-Fill en cavidades profundas: revisión de literatura. *Dilemas Contemp Educ Política Valores.* 2021;8(1):1-12.
22. Pacavita KJ, Bravo YB, Quintero ME. Composites Bulk-Fill en restauraciones posteriores: revisión de alcance. *Rev Científica Cienc Salud.* 2023;6(2):123-30.
23. Krishnan N, Manresa-Cumarín K, Klabak J, Krupa G, Gudsoorkar P. Assessing the impact of oral health disease on quality of life in Ecuador: a mixed-methods study. *Front Oral Health.* 18 de julio de 2024;5:1431726.
24. Escobar LB, Pereira da Silva L, Manarte-Monteiro P. Fracture Resistance of Fiber-Reinforced Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers.* 2023;15(18):3802.

25. Gonzaga Martínez AB. Evaluación de la resistencia a la flexión de una resina Bulk-Fill fotopolimerizada a diferentes tiempos [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2023.
26. Manzano Gutiérrez IE. Comparación de la resistencia a la flexión de dos resinas compuestas: Bulk-Fill y reforzada con fibras [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2022.
27. Fawzy AS, Nagi SM. Bioactive restorative materials: a review. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(2):210-23.
28. Venkataiah VS, Krithikadatta J, Teja KV, Mehta D, Doble M. Ion release dynamics of bioactive resin cement under variable pH conditions. *Front Oral Health.* 2025;6:1564838.
29. Abozaid D, Azab A, Bahnsawy MA, others. Bioactive restorative materials in dentistry: a comprehensive review of mechanisms, clinical applications, and future directions. *Odontology.* 2025;
30. Ahmad H, Mills D, Davis G, Baysan A. Bioactive resin composite with the potential of ion exchange following selective carious lesion removal - A laboratory-based study. *J Dent.* 2025;163:106144.
31. Van Dijken JWV, Pallesen U. A randomized 10-year prospective follow-up of Class II nanohybrid and conventional hybrid resin composite restorations. *J Adhes Dent.* 2013;15(6):575-82.
32. Cenci MS, Demarco FF, Pereira-Cenci T. Restorations for posterior teeth: performance of resin composites. *J Adhes Dent.* 2021;23(2):117-28.
33. Braga RR, Meira JBC, Boaro LCC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: A critical review of bond strength tests. *Dent Mater.* 2010;26(2):e50-62.
34. Ferracane JL. A Historical Perspective on Dental Composite Restorative Materials. *J Funct Biomater.* 2024;15(7):173.
35. Rosin M, Froehlich L, Mazur N. Resinas compuestas: una revisión de literatura. *Res Soc Dev.* 2022;11(14):35128.
36. Söderholm KJ. Degradation of dental composites. *Dent Mater.* 2020;36(3):e85-98.

37. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress and its role in clinical performance. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(4):364-72.
38. Sauro S, Osorio R, Watson TF. Therapeutic effects of bioactive materials on dentin-pulp complex. *Dent Mater J.* 2021;40(5):895-907.
39. Hench LL. The story of Bioglass®. *J Mater Sci Mater Med.* 2020;31(3):1-10.
40. Hernández-Coronado LA, others. Restauración con resina compuesta bioactiva en molar posterior: reporte de caso. *Rev ADM.* 2022;79(2):117-21.
41. Zhou Z, Guo D, Watts DC, Fischer NG, Fu J. Application and limitations of configuration factor (C-factor) in stress analysis of dental restorations. *Dent Mater.* 2023;39(12):1137-49.
42. Szczesio-Wlodarczyk A, Garoushi S, Vallittu P, Bociong K, Lassila L. Polymerization shrinkage stress of contemporary dental composites: Comparison of two measurement methods. *Dent Mater J.* 2024;43(2):155-63.
43. Melo MAS, Garcia IM, Mokeem L, Weir MD, Xu HHK, Montoya C, et al. Developing Bioactive Dental Resins for Restorative Dentistry. *J Dent Res.* 2023;102(11):1180-90.
44. Ibrahim MS, Aldhafeeri FR, Banaemah AS, Alhaider MS, Al-Dulaijan YA, Balhaddad AA. The demineralization resistance and mechanical assessments of different bioactive restorative materials for primary and permanent teeth: an in vitro study. *BDJ Open.* 2024;10:30.
45. Pizzolotto L, Moraes RR. Resin composites in posterior teeth: clinical performance and restorative techniques. *Dent J.* 2022;10(12):222.
46. Ahmed A, Khalfan R, Badr A. Major Causes Assessment of Construction Delays. *J Eng Proj Prod Manag.* 2020;
47. Cheng L, others. Antibacterial and self-healing dental composites. *Adv Funct Mater.* 2023;33(7):2301045.
48. Yu P, Xu YX, Liu YS. Polymerization shrinkage and shrinkage stress of bulk-fill and non-bulk-fill resin-based composites. *J Dent Sci.* julio de 2022;17(3):1212-6.
49. Kury M, Goulart M, Thomé T, Conceição EN, Coelho-de-Souza FH, Cavalli V, et al. Acompanhamento de três anos de restaurações do tipo bulk-fill flow em dentes

- posteriores: ensaio clínico controlado randomizado duplo-cego. *Rev Fac Odontol Porto Alegre*. 30 de diciembre de 2020;61(2):50-63.
50. Kaplan TT. Depth of Cure and Microhardness of a New Composite vs. Bulk-fill Composites. *J Res Med Dent Sci*. 2019;7(5).
 51. MiSiLli T, Gönüloğlu N. Water sorption and solubility of bulk-fill composites polymerized with a third generation LED LCU. *Braz Oral Res [Internet]*. 9 de octubre de 2017 [citado 21 de enero de 2026];31(0). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242017000100266&lng=en&tlng=en
 52. Rodríguez W, Medina-Sotomayor P, Doctorado en Odontología, Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues, Azogues, Ecuador, Aguilar J, Ordoñez P, Ortega G. Profundidad de polimerización de las resinas Bulk Fill: una revisión sistemática. *Rev Fac Odontol*. 1 de agosto de 2022;32(2):1-10.
 53. Herrera Caranguí NC, González Ortiz AI, Urgiles Urgiles CD, Urgiles Esquivel CE. Análisis comparativo del desempeño clínico de las resinas Bulk Fill y reforzadas con Fibra: Una revisión sistemática en odontología restaurativa. *Rev Multidiscip Investig Contemp [Internet]*. 29 de abril de 2025 [citado 21 de enero de 2026];3(2). Disponible en: <https://revmic.com/index.php/IC/article/view/110>
 54. Parra Gatica E, Duran Ojeda G, Wendler M. Contemporary flowable bulk-fill resin-based composites: a systematic review. *Biomater Investig Dent*. 31 de diciembre de 2023;10(1):2175685.
 55. Kamourieh N, Faigenblum M, Blizard R, Leung A, Fine P. Fracture Toughness of Short Fibre-Reinforced Composites—In Vitro Study. *Materials*. 2 de noviembre de 2024;17(21):5368.
 56. Jakab A, Palkovics D, Szabó VT, Szabó B, Vincze-Bandi E, Braunitzer G, et al. Mechanical Performance of Extensive Restorations Made with Short Fiber-Reinforced Composites without Coverage: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Polymers*. 2024;16(5):590.
 57. Oz FD, Meral E, Gurgan S. Clinical performance of an alkalite-based bioactive restorative in class II cavities: a randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci*. 2023;31:e20230025.

58. Albelasy EH, Hamama HH, Chew HP, Montasser M, Mahmoud SH. Clinical performance of two ion-releasing bulk-fill composites in class I and class II restorations: A two-year evaluation. *J Esthet Restor Dent*. mayo de 2024;36(5):723-36.
59. Al-Onazi FM, Magdy NM. Cuspal Deflection of Bulk-Fill versus Layered Resin Composite Restorations.
60. Kunz PVM, Wambier LM, Kaizer MDR, Correr GM, Reis A, Gonzaga CC. Is the clinical performance of composite resin restorations in posterior teeth similar if restored with incremental or bulk-filling techniques? A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. marzo de 2022;26(3):2281-97.

ANEXOS

Anexo1. Matriz de Excel de artículos elegidos para la sección de resultados

	Descarga o enlace	Palabras clave	Metodología	Objetivos	Resumen	Autor(es)
1	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7454784/	Bulk-fill, posterior, meta-analysis, clinical performance	Búsqueda sistemática en PubMed, Scopus, Web of Science; análisis estadístico con forest plots	Comparar efectividad clínica de resinas bulk-fill versus convencionales en restauraciones posteriores	Sin diferencias significativas en retención, fractura o adaptación marginal entre bulk-fill y convencionales (p=0.05)	Arbildo-Vega M, Llapachá B, et al.
2	https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-021-04337-1	Bulk-fill, incremental technique, posterior restorations	Protocolo PRISMA, 14 ECAs, evaluación riesgo de sesgo con Cochrane tool	Evaluar si técnica bulk-fill presenta similar rendimiento clínico que técnicas incremental	RDI=0.00 para retención/fractura; sin diferencias significativas entre técnicas a 36 meses hasta 10 años	Kunz PVM, Valoso SPM, et al.
3	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jor.13339	Bulk-fill, clinical outcomes, survival rate, annual failure rate	Revisión de 10 años de evidencia clínica, análisis de supervivencia y tasa de fallo anual	Mejor evidencia clínica sobre resultados de restauraciones bulk-fill en áreas dísticas	Superioridad 78.3-100%; AFR 0-3%; principal causa fallo: fracturas (31%)	Manczer AJD, Rocha MG, et al.
4	https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08441925.2023.2175855	Flowable bulk-fill, degree of conversion, polymerization shrinkage	Revisión sistemática de propiedades: DC, contracción, resistencia flexural	Analizar propiedades de resinas bulk-fill fluidas con propiedades de resinas bioactivas en presencia de curtos secundarios	DC 19-34%; Resistencia flexural >80 MPa en mayoría; variabilidad según formulación	Paura Gatica E, Fernández E, et al.
5	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Bioactive resin, secondary caries, ion release	Meta-análisis de ECAs evaluando curtos secundarios y retención	Evaluar efectividad de resinas bioactivas en prevención de curtos secundarios	Potencial preventivo mediante liberación iónica; evidencias limitadas para recomendaciones definitivas	Carvalho LF, Santos PS, et al.
6	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Bulk-fill, 5-year follow-up, clinical trial, Tetric N-Ceram	Neo-hybrid, bulk-fill, split-mouth, 2-year validation	RCT doble ciego, criterios FDI World Dental Federation, seguimiento 5 años	AFR 1.25 bulk-fill vs 1% convencional; sin diferencias estadísticas significativas	Logeaccio AD, Mesa-Serrano A, et al.
7	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Neo-hybrid, bulk-fill, split-mouth, 2-year validation	Neo-hybrid, bulk-fill, split-mouth, 2-year validation	Comparar desempeño clínico de neo-híbrido Admira Fusion con bulk-fill convencional	Alta viscosidad (DioicFill) mejor adaptación marginal que fluido	Yilmaz EY, Sadek FT, et al.
8	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38321712/	Bulk-fill systems, Class II, Sonic-Fill, SDR, FliChk One	Comparación de 3 sistemas bulk-fill, criterios FDI modificados	Evaluar rendimiento clínico de diferentes sistemas bulk-fill en Class II	100% tasa éxito en ambos grupos a 3 años; excelente desempeño clínico liberador de iones	Gods B, Leung G, et al.
9	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Ion-releasing, bioactive liner, ACTIVA, 3-year trial	RCT con ACTIVA Bioactive como liner, evaluación USPHS modificado	Evaluar desempeño de restauraciones con liner bioactivo liberador de iones	Superioridad 92.5% Contion N vs 97.7% G-social; ambos aceptables	De FDI, Ergin E, et al.
10	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37317305/	Alkacite, Contion N, bioactive, Class II	RCT comparando Contion N vs G-social Posterior, seguimiento 12 meses	Evaluar rendimiento clínico de material alquita bioactivo en Class II	Superioridad 92.5% Contion N vs 97.7% G-social; ambos aceptables	De FDI, Ergin E, et al.
11	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jor.13133	Ion-releasing, Contion N, Durfil One, Powerfill	Comparación de 3 materiales bulk-fill bioactivos, criterios FDI	Evaluar desempeño de diferentes bulk-fills liberadores de iones	Éxito 96.3-100% a 2 años; rendimiento clínico excelente	Albuloz EH, Humana HI, et al.
12	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3635496/	Fiber-reinforced, EverX Posterior, nano-hybrid, 12-month	RCT comparando EverX Posterior + G-social vs nano-híbrido incremental	Evaluar técnicas biomiméticas con FRC vs técnicas incremental convencional	RR=1.0; técnicas biomiméticas con FRC igual de efectivas que incremental	Salem MM, El Shabrawy SM, et al.
13	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6040203/	Short fiber-reinforced composite, EverX Posterior, 2.5-year	Evaluación clínica prospectiva con criterios USPHS modificados	Evaluar desempeño clínico de SFRC EverX Posterior a 2.5 años	Superioridad 97.2%; éxito 88.3%; excelente rendimiento clínico	Taneer J, Vallittu PK, et al.
14	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37665355/	SFRC, MH, glass hybrid, everX Flow	RCT comparando everX Flow vs Equis Forte HT en molares NIH	Evaluar SFRC vs vidrio híbrido en molares con laminación	SFRC 3.32x más costoso; supervivencia 93.5% vs 74.2%	Alenczi A, Alkattan A, et al.
15	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11096172/	Marginal adaptation, micro-CT, bulk-fill, adhesive systems	Análisis micro-CT 3D de gaps marginales, diferentes adhesivos y liners	Evaluar adaptación marginal de bulk-fill con diferentes adhesivos	Alta viscosidad mejor adaptación que fluido; adhesivos universales efectivos	Balshajq IH, Badi M, et al.
16	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1678553/	Fracture resistance, SFRC, structurally compromised	Pruebas de carga hasta fractura, análisis estadístico ANOVA	Comparar resistencia a fracturas de SFRC vs convencionales	SFRC mejores significativamente resistencia en molares comprometidos	Mohammadipey HS, Maktabi H, et al.
17	https://www.mdpi.com/2073-4360/16/5/590	SFRC, mechanical performance, extensive restorations	Revisión sistemática PRISMA de propiedades mecánicas	Evaluar desempeño mecánico de restauraciones extensas con SFRC	everX Flow: 3350x330 N capacidad de carga; superior a convencionales	Fráter M, Luciani L, et al.
18	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Bioactive materials, phosphate release, pH, alkalinity	Medición de liberación de fosfato y pH durante 90 días	Evaluar liberación de iones y potencial alcalinizante de bioactivos	Contion N: pH alcalinizante >3 meses; alta liberación de fosfato	Juwić Pavić K, Pur M, et al.
19	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Flowable bulk-fill, SDR, 3-year follow-up, Brazil	Evaluación clínica prospectiva, criterios FDI, seguimiento 3 años	Evaluar desempeño clínico de bulk-fill fluidos SDR en posteriores	Tasa supervivencia 97.2%; desempeño clínico satisfactorio	Kury M, Vaida EE, et al.
20	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Flowable bulk-fill, SDR, 3-year follow-up, Brazil	Revisión sistemática de estudios in vitro sobre profundidad de curado	Analizar profundidad de polimerización de resinas bulk-fill fluidas	Bulk-fill alcanzan 4-5mm profundidad curado efectivo	Rodríguez AM, Pérez JL, et al.
21	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Color stability, bulk-fill, staining, in vivo	Revisión narrativa de literatura científica disponible	Comparar propiedades y desempeño de bulk-fill vs	Bulk-fill comparables a incremental en propiedades clínicamente relevantes	Chatterjee J, Jeyaraj A, et al.
22	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jor.12654	Color stability, bulk-fill, staining, in vivo	Inmersión en soluciones pigmentadas, medición ΔE	Evaluar estabilidad de color de diferentes bulk-fills	Variabilidad según formulación; mayoría clínicamente aceptable	Srin EMG, Almeida GS, et al.
23	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32344965/	Microleakage, degree of conversion, bulk-fill	Pruebas Vickers, FT-IR para DC	Evaluar microleakage y grado de conversión bulk-fill	Correlación positiva entre DC y microleakage; variabilidad entre marcas	Singh S, Singh K, et al.
24	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Polymerization shrinkage, stress, bulk-fill	Medición de estrés mediante Biomat	Clasificar estrés de contracción de bulk-fills	Bulk-fill generan menor estrés que convencionales	Marchetti G, Khatras V, et al.
25	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	1-year restorations, nano-hybrid, nano-fill	Simulador de desgaste, análisis perfilométrico	Comparar resistencia al desgaste de nano-híbridos vs nano-fill	Nano-híbridos mejor desempeño en desgaste que nano-fill	Hietanen SD, Zehneger G, et al.
26	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/222000187/	Chlorophyllin, bioactivity, ACTIVA, LDPIC	MTT assay, análisis difracción coherente	Comparar clorofila y bioactividad ACTIVA vs Z350 XT	ACTIVA mayor bioactividad; clorofila similar	Alqahtani MO, Alqahtani AS, et al.
27	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Flexural strength, SFRC, elastic modulus	Prueba flexural de 3 puntos ISO 10449	Evaluar resistencia flexural y módulo elástico de SFRC	ACTIVA Posterior: 216 MPa; módulo 13.6 GPa	Luqmani L, Ghorashi D, et al.
28	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Depth of cure, microleakage, bulk-fill, 4mm	Pruebas Vickers a diferentes profundidades (2-5mm)	Evaluar profundidad de curado efectivo de bulk-fills	Mayoría alcanza curado adecuado a 4mm; variabilidad >5mm	Flury S, Hoyer S, et al.
29	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Ion release, recharge, bioactive, fluorides	Ciclo de liberación-recarga, ICP-OES	Evaluar capacidad de liberación y recarga iónica	Bioactivos liberan y recargan Ca, P, F efectivamente	Gjorgjevska E, Nicholson JW, et al.
30	https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-021-04239-3	Water sorption, solubility, bulk-fill, discoloration	ISO 4043 para sorción y solubilidad	Comparar sorción de agua y solubilidad	Valores similares entre bulk-fill y convencionales; todos <ISO limits	Morales RR, Correr-Sobrinho L, et al.
31	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jor.13133	Amalgam, bioactive, 3 months, curing	Apar difracción, biofilm assays	Evaluar propiedades antibacterianas de materiales bioactivos	Bulk-fill menor difusión que convencionales; mejor integración marginal	Solar DV, Garcia-Godoy F, et al.
32	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33519307/	Cuspal deflection, marginal integrity, C-factor	Medición difusión con LVDT, análisis gage micro-CT	Evaluar difusión de color de diferentes bulk-fills	Bulk-fill menor difusión que convencionales; mejor integración marginal	Rezaei GM, Bicalho AA, et al.
33	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31982102/	FRC, fixed partial denture, bioactivity, central	Revisión sistemática de estudios clínicos prospectivos	Evaluar longevidad clínica de prótesis fijas FRC	Superioridad 74-100% a 5 años; ultrarresistente viable	Edu M, Puff F, et al.
34	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Remineralization, bioactive, artificial caries, calcium phosphate	Pruebas pH cycling, microleakage, micro-CT	Evaluar potencial remineralizante de materiales bioactivos	Bioactivos promueven remineralización; sinérgico significativo dures	Melo MA, Orrego S, et al.
35	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Fracture toughness, SFRC, crack propagation	SEVNB method, análisis fractográfico SEM	Determinar tenacidad a fractura de SFRC	everX: 2.8 MPa·m ^{0.5} , equivalente a dentina; fibras: actúan como crack stoppers	Garosci S, Vallittu PK, et al.
36	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jor.13002	Surface roughness, gloss, polishing, bulk-fill	Perfilómetro, glosómetro, diferentes protocolos pulido	Evaluar rugosidad y brillo tras pulido de bulk-fill	Nano-híbridos mejor brillo; bulk-fill aceptables con protocolo adecuado	Kaplan T, Özdemir ZC, et al.
37	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03050071224006304	Dentin bonding, bioactive adhesives, microleakage	Microleakage bond strength, análisis interfaz SEM	Evaluar adhesión de diferentes resinas a dentina	Adhesivos bioactivos comparables a convencionales; excelente liberación iónica	Mesa-Serrano A, Kozic C, et al.
38	https://doi.org/10.1016/j.phymech.2021.100110	Bulk-fill, fibers, Evodor, revisión comparativa	Revisión sistemática literatura científica latinoamericana	Comparar propiedades bulk-fill vs reforzadas con fibras	Ambos tipos ofrecen ventajas; selección según caso clínico	Herrera Cevallos NC, Rosero MM, et al.
39						
40						