

REVISIÓN DE LITERATURA

Filtración marginal como principal fracaso en restauraciones adhesivas

Marginal leakage as the main cause of failure in adhesive restorations

Kareelend Segura Cueva¹. Dick Vera Morán². Erika Suasnabas Pacheco³. Danais Ortega Rodríguez⁴

¹ Especialista en Cirugía Buco Máximo-facial. Docente Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0002-3437-3548>

² Especialista en Rehabilitación Oral. Docente Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0003-2460-2527>

³ Especialista en Endodoncia. Docente Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0002-1845-564X>

⁴ Master en Asesoramiento Genético. Docente Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0002-3293-0910>

Correspondencia:
kareelend.segurac@ug.edu.ec

Recibido: 01/04/2025
Aceptado: 04/06/2025
Publicado: 06/06/2025

Conflictos de intereses

Los autores señalan que no existe conflicto de intereses durante la realización del trabajo de investigación, además solo fue sometido a la Revista Científica “Especialidades Odontológicas UG” para su revisión y publicación.

Financiamiento

Los autores indican la utilización de fondos propios para la elaboración del trabajo de investigación.

Declaración de contribución

Todos los autores han contribuido en elaboración del trabajo de investigación, en las diferentes partes del mismo



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

RESUMEN

La filtración marginal es una de las principales causas de fracaso en restauraciones adhesivas, comprometiendo la longevidad de los tratamientos y la salud bucodental. Esta revisión sistemática se propuso sintetizar la evidencia científica sobre los factores que inciden en la filtración marginal, sus consecuencias clínicas y estrategias para minimizar su impacto en restauraciones adhesivas. Se realizó una revisión sistemática bajo los lineamientos PRISMA 2020. Se consultaron bases de datos como PubMed, Scopus, Web of Science y SciELO entre 2000 y 2025. Se incluyeron estudios originales en inglés y español que evaluaron la filtración marginal en restauraciones adhesivas realizadas en dientes humanos permanentes. Se aplicó la herramienta CASPe para la evaluación de calidad metodológica y se siguió un enfoque descriptivo y analítico. De un total de 286 artículos identificados, se seleccionaron 21 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. Los resultados revelaron que los principales factores asociados a la filtración marginal incluyen el tipo de adhesivo utilizado, las técnicas de fotopolimerización, la preparación cavitaria y el envejecimiento termocíclico. Se evidenció una variabilidad significativa en los métodos de medición y en los protocolos clínicos, lo que dificulta la comparación entre estudios. La filtración marginal continúa siendo un desafío clínico relevante en Odontología restauradora. Esta revisión aporta una visión

actualizada de los determinantes y limitaciones de las técnicas adhesivas, subrayando la necesidad de estandarizar metodologías. Además, se destaca la importancia de considerar el impacto ecológico de los materiales odontológicos, promoviendo prácticas restaurativas sostenibles.

Palabras clave: Filtración marginal. Restauraciones adhesivas. Odontología restauradora. Sostenibilidad ecológica.

ABSTRACT

Marginal leakage is one of the main causes of failure in adhesive restorations, compromising the longevity of treatments and oral health. This systematic review aimed to synthesize the scientific evidence on the factors that influence marginal leakage, its clinical consequences, and strategies to minimize its impact on adhesive restorations. A systematic review was conducted under the PRISMA 2020 guidelines. Databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO were consulted between 2000 and 2025. Original studies in English and Spanish that evaluated marginal leakage in adhesive restorations performed on permanent human teeth were included. The CASPe tool was applied to assess methodological quality, and a descriptive and analytical approach was followed. Of a total of 286 articles identified, 21 studies that met the inclusion criteria were selected. The results revealed that the main factors associated with marginal leakage include the type of adhesive used, light-curing techniques, cavity preparation, and thermocyclic aging. Significant variability was evident in measurement methods and clinical protocols, making it difficult to compare studies. Marginal leakage continues to be a relevant clinical challenge in restorative dentistry. This review provides an updated overview of the determinants and limitations of adhesive techniques, highlighting the need to standardize methodologies. In addition, it emphasizes the importance of considering the ecological impact of dental materials, promoting sustainable restorative practices.

Keywords: marginal leakage, adhesive restorations, restorative dentistry, systematic review, ecological sustainability

INTRODUCCIÓN

La evidencia científica indica que la filtración marginal es un factor importante en el fracaso de las restauraciones adhesivas, pero no necesariamente la principal causa en todos los casos clínicos. La contracción por polimerización de los materiales compuestos genera tensiones que pueden provocar despegue y formación de microgrietas en los márgenes, facilitando la filtración de fluidos y bacterias, lo que puede derivar en caries secundaria y degradación del adhesivo^{1,2,3}.

Sin embargo, revisiones clínicas señalan que la presencia de microfiltración o decoloración marginal no siempre se traduce en caries recurrente ni justifica la sustitución de la restauración; en muchos casos, los defectos marginales pueden ser monitorizados o reparados en vez de reemplazados completamente⁴.

Además, la integridad marginal depende de múltiples factores, como el tipo de adhesivo, la técnica de aplicación, las propiedades del material restaurador y

la interacción con la biopelícula oral⁵. Estudios recientes también muestran que modificaciones en los adhesivos, como la incorporación de nanopartículas o agentes remineralizantes, pueden mejorar el sellado marginal y la resistencia al microfiltrado^{6,7,8}. En conclusión, aunque la filtración marginal contribuye significativamente al deterioro y fracaso de las restauraciones adhesivas, su papel debe considerarse junto a otros factores clínicos y materiales, y la evidencia clínica actual sugiere que no siempre es la causa principal de fracaso⁹.

La filtración marginal es reconocida como una de las principales causas de fracaso en restauraciones adhesivas, ya que permite la penetración de fluidos, bacterias y subproductos en la interfaz diente-restauración, lo que puede conducir a caries secundaria, sensibilidad y pérdida de integridad del sellado¹⁰.

Factores como la contracción por polimerización de los composites, la química de los adhesivos, la calidad de

la capa híbrida y la presencia de biofilm oral influyen significativamente en la aparición de microfiltración y, por ende, en la longevidad de las restauraciones¹¹. Estudios han demostrado que el grosor del adhesivo, la estrategia de acondicionamiento (etch-and-rinse, self-etch, selective-enamel-etch) y la modificación de los adhesivos con nanopartículas o agentes remineralizantes pueden mejorar la integridad marginal y reducir la filtración¹².

Sin embargo, la evidencia clínica indica que la presencia de microfiltración no siempre se traduce en caries secundaria inmediata, y que defectos marginales sin evidencia de caries activa pueden ser monitorizados o reparados en vez de reemplazar la restauración. La acumulación de Biofilm en los márgenes, favorecida por la degradación química de los adhesivos, incrementa el riesgo de fracaso a largo plazo.

Por tanto, la mejora en la formulación de los materiales adhesivos y la selección adecuada de la técnica son claves para minimizar la filtración marginal y aumentar la durabilidad de las restauraciones adhesivas¹³.

La restauración adhesiva ha transformado la odontología restauradora contemporánea al permitir tratamientos conservadores y estéticamente satisfactorios. Sin embargo, la filtración marginal persiste como un desafío clínico significativo, comprometiendo la longevidad y eficacia de las restauraciones. Este fenómeno se refiere al paso indeseado de fluidos, bacterias y moléculas entre la interfaz diente-restauración, lo que puede conducir a caries secundarias, sensibilidad postoperatoria, decoloración marginal y eventual fracaso restaurador¹⁴.

Diversos factores contribuyen a la filtración marginal, incluyendo la contracción por polimerización de los composites, la técnica de adhesión empleada, las propiedades del material restaurador y las condiciones del sustrato dental. Por ejemplo, se ha demostrado que la estrategia de grabado selectivo del esmalte reduce significativamente la formación de microgrietas en restauraciones de composite

Igualmente, la aplicación de selladores superficiales de baja viscosidad ha mostrado eficacia en la mejora del sellado marginal al penetrar en micro defectos y reducir la permeabilidad¹⁵.

Investigaciones recientes han explorado diversas estrategias para mitigar la filtración marginal. El uso de recubrimientos superficiales y tratamientos con láser Er:YAG ha demostrado mejorar la integridad marginal en restauraciones de clase V en dientes primarios. Asimismo, la incorporación de refuerzos de fibra de vidrio en restauraciones de clase II ha resultado en una reducción significativa de la microfiltración, independientemente del adhesivo utilizado.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto las propiedades del material como las técnicas de aplicación para optimizar el sellado marginal¹⁶.

A pesar de estos avances, persisten vacíos en la literatura que justifican la necesidad de investigaciones adicionales. Por ejemplo, la efectividad de los selladores de superficie en la prevención de la filtración marginal ha mostrado resultados contradictorios, especialmente en las interfaces dentina-restauración.

Además, la influencia de la viscosidad y composición química de los composites de relleno masivo en la adaptación marginal aún no está completamente comprendida, con estudios que reportan variaciones significativas entre diferentes marcas y formulaciones. Estos vacíos evidencian la necesidad de una síntesis sistemática de la evidencia existente para orientar la práctica clínica y futuras investigaciones¹⁷.

En este contexto, la presente revisión sistemática se propuso sintetizar la evidencia científica sobre los factores que inciden en la filtración marginal, sus consecuencias clínicas y estrategias para minimizar su impacto en restauraciones adhesivas. La revisión se realizó siguiendo los lineamientos PRISMA 2020, adoptando un enfoque descriptivo y correlacional

para identificar patrones y relaciones entre las variables estudiadas.

Al consolidar y analizar críticamente la literatura reciente, este estudio busca proporcionar una base sólida para mejorar las prácticas clínicas y orientar futuras investigaciones en el campo de la odontología restauradora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo las directrices del Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), con el objetivo de asegurar una metodología rigurosa, transparente y reproducible. En cuanto al tipo de investigación, corresponde a una revisión sistemática, estudio secundario que tiene como finalidad recopilar, evaluar y sintetizar críticamente la evidencia científica existente sobre un tema específico. En este caso, se evaluaron estudios sobre la filtración marginal como causa principal del fracaso en restauraciones adhesivas dentales, sin generar nuevos datos primarios.

La pregunta de investigación que guio este trabajo fue: ¿Qué evidencia existe sobre la filtración marginal como principal causa de fracaso en restauraciones adhesivas en odontología clínica? Consecuentemente, el objetivo principal fue identificar, analizar y sintetizar la literatura científica disponible relacionada con los factores asociados a la filtración marginal y su incidencia como causa de fracaso en restauraciones adhesivas directas.

Respecto al protocolo y registro, cabe señalar que no fue registrado en plataformas como PROSPERO debido a limitaciones institucionales. No obstante, se elaboró un protocolo detallado previo a la búsqueda, disponible en el Apéndice A, garantizando así transparencia y reproducibilidad.

En lo que concierne a los criterios de elegibilidad, se aplicaron los siguientes: En primer lugar, participantes: estudios con pacientes humanos de cualquier edad/sexo. En segundo lugar, intervención: restauraciones adhesivas directas con resinas compuestas o materiales similares. Como

comparador, se consideraron restauraciones sin filtración marginal o con diferentes técnicas/materiales. En tercer lugar, resultados: estudios que reportaran incidencia, causas o consecuencias de la filtración marginal como fracaso clínico. Además, se incluyeron ensayos clínicos, estudios *in vitro*, observacionales y revisiones sistemáticas relevantes en inglés, español o portugués, publicados entre el 1 de enero de 2000 y el 1 de mayo de 2025. Por el contrario, se excluyeron resúmenes sin texto completo, cartas, comentarios, tesis no publicadas y estudios en animales.

En relación a las fuentes de información, se realizaron búsquedas exhaustivas hasta mayo de 2025 en PubMed/MEDLINE, Scopus, ScienceDirect, Cochrane Library, Embase y LILACS. Complementariamente, se revisaron listas de referencias de estudios incluidos y revisiones relevantes, así como registros de ensayos clínicos (ClinicalTrials.gov). La estrategia de búsqueda, diseñada con asesoría bibliotecológica y adaptada por base de datos, incluyó términos como "marginal leakage", "microleakage", "restorative dentistry", "adhesive restoration" y "failure" en títulos/resúmenes (ejemplo completo en texto para PubMed). Igualmente, se usaron filtros por idioma y estudios en humanos.

Posteriormente, en la selección de estudios, los resultados se exportaron a Rayyan QCRI para eliminar duplicados. A continuación, dos revisores independientes realizaron cribado por título/resumen y evaluación por texto completo.

Los desacuerdos se resolvieron por consenso o con un tercer revisor, resumiéndose el proceso en un diagrama PRISMA. En la fase de extracción de datos, realizada también por dos revisores mediante plantilla estandarizada, se recolectaron variables como autores/año/país, diseño metodológico, tipo de restauración/técnica adhesiva, características de muestra, métodos de evaluación, resultados principales y limitaciones. Nuevamente, las discrepancias se resolvieron mediante discusión o con un tercer revisor.

Para la evaluación del riesgo de sesgo, se emplearon herramientas específicas según el tipo de estudio: RoB 2.0 (Cochrane) para ensayos clínicos, ROBINS-I para observacionales y una adaptación del Joanna Briggs Institute para estudios in vitro. Este proceso fue realizado de forma independiente por dos revisores, resolviéndose las discrepancias por consenso. Dada la heterogeneidad metodológica esperada, para la síntesis de resultados se optó por un enfoque narrativo cualitativo.

Específicamente, los resultados se agruparon por tipo de restauración, técnica adhesiva y método de detección de microfiltración, enfatizando la dirección, consistencia de los hallazgos y calidad metodológica.

En cuanto a la certeza de la evidencia, se evaluó globalmente mediante el enfoque GRADE, considerando dominios como riesgo de sesgo, inconsistencia e imprecisión, elaborándose un resumen en una tabla GRADE. En relación al sesgo de publicación, para subconjuntos con ≥ 10 estudios susceptibles de análisis cuantitativo, se examinó mediante gráficos de embudo y la prueba de Egger para evaluar asimetría, cuyos resultados se presentan en el Apéndice

RESULTADOS

Diagrama de flujo Prisma

Se ha realizado una revisión exhaustiva (ver tabla 1) de la literatura científica para analizar la evidencia sobre la filtración marginal como causa principal de fracaso en restauraciones adhesivas en odontología. Este proceso comenzó con la Fase 1: Identificación, donde se consultaron diversas bases de datos. Los resultados arrojaron un total de 286 registros identificados, todos ellos únicos sin duplicados, lo que garantizó la originalidad y la diversidad de las fuentes.

Posteriormente, se llevó a cabo la Fase 2: Cribado. Durante esta etapa, se realizó un cribado inicial por título y resumen. Los criterios de inclusión fueron estrictos: solo se consideraron estudios que abordaran la microfiltración marginal en restauraciones adhesivas, incluyendo investigaciones experimentales, revisiones y ensayos clínicos. Es importante destacar que, en esta fase, ningún estudio fue excluido, lo que resultó en un total de 21 estudios elegibles que cumplían con los requisitos iniciales.

El cribado por texto completo no arrojó exclusiones adicionales, ya que todos los estudios contenían datos cuantificables sobre microfiltración y se encontraban dentro del contexto clínico y odontológico, lo que permitió que los 21 estudios identificados inicialmente fueran incluidos para la síntesis final.

Finalmente, la Fase 3: Inclusión detalló los tipos de estudios incorporados en el análisis. La mayoría, 14 estudios, fueron in vitro, con ejemplos prominentes como los trabajos de Heintze S¹⁸, y que exploraron las propiedades de los materiales y las técnicas en condiciones controladas de laboratorio. Además, se incluyeron 6 revisiones sistemáticas o críticas, como las de Khoroushi M, et al,¹⁹ que ofrecieron una visión más amplia de la literatura existente.

Es relevante mencionar que un ensayo clínico de Mollica F, et al,²⁰ también formó parte de la muestra, proporcionando datos directamente aplicables a la práctica clínica. Las variables analizadas en estos estudios fueron diversas, abarcando desde factores técnicos (como el tipo de adhesivos y el espesor del material) y las propiedades de los materiales (incluyendo la nanotecnología y los ionómeros de vidrio modificados por resina o RMGI), hasta los métodos de evaluación empleados (comparando la micro-CT con las técnicas 2D).

Tabla 1 de Extracción de Datos para Revisión Sistemática

ID	Autores (Año)	Título del Estudio	Tipo de Estudio	Población / Muestra	Intervención/ Exposición	Comparador	Resultados Clave	Conclusiones
1	Rengo et al. (2015)	Marginal leakage of Class V composite restorations assessed using microcomputed tomography and scanning electron microscope	Experimental in vitro	Restauraciones clase V	Resinas compuestas	Evaluación de microfiltración	Microfiltración marginal medida con micro-CT y SEM	Alta precisión en detección de microfiltración
2	Dennison & Sarrett (2012)	Prediction and diagnosis of clinical outcomes affecting restoration margins	Revisión	Restauraciones dentales	Factores clínicos	Análisis de fracaso	Factores predictivos de microfiltración marginal	Importancia del diagnóstico temprano
3	Alkhudha iry & Alrefaei (2024)	Carbon nanotube-modified adhesive to caries affected dentin conditioned with Nd:YAP laser, phosphoric acid, and photoactivated-erythrosine	Experimental in vitro	Dentina afectada por caries	Adhesivo con nanotubos de carbono + láser Nd:YAP	Adhesivos convencionales	Mejoría en la integridad del sellado	Tecnología prometedora para restauraciones
4	Choi et al. (2000)	The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite	Experimental in vitro	Resinas compuestas	Espesor del adhesivo	Estrés de polimerización	Espesor óptimo: 100-200 µm para reducir microfiltración	Control del espesor crítico para durabilidad
5	Mauro et al. (2012)	Effect of different adhesive systems on microleakage in class II composite resin restorations	Experimental in vitro	Restauraciones clase II	Adhesivos autograbantes vs. grabado-ácido	Microfiltración	Menor microfiltración con adhesivos autograbantes	Elección del adhesivo impacta el sellado marginal
6	Alkhudha iry et al. (2023)	Resin loaded with nanoparticles and remineralizing agents on the bond integrity and microleakage of tooth color restoration	Experimental in vitro	Esmalte blanqueado	Resina con nanopartículas/remineralizantes	Resina convencional	Sellado superior en esmalte blanqueado	Efecto positivo de las nanopartículas
7	Davidson & Kemp-Scholte (1989)	Shortcomings of composite resins in Class V restorations	Revisión crítica	Restauraciones clase V	Limitaciones de resinas compuestas	Ánalisis de fracaso	Alta microfiltración en márgenes gingivales	Necesidad de mejoras en materiales
8	Piemjai & Lenglerdphol (2018)	Effect of strong tooth-bleaching with 38% hydrogen peroxide on marginal seal of dental restorations	Experimental in vitro	Restauraciones post-blanqueamiento	Blanqueamiento con H ₂ O ₂ 38%	Adhesivos autograbantes/totales	Mayor microfiltración tras blanqueamiento	Precaución en restauraciones post-blanqueo
9	Pinna et al. (2017)	The role of adhesive materials and oral biofilm in the failure of adhesive resin restorations	Revisión	Interfase adhesiva	Biopelícula oral + materiales adhesivos	Fracaso restaurador	Biopelícula como factor clave en microfiltración	Enfoque en control microbiológico
10	Haak et al. (2023)	Effect of the adhesive strategy on clinical performance and marginal integrity in non-carious cervical lesions	Ensayo clínico (36 meses)	Lesiones cervicales no cariosas	Estrategia adhesiva universal	Seguimiento a largo plazo	Buena integridad marginal tras 3 años	Eficacia clínica de adhesivos universales
11	Khoroushi et al. (2018)	Marginal leakage of Class V composite resin restorations	Experimental in vitro	Restauraciones clase V	Diferentes protocolos adhesivos	Evaluación de sellado	Factores técnicos como causa principal de microfiltración	Importancia de la técnica clínica

12	Molina-Pule et al. (2015)	Evaluation of microleakage in composite restorations after several aging periods	Experimental in vitro	Restauraciones envejecidas	Ciclado térmico/envejecimiento	Tiempo	Aumento de microfiltración con el envejecimiento	Degradación del sellado marginal a largo plazo
13	Pereira et al. (2021)	Analysis of microleakage and marginal gap presented by new polymeric systems in Class V restorations	Experimental in vitro	Sistemas poliméricos nuevos	Materiales innovadores	Resinas convencionales	Reducción de microfiltración con nuevos materiales	Avances en desarrollo de materiales
14	Rathi et al. (2020)	Microleakage in composite resin restoration—a review article	Revisión sistemática	Literatura científica	Análisis de causas y soluciones	Síntesis de evidencia	Múltiples factores (técnica, material, ubicación)	Necesidad de protocolos estandarizados
15	Bayne (2012)	Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials	Revisión crítica	Materiales restauradores	Correlación clínica/laboratorio	Valididad predictiva	Limitaciones de los ensayos in vitro	Necesidad de mejores modelos predictivos
16	Heintze (2013)	Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation	Revisión	Pruebas de laboratorio	Relevancia clínica	Análisis crítico	Microfiltración como predictor de fracaso restaurador	Validación de métodos de evaluación
17	Khoroushi et al. (2012)	Marginal microleakage of resin-modified glass-ionomer and composite resin restorations	Experimental in vitro	RMGI vs. resina compuesta	Adhesivos autograbantes/grabado-ácido	Comparación de materiales	Menor microfiltración en RMGI	RMGI ventajoso en zonas de difícil aislamiento
18	Mollica et al. (2004)	Mechanical and leakage behaviour of the dentin-adhesive interface	Experimental in vitro	Interfase dentina-adhesivo	Propiedades mecánicas y de sellado	Análisis de estrés	Relación entre comportamiento mecánico y microfiltración	Optimización de la interfase crítica
19	Deligeorgi et al. (2001)	An overview of reasons for the placement and replacement of restorations	Revisión	Restauraciones existentes	Causas de fracaso	Análisis epidemiológico	Microfiltración entre principales causas de reemplazo	Impacto clínico de la microfiltración marginal
20	Alqhtani et al. (2024)	Effect of adding sodium fluoride and nano-hydroxyapatite nanoparticles to the universal adhesive on bond strength and microleakage	Experimental in vitro	Molares primarios con caries	Adhesivo + NaF/nano-HAP	Adhesivo estándar	Reducción de microfiltración y mejora de adhesión	Nanopartículas mejoran propiedades anticaries
21	Khoroushi & Ehtesham i (2016)	Marginal microleakage of cervical composite resin restorations: two-dimensional vs. three-dimensional methods	Experimental in vitro	Restauraciones cervicales	Métodos 2D vs. 3D	Comparación de técnicas	Mayor precisión con métodos 3D (micro-CT)	Ventaja de técnicas tridimensionales

Análisis GRADE

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos a partir de la tabla 3 resumen GRADE proporcionada (ver tabla 2, apéndice B). Este análisis se centra en la certeza de la evidencia y los razonamientos por

dominio para diferentes resultados clave relacionados con la filtración marginal en restauraciones adhesivas. En primer lugar, con respecto a la microfiltración marginal en restauraciones Clase V y II, se basó en 15 estudios, principalmente

experimentales in vitro. La certeza de la evidencia para este resultado es baja (00). El razonamiento detrás de esta baja certeza incluye un alto riesgo de sesgo debido a la naturaleza in vitro de los estudios. Además, se observó una alta inconsistencia debido a la heterogeneidad en los materiales y protocolos utilizados. Finalmente, la imprecisión se debe a que los resultados son variables y poco generalizables.

En segundo lugar, la eficacia de los adhesivos autograbantes frente a los convencionales se evaluó con 4 estudios, que incluyen estudios in vitro y un ensayo clínico. La certeza de la evidencia es moderada (☒ □). En este caso, el riesgo de sesgo es moderado y la inconsistencia es baja, con resultados consistentes entre los estudios. La imprecisión se atribuye a que los datos son limitados, aunque clínicamente relevantes. En tercer lugar, el impacto del blanqueamiento en el sellado marginal se basó en un solo estudio experimental in vitro. La certeza de la evidencia es baja (□ ☒). El riesgo de sesgo es alto debido al diseño in vitro del estudio, y la imprecisión es significativa, ya que se basa en un único estudio sin

replicación clínica. En cuarto lugar, el uso de nanotecnología en adhesivos se investigó a través de 3 estudios in vitro. La certeza de la evidencia es baja (☒ ☒ □). El riesgo de sesgo es alto debido al modelo in vitro utilizado. Existe una indirecta en la evidencia, ya que aún no ha sido validada clínicamente, y se identifica un posible sesgo de publicación.

En quinto lugar, los métodos de evaluación, específicamente 2D vs. 3D (micro-CT), fueron analizados con 2 estudios in vitro comparativos. La certeza de la evidencia es moderada (☒ □). El riesgo de sesgo en este dominio es moderado. El impacto de factores clínicos y biofilm en el fracaso restaurador se basó en 4 revisiones narrativas y críticas. La certeza de la evidencia es moderada. Se encontró una alta consistencia en los resultados, aunque la imprecisión se debe a que los resultados son robustos pero aún limitados al laboratorio. La evidencia es indirecta, ya que deriva de una síntesis no sistemática, y existe un potencial alto de sesgo de publicación, si bien la plausibilidad clínica valida la conclusión.

Tabla 2 resumen GRADE

Resultado clave	Nº de estudios	Diseño de los estudios	Certeza de la evidencia (GRADE)	Razonamiento por dominios
Microfiltración marginal en restauraciones clase V y II	15	Principalmente estudios experimentales in vitro	●●○○ (Baja)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Riesgo de sesgo: Alto, por naturaleza in vitro. ❖ Inconsistencia: Alta heterogeneidad en materiales y protocolos. ❖ Imprecisión: Resultados variables y poco generalizables.
Eficacia de adhesivos autograbantes vs. Convencionales	4	Estudios in vitro y un ensayo clínico	●●●○ (Moderada)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Riesgo de sesgo: Moderado. ❖ Inconsistencia: Baja, resultados consistentes. ❖ Imprecisión: Datos limitados pero clínicamente relevantes.
Impacto del blanqueamiento en el sellado marginal	1	Estudio experimental in vitro	●●○○ (Baja)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Riesgo de sesgo: Alto por diseño in vitro. ❖ Imprecisión: Basado en un solo estudio, sin replicación clínica.
Uso de nanotecnología en adhesivos	3	Estudios in vitro	●●○○ (Baja)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Riesgo de sesgo: Alto (modelo in vitro). ❖ Indirecta: Evidencia aún no validada clínicamente. ❖ Sesgo de publicación: Posible.
Métodos de evaluación: 2D vs. 3D (micro-CT)	2	Estudios in vitro comparativos	●●●○ (Moderada)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Riesgo de sesgo: Moderado. ❖ Consistencia: Alta. ❖ Imprecisión: Resultados robustos pero aún limitados a laboratorio.
Impacto de factores clínicos y biofilm en fracaso restaurador	4	Revisión narrativa y crítica	●●●○ (Moderada)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Indirecta: Evidencia derivada de síntesis no sistemática. ❖ Sesgo de publicación: Potencial alto, pero plausibilidad clínica valida la conclusión.

Calidad de las revistas

Se ha realizado un análisis de la calidad de las revistas científicas incluidas, basándose en el Factor de Impacto (2023), el Cuartil (SJR/JCR) y la Indexación principal (Ver tabla 3, apéndice C). Se observa una variabilidad en la calidad de las revistas. Un grupo significativo de revistas se encuentra en Cuartiles Q1 y Q2, lo que indica una alta calidad y relevancia en sus respectivos campos. Entre ellas, destacan:

- Journal of Dental Research (ID 4) con el Factor de Impacto más alto de 6.44 y clasificado en Q1.
- Journal of Oral Rehabilitation (ID 2) con un Factor de Impacto de 3.53 y en Q1.
- Journal of Esthetic and Restorative Dentistry (ID 8) con un Factor de Impacto de 4.05 y en Q1.
- Dental Materials (ID 15) con un Factor de Impacto de 4.0 y en Q1.
- International Journal of Adhesion and Adhesives (ID 5) con un Factor de Impacto de 3.60 y en Q2.
- Journal of Materials Science: Materials in Medicine (ID 17) en Q2, aunque su Factor de Impacto no está disponible.

Tabla 3. Calidad de las revistas científicas

ID	Revista	Factor de Impacto (2023)	Quartil (SJR/JCR)	Indexación principal
1	Operative Dentistry	1.35	Q1	Scopus, WoS, PubMed
2	Journal of Oral Rehabilitation	3.53	Q1	Scopus, WoS, PubMed
3	Photodiagnosis and Photodynamic Therapy	3.20	Q1	Scopus, WoS
4	Journal of Dental Research	6.44	Q1	Scopus, WoS, PubMed
5	International Journal of Adhesion and Adhesives	3.60	Q2	Scopus, WoS
6	Journal of Clinical Pediatric Dentistry	1.47	Q3	Scopus, WoS
7	Journal of Biomaterials and Tissue Engineering	N/D	Q4	Scopus
8	Journal of Esthetic and Restorative Dentistry	4.05	Q1	Scopus, WoS
9	American Journal of Dentistry	N/D	Q4	Scopus
10	Restorative Dentistry & Endodontics	N/D	Q3	Scopus, PubMed
11	Dental Hypotheses	N/D	Q4	Scopus
12	Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia	N/D	Q4	Scielo
13	Saudi Dental Journal	N/D	Q3	Scopus
14	Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences	N/D	Q4	Index Copernicus
15	Dental Materials	4.0	Q1	Scopus, WoS, PubMed
16	Indian Journal of Dental Research	N/D	Q3	Scopus, WoS
17	Journal of Materials Science: Materials in Medicine	N/D	Q2	Scopus, WoS
18	Primary Dental Care	N/D	Q4	Scopus

La mayoría de estas revistas de cuartiles superiores están indexadas en bases de datos reconocidas mundialmente como Scopus, Web of Science (WoS) y PubMed, lo que refuerza su visibilidad y credibilidad en la comunidad científica. Por otro lado, existe un número considerable de revistas en Cuartiles Q3 y Q4. Muchas de estas revistas no tienen un Factor de Impacto disponible (N/D), lo que podría sugerir que son de menor impacto o más recientes.

Ejemplos de estas incluyen:

- Journal of Clinical Pediatric Dentistry (ID 6) en Q3.
- Restorative Dentistry & Endodontics (ID 10) en Q3.
- Saudi Dental Journal (ID 13) en Q3.
- Indian Journal of Dental Research (ID 16) en Q3.
- Journal of Biomaterials and Tissue Engineering (ID 7) en Q4.
- American Journal of Dentistry (ID 9) en Q4.
- Dental Hypotheses (ID 11) en Q4.
- Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia (ID 12) en Q4.
- Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences (ID 14) en Q4.
- Primary Dental Care (ID 18) en Q4.

Las revistas de cuartiles inferiores suelen estar indexadas principalmente en Scopus, mientras que algunas tienen indexación más específica como Scielo (Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia) o Index Copernicus (Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences). La ausencia de Factor de Impacto para varias de estas publicaciones sugiere que podrían tener una menor visibilidad o un alcance más regional en comparación con las revistas de Q1 y Q2. En resumen, la colección de revistas analizadas abarca un amplio espectro de calidad, desde publicaciones de alto impacto en cuartiles superiores y amplia indexación, hasta revistas con menor impacto y visibilidad, reflejado en sus cuartiles más bajos y la ausencia de Factor de Impacto en varios casos.

Análisis cualitativo

La filtración marginal es un factor crítico en el fracaso de las restauraciones adhesivas, como lo ha demostrado una sólida base de evidencia científica a lo largo de los años. Por ejemplo, ya en 1989,²¹ identificaron la alta microfiltración en los márgenes gingivales como una limitación significativa de las resinas compuestas en restauraciones Clase V, lo que resaltaba la imperante necesidad de mejorar los materiales. De manera similar, una revisión posterior de²², reforzó esta idea al señalar la microfiltración como una de las causas principales para el reemplazo de restauraciones, subrayando su impacto clínico directo. Más recientemente²³ en su revisión sistemática, concluyeron que una multiplicidad de factores (técnica, material y ubicación) contribuyen a la microfiltración, lo que a su vez pone de manifiesto la urgencia de establecer protocolos estandarizados para su minimización.

La microfiltración es influenciada por diversos factores, entre ellos la técnica adhesiva. En este sentido, demostraron que los adhesivos autograbantes logran reducir la microfiltración en comparación con los de grabado-ácido en restauraciones Clase II. Además²⁴, observaron una menor microfiltración en restauraciones que utilizaban ionómeros de vidrio modificados por resina (RMGI) frente a las resinas compuestas, especialmente en aquellas zonas de difícil

aislamiento. Otro aspecto fundamental es el espesor del adhesivo, ya que²⁴, determinaron que un espesor óptimo, entre 100 y 200 µm, contribuye a reducir tanto el estrés de polimerización como la microfiltración. Asimismo, el efecto del envejecimiento no puede subestimarse, como lo evidenciaron²⁵, quienes observaron un aumento significativo de la microfiltración en restauraciones sometidas a ciclado térmico y envejecimiento, lo que sugiere una degradación progresiva del sellado marginal con el tiempo.

Afortunadamente, los avances en materiales y tecnologías están abriendo nuevas vías para combatir la microfiltración. La nanotecnología ha emergido como un campo prometedor; por ejemplo²⁶, reportaron un sellado superior en esmalte blanqueado al emplear resinas con nanopartículas y agentes remineralizantes. En una línea similar²⁷ demostraron que la adición de fluoruro de sodio y nano-hidroxiapatita a los adhesivos universales mejora tanto la adhesión como la reducción de la microfiltración. Sumado a esto, la investigación en nuevos sistemas poliméricos también está arrojando resultados positivos, con²⁸ encontrando que los materiales innovadores logran reducir la microfiltración en comparación con las resinas convencionales.

Para evaluar la eficacia de estas innovaciones, es crucial contar con métodos de evaluación precisos²⁹, destacaron la superioridad de los métodos 3D, como la micro-CT, sobre los 2D para evaluar la microfiltración, lo que permite un diagnóstico más confiable. En la misma dirección³⁰ utilizaron micro-CT y microscopía electrónica de barrido (SEM) para medir la microfiltración con alta precisión, reafirmando la importancia de estas técnicas avanzadas. A pesar de los avances, la relevancia clínica y las limitaciones de la investigación no deben pasarse por alto³¹, criticó la correlación directa entre los ensayos *in vitro* y el desempeño clínico, señalando las limitaciones de los modelos predictivos de microfiltración. Sin embargo³², enfatizó que la microfiltración es, de hecho, un predictor relevante del fracaso restaurador, aunque también resaltó la

necesidad continua de validar los métodos de evaluación.

También de los factores intrínsecos de los materiales y las técnicas, existen factores clínicos adicionales que influyen en la microfiltración. Por ejemplo³², identificaron la biopelícula oral como un factor clave en el fracaso de las restauraciones adhesivas debido a su impacto directo en la microfiltración. Igualmente⁹, reportaron que el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 38% puede aumentar la microfiltración en restauraciones existentes, lo que requiere una precaución clínica significativa al planificar estos tratamientos.

La evidencia es contundente: la filtración marginal es una causa principal de fracaso en restauraciones adhesivas. Esta problemática es multifactorial, influenciada por aspectos como los factores técnicos (tipo de adhesivo, espesor, técnica de aplicación), las propiedades de los materiales (avances en nanotecnología y nuevos polímeros) y las condiciones clínicas (biopelícula, envejecimiento, blanqueamiento). La mejora en los métodos de evaluación, especialmente con técnicas 3D, ha permitido una mayor precisión en el diagnóstico. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente optimizar los protocolos adhesivos, por ejemplo, utilizando adhesivos autograbantes o universales con nanopartículas. Además, es crucial controlar los factores de riesgo, manteniendo una buena higiene oral y evitando el blanqueamiento dental previo a las restauraciones. Posteriormente, la continua validación de los métodos de evaluación es fundamental para mejorar la predictibilidad clínica de las restauraciones adhesivas.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática confirma que la filtración marginal es un desafío persistente y multifactorial en las restauraciones adhesivas, aunque su papel como "principal" causa de fracaso no siempre es absoluto en todos los escenarios clínicos. Esta problemática se define por el paso indeseado de fluidos, bacterias y moléculas a través de la interfaz diente-restauración, lo que puede provocar caries secundarias, sensibilidad postoperatoria y

decoloración marginal, comprometiendo la longevidad de la restauración.

Un hallazgo crucial es la baja certeza de la evidencia en la mayoría de los dominios clave, especialmente para la microfiltración marginal en restauraciones Clase V y II. Esto se atribuye principalmente al predominio de estudios *in vitro*, que, si bien son fundamentales para comprender mecanismos básicos, presentan un alto riesgo de sesgo, inconsistencia por heterogeneidad de protocolos y materiales, e imprecisión en la generalización de los resultados a la práctica clínica. La falta de replicación clínica y la naturaleza controlada de estos estudios limitan la aplicabilidad directa de sus hallazgos en situaciones reales de la cavidad oral.

No obstante, se observa una certeza moderada de la evidencia en la eficacia de los adhesivos autograbantes versus los convencionales, y en la comparación de métodos de evaluación 2D frente a 3D (micro-CT). Esto sugiere que, a pesar de las limitaciones generales, existen áreas donde los datos son más consistentes y el riesgo de sesgo es menor, lo que permite inferencias más robustas sobre la superioridad de ciertos materiales o técnicas. La relevancia de la técnica adhesiva es innegable. Los adhesivos autograbantes han mostrado una reducción en la microfiltración en comparación con los de grabado-ácido en restauraciones Clase II. Asimismo, la optimización del espesor del adhesivo (entre 100 y 200 µm) se ha identificado como un factor que reduce tanto el estrés de polimerización como la microfiltración. Estos hallazgos resaltan la importancia de una selección cuidadosa de la estrategia de acondicionamiento y la aplicación precisa de los materiales adhesivos para mejorar la integridad marginal.

Los avances en materiales y tecnologías ofrecen prometedoras soluciones. La nanotecnología, por ejemplo, ha demostrado un potencial significativo en la mejora del sellado marginal, con resinas que contienen nanopartículas y agentes remineralizantes logrando un sellado superior en esmalte blanqueado, y la adición de fluoruro de sodio y nano-hidroxiapatita a los adhesivos universales mejorando la adhesión y

reduciendo la microfiltración. Sin embargo, la evidencia sobre la nanotecnología tiene una baja certeza debido a que aún no ha sido validada clínicamente y existe un posible sesgo de publicación.

El impacto del envejecimiento y los factores clínicos adicionales son determinantes en la longevidad de las restauraciones. El ciclado térmico y el envejecimiento aumentan la microfiltración, indicando una degradación progresiva del sellado marginal. Además, la biopelícula oral se ha identificado como un factor clave en el fracaso de las restauraciones adhesivas debido a su impacto directo en la microfiltración. La necesidad de precaución clínica se subraya con la observación de que el blanqueamiento dental puede aumentar la microfiltración en restauraciones existentes.

La calidad de las revistas incluidas en esta revisión es variable, abarcando desde publicaciones de alto impacto (Q1 y Q2) indexadas en bases de datos reconocidas como Scopus, Web of Science y PubMed, hasta revistas de menor impacto (Q3 y Q4) con Factor de Impacto no disponible en muchos casos. Esta heterogeneidad en la calidad de las fuentes subraya la necesidad de un juicio crítico en la interpretación de la evidencia y resalta la importancia de validar los métodos de evaluación y estandarizar los protocolos de investigación para mejorar la predictibilidad clínica.

CONCLUSIONES

Los resultados revelaron que los principales factores asociados a la filtración marginal incluyen el tipo de adhesivo utilizado, las técnicas de fotopolimerización, la preparación cavitaria y el envejecimiento termocíclico. Se evidenció una variabilidad significativa en los métodos de medición y en los protocolos clínicos, lo que dificulta la comparación entre estudios. La filtración marginal continúa siendo un desafío clínico relevante en Odontología restauradora. Esta revisión aporta una visión actualizada de los determinantes y limitaciones de las técnicas adhesivas, subrayando la necesidad de estandarizar metodologías. Además, se destaca la importancia de considerar el impacto ecológico de los

materiales odontológicos, promoviendo prácticas restaurativas sostenibles.

La filtración marginal es un contribuyente significativo y multifactorial al fracaso de las restauraciones adhesivas, influenciada por factores técnicos (tipo de adhesivo, espesor, técnica de aplicación), propiedades de los materiales (avances en nanotecnología y nuevos polímeros) y condiciones clínicas (biopelícula, envejecimiento, blanqueamiento dental). La certeza de la evidencia sobre la microfiltración marginal es generalmente baja, principalmente debido al predominio de estudios *in vitro* y a la heterogeneidad metodológica. Se requiere mayor investigación clínica para validar los hallazgos de laboratorio.

La optimización de los protocolos adhesivos, incluyendo el uso de adhesivos autograbantes o universales con nanopartículas, es crucial para minimizar la filtración marginal. Es fundamental controlar los factores de riesgo clínicos, como mantener una buena higiene oral y evitar el blanqueamiento dental previo a las restauraciones, para prolongar la durabilidad de los tratamientos adhesivos. La validación continua de los métodos de evaluación, especialmente el uso de técnicas 3D como la micro-CT, es esencial para mejorar la precisión diagnóstica y la predictibilidad clínica de las restauraciones adhesivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rengo C, Goracci C, Ametrano G, Chieffi N, Spagnuolo G, Rengo S, et al. Marginal leakage of Class V composite restorations assessed using microcomputed tomography and scanning electron microscope. *Oper Dent.* 2015;40(4):440–8. DOI: 10.2341/14-022-L.
2. Dennison J, Sarrett D. Prediction and diagnosis of clinical outcomes affecting restoration margins. *J Oral Rehabil.* 2012;39(4):301–18. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2011.02267x.
3. Alkhudhairi F, Alrefaei M. Carbon nanotube-modified adhesive to caries affected dentin conditioned with Nd:YAP laser, phosphoric acid,

- and photoactivated-erythrosine. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2024;47:104307. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2024.104307.
4. Choi K, Condon JR, Ferracane J. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. J Dent Res. 2000;79(3):812–7. DOI: 10.1177/00220345000790030501.
 5. Mauro S, Durão V, Briso A, Sundefeld M, Rahal V. Effect of different adhesive systems on microleakage in class II composite resin restorations. Int J Adhes Adhes. 2012;34:6–10. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2012.01.004.
 6. Aldutani FA, Abdulla A, Kamran MA, Luddin N, Abdelrahim R, Samran A, et al. Effect of adding sodium fluoride and nano-hydroxyapatite nanoparticles to the universal adhesive on bond strength and microleakage on caries-affected primary molars. J Clin Pediatr Dent. 2024;48(5):79–85. DOI: 10.22514/jocpd.2024.106.
 7. Alkhudhairy F, Maawadh A, Almohareb T. Resin loaded with nanoparticles and remineralizing agents on the bond integrity and microleakage of tooth color restoration bonded to the bleached enamel surface. J Biomater Tissue Eng. 2023;13(8):1101–7. DOI: 10.1166/jbt.2023.3330.
 8. Davidson C, Kemp-Scholte C. Shortcomings of composite resins in Class V restorations. J Esthet Dent. 1989;1(1):1–4. DOI: 10.1111/j.1708-8240.1989.tb01029.x.
 9. Piemjai M, Lenglerdphol S. Effect of strong tooth-bleaching with 38% hydrogen peroxide on marginal seal of dental restorations using self-etch and total-etch adhesives. J Esthet Restor Dent. 2018;30:153–9. DOI: 10.1111/jerd.12354.
 10. Pinna R, Usai P, Filipheddu E, García-Godoy F, Milia E. The role of adhesive materials and oral biofilm in the failure of adhesive resin restorations. Am J Dent. 2017;30(5):285–92.
 11. Haak R, Stache G, Schneider H, Hafer M, Schmalz G, Schulz-Kornas E. Effect of the adhesive strategy on clinical performance and marginal integrity of a universal adhesive in non-carious cervical lesions in a randomized 36-month study. J Clin Med. 2023;12(17):5521.
 12. Khoroushi M, Ehteshami A. Marginal microleakage of cervical composite resin restorations bonded using etch-and-rinse and self-etch adhesives: two-dimensional vs. three-dimensional methods. Restor Dent Endod. 2016;41(2):83–90. DOI: 10.5395/rde.2016.41.2.83.
 13. Khoroushi M, Etemadi S, Kheir MK. Marginal leakage of Class V composite resin restorations. Dent Hypotheses. 2018;9(1):11–5. DOI: 10.4103/denthyp.denthyp_37_17.
 14. Molina-Pule CG, Garcia-Merino IR, Aldas-Ramírez JE, Falconí-Borja G, Armas-Vega AC. Evaluation of microleakage in composite restorations after several aging periods. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2015;27(1):76–85. DOI: 10.17533/udea.rfo.v27nla4.
 15. Pereira JR, Vidotti HA, Correa Junior L, Vermudt A, Almeida MS, Pamato S. Analysis of microleakage and marginal gap presented by new polymeric systems in Class V restorations: an in vitro study. Saudi Dent J. 2021;33(3):156–60. DOI: 10.1016/j.sdentj.2019.11.007.
 16. Rathi SD, Nikhade P, Chandak M, et al. Microleakage in composite resin restoration--a review article. J Evol Med Dent Sci. 2020;9(12):1006–11. DOI: 10.14260/jemds/2020/216.
 17. Bayne SC. Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices. Dent Mater. 2012;28(1):52–71. DOI: 10.1016/j.dental.2011.08.594.
 18. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. Dent Mater. 2013;29(1):59–84. DOI: 10.1016/j.dental.2012.07.158.
 19. Khoroushi M, Karvandi TM, Kamali B, Mazaheri H. Marginal microleakage of resin-modified glass-ionomer and composite resin restorations: effect of using etch-and-rinse and self-etch adhesives. Indian J Dent Res. 2012;23(3):378–83. DOI: 10.4103/0970-9290.102234.
 20. Mollica F, De Santis R, Ambrosio L, Nicolais L, Prisco D, Rengo S. Mechanical and leakage behaviour of the dentin-adhesive interface. J Mater Sci Mater Med. 2004;15:485–92.
 21. Deligeorgi V, Mjor IA, Wilson NH. An overview of reasons for the placement and replacement of

- restorations. *Prim Dent Care.* 2001;8(1):5-11. DOI: 10.1308/135576101771799335.
22. Khoroushi M, Ehteshami A. Marginal microleakage of cervical composite resin restorations bonded using etch-and-rinse and self-etch adhesives: two dimensional vs. three dimensional methods. *Restor Dent Endod.* 2016;41(2):83-90. DOI: 10.5395/rde.2016.41.2.83.
23. Khoroushi M, Etemadi S, Kheir MK. Marginal leakage of Class V composite resin restorations. *Dent Hypotheses.* 2018;9(1):11-15. DOI: 10.4103/denthyp.denthyp_37_17.
24. Molina-Pule CG, García-Merino IR, Aldas-Ramírez JE, Falconí-Borja G, Armas-Vega AC. Evaluation of microleakage in composite restorations after several aging periods. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2015;27(1):76-85. DOI: 10.17533/udea.rfo.v27nla4.
25. Pereira JR, Vidotti HA, Corrêa Júnior L, Vermudt A, Almeida MS, Pamato S. Analysis of microleakage and marginal gap presented by new polymeric systems in class V restorations: An in vitro study. *Saudi Dent J.* 2021;33(3):156-160. DOI: 10.1016/j.sdentj.2019.11.007.
26. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater.* 2013;29(1):59-84. DOI: 10.1016/j.dental.2012.07.158.
27. Khoroushi M, Karvandi TM, Kamali B, Mazaheri H. Marginal microleakage of resin-modified glass-ionomer and composite resin restorations: effect of using etch-and-rinse and self-etch adhesives. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):378-383. DOI: 10.4103/0970-9290.102234.
28. Mollica F, De Santis R, Ambrosio L, Nicolais L, Prisco D, Rengo S. Mechanical and leakage behaviour of the dentin-adhesive interface. *J Mater Sci Mater Med.* 2004;15:485-492.
29. Deligeorgi V, Mjör IA, Wilson NH. An overview of reasons for the placement and replacement of restorations. *Prim Dent Care.* 2001;8(1):5-11. DOI: 10.1308/135576101771799335.
30. Armas Cordero LE. Eficiencia de polimerización en lámparas LED de segunda y tercera generación sobre la microfiltración marginal de restauraciones clase I de resinas Bulk-fill in vitro [tesis]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2025.
31. Yáñez Flores LK. Influencia del sellado dentinario inmediato en la fuerza adhesiva de restauraciones indirectas. Revisión de la literatura [tesis de licenciatura]. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo; 2025.
32. Montero Chavarrea DS. Sellado dentinario inmediato y Resin coating como técnicas de protección dentinaria en restauraciones indirectas [tesis de licenciatura]. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo; 2025.