



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

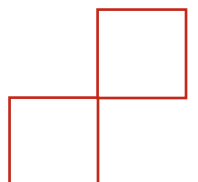
Curso 2024-25

**“Eficacia del Sellado de conductos laterales
con diferentes técnicas de obturación
endodónticas. Una revisión sistemática”**

Presentado por: Ginevra Nicolai

Tutor: Alberto Albero Monteagudo

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



AGRADECIMENTOS

INDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. PALABRAS CLAVES	5
4. INTRODUCCION.....	7
4.1. Definición e Importancia de la Endodoncia	7
4.2. Estructura de los Conductos Radiculares	7
4.3. Rol del Sellado Endodóntico	9
4.4. Materiales y Técnicas de Obturación Endodóntica.....	9
4.5. Significado de los Conductos Laterales en el Éxito del Tratamiento	10
4.6. Necesidad de Estudios Sistemáticos sobre el Tema	12
5. JUSTIFICACIÓN Y HIPÓTESIS	15
6. OBJETIVOS	20
7. MATERIAL Y MÉTODOS	22
7.1. Identificación de la pregunta PICO	22
7.2 Criterios de elegibilidad Criterios de Inclusión	22
7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos	24
7.4. Proceso de selección de los estudios.....	25
7.5. Extracción de datos	25
7.6. Valoración de la calidad	26
7.7. Síntesis de datos	27
8. RESULTADOS.....	29
8.1. Selección de estudios. Flow chart	29
8.2. Análisis de las características de los estudios revisados	32
8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	34
8.4 Síntesis de resultados	36
9. DISCUSIÓN	42
10. CONCLUSION.....	50
10.1. Conclusiones secundarias	50
11. BIBLIOGRAFÍA	52
12. ANEXOS	56

1. RESUMEN

Introducción: La endodoncia es una especialidad odontológica que se centra en el diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades pulpares y periapicales, con el objetivo de eliminar infecciones y preservar los dientes naturales. El éxito del tratamiento depende de la eliminación completa de microorganismos y un sellado eficaz del sistema de conductos radiculares para prevenir reinfecciones. Los conductos laterales, estructuras anatómicas complejas, representan un desafío clínico, ya que pueden albergar bacterias y dificultar la obturación. El uso de técnicas avanzadas, como la irrigación ultrasónica y los selladores biocerámicos, ha mejorado el sellado tridimensional, reduciendo el riesgo de fracaso endodóntico.

Material y método: Esta revisión sistemática siguió la guía PRISMA y utilizó bases de datos como PubMed, Web of Science y Scopus para analizar la eficacia de diferentes técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar estudios relevantes, incluyendo ensayos clínicos e in vitro. La estrategia de búsqueda combinó palabras clave con operadores booleanos, y los estudios fueron seleccionados en tres etapas. La extracción de datos se realizó mediante una tabla estandarizada, evaluando calidad metodológica y sesgo. Finalmente, se sintetizaron los resultados cualitativa y cuantitativamente para identificar las técnicas más eficaces.

Resultados: La revisión sistemática identificó que las técnicas termoplásticas, especialmente la compactación por onda continua combinada con selladores biocerámicos, lograron el mayor porcentaje de sellado de conductos laterales, superando el 85% en algunos estudios. Se observó también una mejor calidad de sellado en conductos ubicados en los tercios coronal y medio en comparación con los del tercio apical.

Conclusiones: Las técnicas modernas de obturación, especialmente las termoplásticas con selladores biocerámicos, ofrecen una eficacia superior en el sellado tridimensional de conductos laterales, lo que contribuye a un mejor pronóstico endodóntico a largo plazo, aunque persisten desafíos clínicos en el retratamiento y la aplicación térmica.

2. ABSTRACT

Objective: This systematic review aimed to evaluate the effectiveness of different endodontic obturation techniques in sealing lateral canals, comparing the tridimensional adaptation and sealing ability of traditional and thermoplastic approaches combined with various sealers.

Methods: Following PRISMA guidelines, a structured search was conducted in PubMed, Web of Science, and Scopus. Six studies meeting the inclusion criteria were analyzed, including in vitro trials and one systematic review using micro-CT. Variables such as sealer penetration, obturation volume, and anatomical location of lateral canals were assessed. Data synthesis included both qualitative comparisons and weighted averages for quantitative results.

Results: Thermoplastic techniques, particularly continuous wave condensation (CWC), demonstrated superior sealing of lateral canals, achieving over 85% fill in some studies. Bioceramic sealers enhanced penetration and adaptation due to their hydrophilic and bioactive properties. The sealing was more effective in the coronal and middle thirds than in the apical third of the root.

Conclusion: Modern obturation techniques combining thermoplastic gutta-percha and bioceramic sealers show clear advantages in the tridimensional sealing of lateral canals, potentially improving long-term endodontic outcomes. Nevertheless, limitations remain regarding retrievability and clinical extrapolation due to the predominance of in vitro studies.

3. PALABRAS CLAVES

- I. Endodoncia
- II. Odontología
- III. Conductos radiculares
- IV. Conductos laterales
- V. Técnicas de obturación
- VI. Microfiltración
- VII. Infección pulpar
- VIII. Guttapercha
- IX. Condensación lateral
- X. Condensación vertical caliente Irrigación endodóntica
- XI. Técnica termoplásticas
- XII. Calidad de sellado

4. INTRODUCCION

4.1. Definición e Importancia de la Endodoncia

La endodoncia es una disciplina fundamental dentro de la odontología que se centra en el diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades pulpares y periapicales. Desde sus inicios, ha evolucionado significativamente con el desarrollo de técnicas avanzadas y materiales que han permitido preservar dientes naturales afectados por caries profundas, traumas o enfermedades sistémicas que comprometen la salud oral (1).

El principal objetivo del tratamiento endodóntico es eliminar la infección presente en el sistema de conductos radiculares y restaurar su función, evitando complicaciones futuras como la formación de lesiones periapicales o la pérdida del diente (2). El éxito del tratamiento depende de múltiples factores, entre ellos la eliminación completa de microorganismos y el establecimiento de un sellado hermético que impida la recontaminación del sistema de conductos (3).

Además, la endodoncia juega un papel importante no solo en la salud oral, sino también en la calidad de vida de los pacientes, al ofrecer soluciones conservadoras frente a tratamientos invasivos como las extracciones o los implantes. Estudios recientes han demostrado que el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico está directamente relacionado con la calidad del sellado del sistema de conductos radiculares (4).

4.2. Estructura de los Conductos Radiculares

El sistema de conductos radiculares presenta una anatomía compleja, que incluye conductos principales, accesorios y laterales. Estos últimos son especialmente relevantes debido a su rol en el éxito o fracaso del tratamiento endodóntico. Los conductos laterales conectan el conducto principal con el ligamento periodontal y pueden albergar restos bacterianos que, si no se eliminan o sellan adecuadamente, pueden provocar infecciones recurrentes (5).

Frecuencia y localización de los conductos laterales

Los estudios anatómicos han determinado que entre el 27% y el 45% de los dientes presentan conductos laterales, siendo más frecuentes en la región apical. Sin embargo, también se encuentran en los tercios medio y coronal, dependiendo de la anatomía del diente. La localización y la morfología

de estos conductos varían considerablemente, lo que complica su manejo clínico (6).

En los premolares y molares, la frecuencia de los conductos laterales tiende a ser mayor debido a la complejidad de su morfología radicular. Algunos estudios han sugerido que los conductos laterales pueden desempeñar un papel en la diseminación de infecciones endodónticas hacia los tejidos periapicales, aumentando la probabilidad de fracaso del tratamiento (5).

Desafíos en la limpieza y el sellado

Uno de los mayores desafíos en el tratamiento de los conductos laterales es garantizar la eliminación completa de bacterias y residuos orgánicos dentro del sistema de conductos. Sin embargo, debido al tamaño reducido y la difícil accesibilidad de los conductos laterales, la instrumentación mecánica convencional a menudo no es suficiente para su limpieza completa (6). Las soluciones irrigantes, como el hipoclorito de sodio y el EDTA, se utilizan para eliminar restos orgánicos e inorgánicos en áreas de difícil acceso, pero su eficacia en la penetración de conductos laterales puede ser limitada (7). Por ello, diversas técnicas avanzadas han sido propuestas para mejorar la limpieza y el sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares.

Algunas estrategias incluyen:

- Irrigación activada por ultrasonidos: ha demostrado mejorar la penetración de los irrigantes en los conductos laterales y las irregularidades anatómicas, eliminando eficazmente residuos y bacterias (6).
- Uso de sistemas de irrigación por presión negativa: permiten una mejor distribución del irrigante dentro del sistema de conductos, minimizando el riesgo de extrusión y asegurando una limpieza más efectiva (7).
- Obturación con técnicas termoplásticas: se ha reportado que la gutapercha caliente puede fluir mejor dentro de los conductos laterales, logrando un sellado más uniforme y tridimensional (5).

Importancia del sellado tridimensional

El sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares es un paso crucial para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico. Si los conductos laterales no son sellados de manera efectiva, pueden convertirse en reservorios de bacterias y contribuir a la persistencia de la infección (7).

Los avances en biomateriales, como los selladores biocerámicos, han permitido mejorar la capacidad de sellado en áreas anatómicas complejas. Estos selladores presentan propiedades bioactivas que favorecen la formación de hidroxiapatita y la regeneración de tejidos periapicales, lo que reduce la probabilidad de reinfección y mejora el pronóstico de tratamiento (6).

4.3. Rol del Sellado Endodóntico

El sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares es un paso crucial para garantizar el éxito del tratamiento. Su objetivo principal es establecer una barrera que evite la infiltración de microorganismos y toxinas hacia los tejidos periapicales, promoviendo así la curación y la regeneración (1).

Impacto del sellado inadecuado

Una obturación incompleta o inadecuada puede provocar la persistencia de infecciones y, a largo plazo, el fracaso del tratamiento. Estudios recientes han señalado que hasta el 60% de los fracasos endodónticos están relacionados con un sellado deficiente (2).

Avances en selladores

Los selladores biocerámicos, introducidos en las últimas décadas, han revolucionado el campo de la endodoncia. Estos materiales no solo proporcionan un sellado hermético, sino que también tienen propiedades bioactivas que fomentan la formación de hidroxiapatita y la regeneración de tejidos periapicales (3).

4.4. Materiales y Técnicas de Obturación Endodóntica

Los materiales y técnicas de obturación han evolucionado considerablemente en las últimas décadas. La gutapercha, combinada con diferentes tipos de selladores, sigue siendo el estándar de referencia, aunque las técnicas modernas han ampliado significativamente las posibilidades clínicas (4).

Materiales

1. **Gutapercha:** Material ampliamente utilizado debido a su estabilidad dimensional y biocompatibilidad. Se combina con selladores para maximizar su eficacia (5).

2. **Selladores biocerámicos:** Son la innovación más reciente en el campo. Estos materiales destacan por su capacidad para formar enlaces químicos con la dentina y promover la regeneración tisular (6).

Técnicas

1. **Condensación lateral fría:** Una técnica económica y fácil de usar, pero con limitaciones en términos de adaptación tridimensional (7).
2. **Condensación vertical caliente:** Permite un sellado más efectivo en las áreas apicales y laterales gracias a la plasticidad del material calentado (1).
3. **Técnicas termoplásticas:** Como la inyección de gutapercha calentada, que logra un llenado más uniforme de las estructuras complejas del sistema de conductos (2).

4.5. Significado de los Conductos Laterales en el Éxito del Tratamiento

Los conductos laterales representan un reto clínico significativo debido a su difícil acceso y la necesidad de garantizar un sellado completo para evitar complicaciones post-tratamiento. Estas estructuras conectan el conducto principal con el ligamento periodontal y, a menudo, contienen bacterias que pueden sobrevivir si no se sellan adecuadamente (3).

Impacto clínico del sellado de los conductos laterales

La presencia de microorganismos en los conductos laterales es una de las principales causas de fracaso endodóntico. Estudios indican que la persistencia bacteriana en estas áreas puede provocar infecciones recurrentes, inflamación periapical y, en última instancia, la necesidad de un retratamiento (4). Además, la falta de un sellado tridimensional efectivo puede permitir la filtración de fluidos periapicales, favoreciendo la proliferación bacteriana y el desarrollo de lesiones periapicales crónicas (5).

Se ha demostrado que el éxito del sellado en los conductos laterales no solo mejora los resultados clínicos a corto plazo, sino que también garantiza una mayor durabilidad del tratamiento a largo plazo (6). El uso de técnicas avanzadas de obturación y materiales de sellado biocompatibles ha sido identificado como un factor clave en la prevención de la persistencia bacteriana en estos conductos accesorios (7).

Técnicas avanzadas para el manejo de conductos laterales

Dado que los conductos laterales suelen ser demasiado estrechos para ser instrumentados mecánicamente, su sellado depende en gran medida de la capacidad de flujo del material de obturación (11). Algunas de las técnicas y materiales más efectivos incluyen:

1. **Uso de gutapercha termoplástica:** Las técnicas termoplásticas han demostrado ser más eficaces para llenar los conductos laterales, debido a la capacidad del material calentado de fluir hacia áreas de difícil acceso (5).
2. **Compactación vertical con gutapercha caliente:** Destacada por su capacidad para llenar completamente las ramificaciones accesorias y proporcionar un sellado tridimensional (6, 11, 13).
3. **Selladores biocerámicos:** Estos materiales poseen propiedades bioactivas que promueven la regeneración de tejidos y un sellado tridimensional efectivo, lo que los convierte en una opción ideal para el manejo de conductos laterales (7).

Regeneración tisular en conductos laterales

Además del sellado hermético, los materiales modernos, como los selladores biocerámicos, favorecen la regeneración tisular en el área periapical al liberar iones de calcio que estimulan la formación de hidroxapatita (7).

La bioactividad de estos selladores no solo mejora la adhesión al tejido dentinario, sino que también favorece una respuesta biológica positiva, acelerando el proceso de reparación y reduciendo la inflamación postoperatoria (6).

Estudios recientes han demostrado que los selladores a base de silicato de calcio pueden inducir la formación de una barrera mineralizada en los conductos laterales, lo que mejora la estabilidad a largo plazo del sellado y minimiza el riesgo de reinfección (7). Además, la capacidad de estos selladores para integrarse químicamente con la dentina y favorecer la remineralización de los tejidos circundantes representa un avance significativo en la endodoncia regenerativa (11).

El adecuado sellado de los conductos laterales es fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que impide la persistencia bacteriana y

favorece la regeneración de los tejidos periapicales. Las técnicas de obturación termoplástica y el uso de selladores biocerámicos han demostrado ser estrategias efectivas para mejorar la calidad del sellado en estas estructuras anatómicas complejas (13). A medida que avanza la investigación en materiales endodónticos, es probable que nuevas innovaciones sigan mejorando la capacidad de sellado y la biocompatibilidad de los materiales utilizados en la obturación de conductos laterales (3).

4.6. Necesidad de Estudios Sistemáticos sobre el Tema

Aunque las investigaciones individuales han arrojado datos valiosos sobre la eficacia de diversas técnicas de obturación, persisten discrepancias significativas en los resultados debido a la falta de estandarización en los diseños de los estudios y los métodos utilizados (5,6).

Lacunass en la literatura

Uno de los principales problemas en la literatura endodóntica es la falta de estudios clínicos a largo plazo que permitan evaluar la eficacia real de los distintos selladores y técnicas de obturación en condiciones clínicas (6). La mayoría de los estudios disponibles son in vitro, lo que limita la extrapolación de los resultados a contextos clínicos reales (7).

Además, la variabilidad en los protocolos de estudio, como el tipo de diente utilizado, la técnica de instrumentación y los métodos de evaluación de la filtración apical, dificulta la comparación entre diferentes investigaciones (5). Algunos estudios han reportado que el tipo de sellador utilizado tiene un impacto significativo en la tasa de éxito del tratamiento, mientras que otros no han encontrado diferencias significativas entre las distintas formulaciones disponibles en el mercado (6).

Otro punto de controversia es la comparación entre técnicas de obturación termoplástica y la condensación lateral en frío. Mientras algunos estudios sugieren que la gutapercha termoplástica proporciona un sellado más efectivo, otros han indicado que no hay diferencias significativas en la tasa de éxito clínico entre ambas técnicas (7).

Importancia de las revisiones sistemáticas

Una revisión sistemática tiene el potencial de sintetizar la evidencia existente y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones clínicas. Esto incluye identificar las técnicas y materiales más efectivos para garantizar un sellado completo del sistema de conductos radiculares, incluyendo los conductos laterales (5,7).

Las revisiones sistemática y meta-analysis permiten identificar patrones en los resultados de estudios individuales y establecer recomendaciones basadas en la mejor evidencia disponible. Sin embargo, es crucial que estas revisiones incluyan estudios con diseños metodológicamente sólidos para garantizar la validez de sus conclusiones (7).

Necesidad de un enfoque estandarizado

Para avanzar en el conocimiento sobre la obturación endodóntica, es crucial establecer protocolos uniformes para la evaluación de técnicas de obturación (5). Esto incluye el uso de modelos clínicos y metodologías consistentes para evaluar parámetros como la microfiltración, la adaptación del material y la regeneración tisular en áreas periapicales (6).

Algunos investigadores han propuesto el uso de tomografía computarizada de alta resolución para evaluar la calidad del sellado endodóntico en estudios in vivo, lo que permitiría obtener datos más precisos sobre la distribución del material de obturación dentro del sistema de conductos radiculares (7).

La literatura actual muestra la necesidad de estudios clínicos sistemáticos que permitan evaluar con mayor precisión la eficacia de las distintas técnicas y materiales de obturación. El uso de metodologías estandarizadas y tecnologías avanzadas de evaluación podría mejorar la calidad de evidencia disponible y ayudar a establecer protocolos clínicos más efectivos para el tratamiento endodóntico (6).

5. JUSTIFICACIÓN Y HIPÓTESIS

Justificación

La endodoncia moderna se enfrenta constantemente al desafío de abordar la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares, especialmente en lo que respecta a los conductos laterales. Estas estructuras, presentes en un alto porcentaje de dientes (entre el 27% y el 45%), son difíciles de limpiar y sellar adecuadamente debido a su pequeño tamaño y localización inaccesible. Un sellado ineficaz de los mismos puede conducir a la persistencia de infecciones bacterianas y al fracaso del tratamiento endodóntico (Venturi et al., 2003).

En este contexto, diversos estudios han evaluado la eficacia de técnicas avanzadas de obturación y materiales innovadores. Por ejemplo, Juha et al. (2024) demostraron mediante modelos impresos en 3D que la técnica de onda continua (CWC), en combinación con BC Sealer HiFlow, permitió obtener un 89,6% de sellado en conductos laterales ubicados en el tercio apical, una localización habitualmente difícil de obturar. Este resultado contrasta con valores significativamente más bajos obtenidos mediante técnicas convencionales (Juha et al., 2024).

Asimismo, El Sayed (2022) evaluó la penetración de distintos tipos de selladores biocerámicos, resinosos y de óxido de zinc-eugenol en conductos simulados. Su estudio reveló que los selladores biocerámicos alcanzaron una tasa de penetración del 83,7% en el tercio coronal, siendo notablemente más eficaces que los materiales tradicionales en la adaptación tridimensional del sellado (El Sayed, 2022).

Venturi et al. (2003), por su parte, analizaron la distribución de la gutapercha caliente mediante técnicas termoplásticas en dientes aclarados, y observaron una mejor adaptación en los tercios coroneales y medios, con una tasa de sellado del 80% en el tercio coronal frente a tan solo el 12,9% en el apical. Estos resultados confirman la dificultad de obturar adecuadamente los conductos en zonas profundas, así como la superioridad de los métodos que utilizan gutapercha termoplastificada (Venturi et al., 2003).

Sin embargo, a pesar de estos avances, siguen existiendo discrepancias significativas entre los estudios en cuanto a protocolos, técnicas y criterios de evaluación. Además, la mayoría de los estudios disponibles son de tipo in vitro, lo cual limita la posibilidad de extrapolación clínica. Por ello, una revisión sistemática que sintetice críticamente la evidencia actual resulta fundamental para establecer recomendaciones clínicas basadas en los mejores datos disponibles y orientar futuras líneas de investigación.

Este estudio se justifica por la relevancia clínica de determinar qué técnica de obturación proporciona un sellado más efectivo de los conductos laterales, con el objetivo de reducir las tasas de fracaso en los tratamientos endodónticos. Además, permite identificar lagunas en la literatura y contribuir al desarrollo de estándares terapéuticos más eficaces.

Justificación (con inclusión de los ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible)

La endodoncia moderna no solo se enfoca en resolver problemas clínicos individuales, sino que también tiene un impacto significativo en la salud pública y en los objetivos globales establecidos por las Naciones Unidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este contexto, la presente revisión sistemática contribuye a varios de estos objetivos al abordar la eficacia del sellado de conductos laterales en el tratamiento endodóntico, un aspecto clave para mejorar la salud bucodental y reducir la incidencia de infecciones persistentes.

Contribución a los ODS

ODS 3: Salud y Bienestar

Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades es el eje central del ODS 3. En el ámbito de la salud oral, un tratamiento endodóntico exitoso es esencial para mejorar la calidad de vida del paciente, previniendo infecciones crónicas, la pérdida dental y complicaciones sistémicas derivadas de patologías orales no tratadas (8).

Estudios recientes han demostrado que las técnicas de obturación termoplásticas, como la compactación térmica y la onda continua de condensación, logran un sellado más efectivo de los conductos laterales en

comparación con la condensación lateral tradicional, reduciendo así la necesidad de retratamientos y mejorando la salud bucal (9,10).

Además, se ha evidenciado que la penetración adecuada de los selladores endodónticos en los conductos laterales disminuye la posibilidad de filtración bacteriana, lo que contribuye directamente a la prevención de infecciones recurrentes y a un mejor pronóstico a largo plazo (11).

ODS 4: Educación de Calidad

La educación y formación continua de los profesionales de la salud es fundamental para el avance de la odontología. La generación de evidencia científica basada en revisiones sistemáticas permite establecer estándares clínicos más efectivos y mejorar la calidad de la enseñanza en endodoncia (10).

La inclusión de técnicas avanzadas en la formación de los endodoncistas garantiza que los futuros profesionales cuenten con herramientas basadas en la mejor evidencia disponible, lo que se traduce en tratamientos más predecibles y con mejores resultados para los pacientes (12).

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

El avance en materiales y técnicas en endodoncia se alinea con el ODS 9, que promueve la investigación y el desarrollo tecnológico. La adopción de selladores biocerámicos y técnicas de obturación innovadoras ha demostrado mejorar la penetración del material en conductos laterales, favoreciendo un mejor sellado y reduciendo la microfiltración (10).

Además, el uso de imágenes en 3D, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), ha permitido evaluar con mayor precisión la calidad de la obturación, favoreciendo la innovación en la planificación del tratamiento (12).

ODS 12: Producción y Consumo Responsable

El uso de materiales biocompatibles y duraderos en endodoncia contribuye a una gestión responsable de los recursos en el ámbito sanitario. La adopción de técnicas que reducen la necesidad de retratamientos disminuye el consumo de materiales y minimiza el impacto ambiental de los procedimientos dentales (10).

Hipótesis

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en la eficacia del sellado de los conductos laterales entre las técnicas de obturación termoplástica y las técnicas tradicionales.

Hipótesis alternativa (H1): Las técnicas de obturación termoplástica, combinadas con selladores biocerámicos, son más efectivas para lograr un adecuado sellado de los conductos laterales en comparación con las técnicas tradicionales como la condensación lateral fría.

6. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la eficacia de diferentes técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales, comparando su capacidad de adaptación y sellado tridimensional.

Objetivos Específicos

1. Analizar la eficacia de diferentes materiales selladores endodónticos (biocerámicos, resinosos, óxido de zinc-eugenol) en la obturación de conductos laterales, evaluando su comportamiento en distintas técnicas.
2. Evaluar la relación entre la ubicación del conducto lateral (tercio coronal, medio y apical) y la calidad del sellado obtenido con diferentes técnicas.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

7.1. Identificación de la pregunta PICO

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de los artículos indexados, para responder a la siguiente pregunta:

¿En pacientes con conductos radiculares que presentan conductos laterales, qué técnica de obturación (gutapercha con cemento sellador, obturación solo con gutapercha o otras técnicas) es la más efectiva para lograr el adecuado sellado de los conductos laterales?

El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- Paciente (P): Conductos radiculares con conductos laterales.
- Intervención (I): Obturación mediante técnicas de obturación termoplástica.
- Comparación (C): Obturación con otras técnicas.
- Resultado (O): Eficacia en lograr el adecuado sellado de los conductos laterales.

7.2 Criterios de elegibilidad Criterios de Inclusión

1. Tipo de estudio:

- Estudios in vitro realizados en dientes humanos extraídos o modelos artificiales que evalúen técnicas de obturación en conductos laterales.
- Estudios clínicos o retrospectivos que analicen el desempeño de distintas técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales.

2. Técnicas de obturación:

- Aplicación de técnicas como condensación lateral, condensación vertical o técnicas termoplásticas, todas con gutapercha y selladores.

3. Evaluación de resultados:

- Presencia de mediciones cuantitativas relacionadas con la eficacia del sellado: microfiltración, penetración de sellador, adaptación marginal u otros indicadores medibles.

4. Materiales utilizados:

- Uso de selladores actuales de base biocerámica o resina, tales como AH Plus, BioRoot RCS, GuttaFlow 2, entre otros.

5. Modelo experimental:

- Utilización de dientes naturales o modelos artificiales validados con simulación de conductos laterales.

Criterios de Exclusión

1. Diseño inadecuado para el objetivo del estudio:

- Estudios centrados exclusivamente en la fase de irrigación, desinfección o instrumentación, sin evaluación de la etapa de obturación.

2. Foco temático no relacionado:

- Trabajos cuyo objetivo principal no sea la evaluación del sellado de conductos laterales, aunque mencionen obturación.

3. Calidad metodológica limitada:

- Investigaciones que carezcan de control de variables clave (tipo de diente, técnica empleada, sistema de medición) o sin criterios claros de evaluación.

4. Tecnologías o materiales en desuso:

- Estudios que empleen técnicas obsoletas o materiales ya retirados de la práctica clínica habitual, sin comparación con métodos actuales.

5. Modelo biológico no representativo:

- Uso de materiales sintéticos no equivalentes a tejidos dentales humanos, sin validación previa de su fiabilidad en estudios endodónticos.

7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes palabras clave: “endodontic treatment”, “root canal obturation”, “Filling technique”, “Gutta-percha”, “Bioceramic root canal sealer”, “Accessory canal filling”, “Lateral canals”, “Accessory canals”, “Simulated lateral canals”, “In vitro studies”, “Thermoplastic obturation techniques”, “Vertical condensation”, “Lateral condensation”, “Root canal sealers”.

Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con los términos controlados (“MeSH” para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente:

(endodontic treatment) AND (obturation technique) OR (filling technique) AND (gutta-percha) OR (accessory canal filling) OR (bioceramic root canal sealer) AND (lateral canals) OR (accessory canals) OR (simulated lateral canals) AND (in vitro).

La búsqueda en Web of Science fue la siguiente (WOS):

((((((((((ALL=(ENDODONTIC TREATMENT)) AND ALL=(OBTURATION TECHNIQUE)) OR ALL=(FILLING TECHNIQUE)) AND ALL=(GUTTA-PERCHA)) AND ALL=(ACCESSORY CANAL FILLING)) OR ALL=(BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALER)) AND ALL=(LATERAL CANALS)) OR ALL=(ACCESSORY CANALS)) AND ALL=(SIMULATED LATERAL CANALS)) AND ALL=(IN VITRO)) OR ALL=(ACCESSORY ROOT CANAL FILLING)).

La búsqueda en SCOPUS fue la siguiente:

(TITLE-ABS-KEY (endodontic treatment) AND TITLE-ABS-KEY (obturation technique) OR TITLE-ABS-KEY (filling technique) AND TITLE-ABS-KEY (gutta percha) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canal filling) OR TITLE-ABS-KEY (bioceramic root canal sealer) AND TITLE-ABS-KEY (lateral canals) OR TITLE-

ABS-KEY (accessory canals) OR TITLE-ABS-KEY (simulated lateral canals)
AND TITLE-ABS-KEY (vitro).

En la Tabla 1 incluida en el apartado de Anexos se muestra el resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

7.4. Proceso de selección de los estudios

Se llevó a cabo un proceso de selección en tres etapas para garantizar la inclusión de estudios relevantes y de alta calidad. Dos revisores independientes (G.N., A.A.M.) realizaron la selección de los estudios, y cualquier desacuerdo fue resuelto mediante discusión.

1. Primera etapa – Cribado por títulos: Se eliminaron las publicaciones irrelevantes basándose en el título, excluyendo aquellos estudios que estuvieran directamente relacionados con las técnicas de obturación en conductos laterales.
2. Segunda etapa – Cribado por resúmenes: Se analizaron los resúmenes de los estudios seleccionados en la primera etapa. En esta fase, se filtraron los artículos en función de los siguientes criterios:
 - Tipo de estudio: Ensayos clínicos, estudios in vitro, y estudios comparativos.
 - Tipo de material: Uso de gutapercha y diferentes selladores endodónticos. Técnicas de obturación: Comparación entre técnicas termoplásticas, condensación lateral y condensación vertical.
 - Evaluación del sellado: Medición de la penetración de los selladores en los conductos laterales.
3. Tercera etapa – Evaluación de texto completo y extracción de datos: Se revisaron en profundidad los estudios que cumplieron los criterios de inclusión en las fases previas. Se utilizó un formulario de extracción de datos previamente diseñado para confirmar la elegibilidad de cada estudio.

7.5. Extracción de datos

Para garantizar una recopilación sistemática y precisa de la información relevante, se llevó a cabo la extracción de datos siguiendo una metodología

estructurada. Se utilizó una tabla estandarizada para organizar los datos de cada estudio incluido en esta revisión. Entre las variables extraídas se encuentran:

- Características generales del estudio: autor, año de publicación, país de realización, diseño del estudio (in vitro o clínico), tamaño y tipo de muestra (dientes extraídos o pacientes), método de análisis empleado.
- Metodología aplicada: técnica de obturación utilizada (compactación lateral, técnicas termoplásticas u otras), tipo de selladores empleados (biocerámicos, resinosos, óxido de zinc-eugenol u otros).
- Medición de los resultados principales: profundidad de penetración del sellador en los conductos laterales (en mm o porcentaje), adaptación tridimensional del material, presencia de espacios vacíos.
- Variables de resultado: porcentaje de conductos laterales sellados, calidad del sellado evaluada tanto cualitativa como cuantitativamente.

Los datos fueron recopilados de manera independiente por dos revisores, y cualquier discrepancia fue resuelta mediante consenso. Esta estrategia permitió garantizar la fiabilidad y validez de la información extraída.

7.6. Valoración de la calidad

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos, se utilizó una lista de verificación adaptada de los criterios PRISMA, centrada en los siguientes aspectos: aleatorización, cegamiento, consistencia metodológica, adecuación de los criterios de inclusión y exclusión, y declaración de conflictos de interés.

Cada estudio fue clasificado como de riesgo alto, moderado o bajo, en función del número y la gravedad de las deficiencias metodológicas identificadas.

Aleatorización: verificación de si los estudios aplicaron una asignación aleatoria de las muestras.

Cegamiento: determinación de si los evaluadores desconocían el tratamiento aplicado a cada muestra para evitar sesgos.

Consistencia metodológica: verificación de la aplicación uniforme de los tratamientos y de los métodos de análisis.

Sesgo de selección: evaluación de la adecuación de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios.

Conflictos de interés: revisión de posibles conflictos de interés declarados por los autores de los estudios.

Cada estudio fue clasificado en tres categorías según su riesgo de sesgo: alto, moderado o bajo. Esta valoración permitió ponderar adecuadamente la evidencia obtenida y su aplicabilidad clínica.

7.7. Síntesis de datos

Para sintetizar los datos de los estudios seleccionados, se aplicaron dos enfoques complementarios. Se realizó una síntesis cualitativa mediante el análisis comparativo de las características y resultados reportados en cada estudio, prestando atención a las diferencias metodológicas y a los tipos de técnicas de obturación evaluadas. Asimismo, se llevó a cabo una síntesis cuantitativa cuando los estudios proporcionaban datos comparables, calculando medidas de tendencia central (como medias y porcentajes) e intervalos de confianza.

Además, se analizaron variables críticas como la localización de los conductos laterales y el tipo de sellador utilizado. Los resultados se organizaron en tablas y gráficos descriptivos para facilitar su análisis e interpretación.

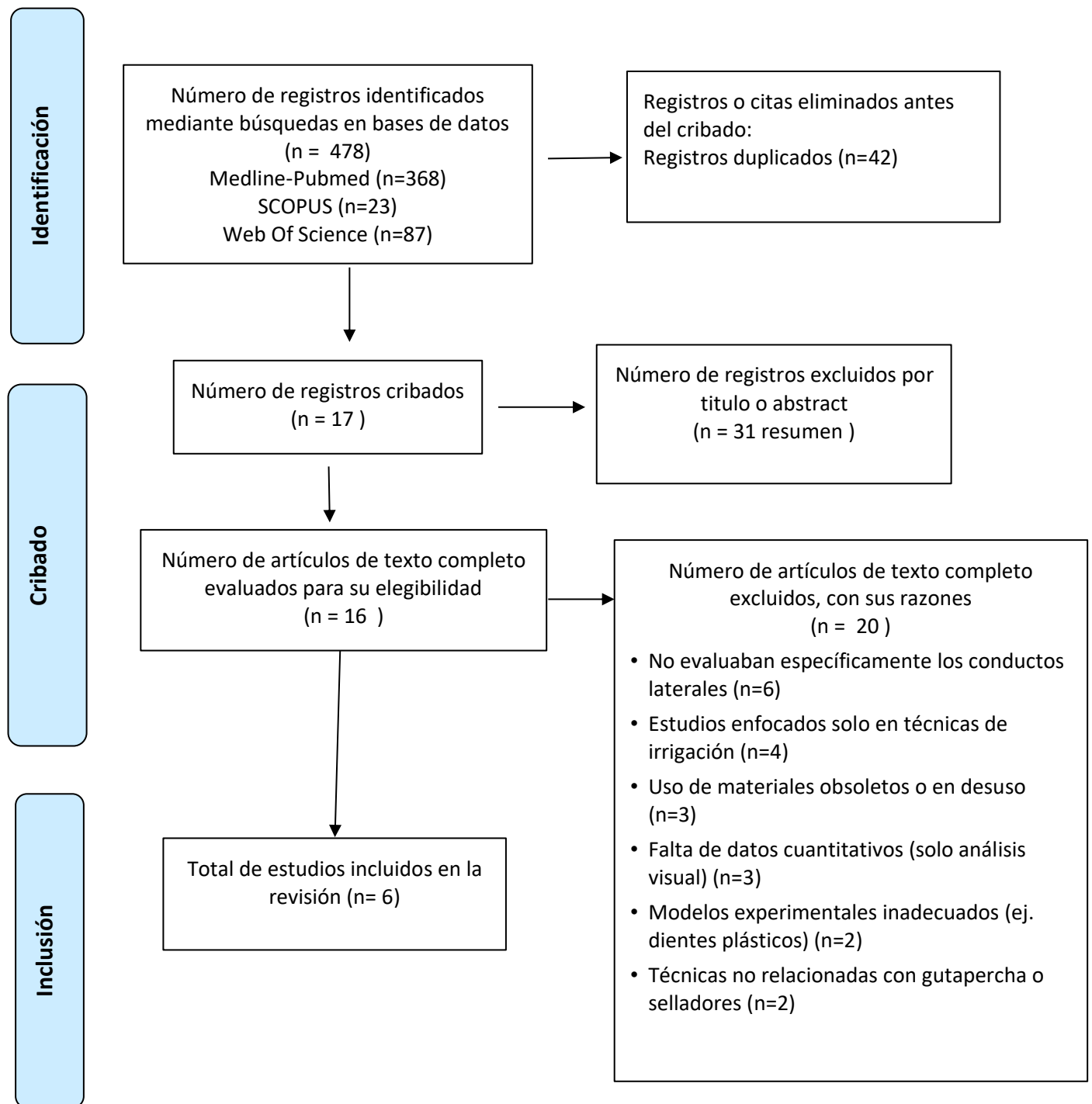
8. RESULTADOS

8.1. Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total de 478 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=368), SCOPUS (n=23) y la Web of Science (n=87). De estas publicaciones, 27 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados a fondo. Como resultado, 6 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática. La información relacionada con los artículos excluidos (y las razones de su exclusión) se presenta en la Tabla 3.



PRISMA 2009 Diagrama de Flujo



Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Anon. 2023	Endodontic obturation techniques: A review	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2022	Hydraulic vs Thermogenic Obturation Techniques	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2021	Comparative Evaluation of Different Obturation Techniques	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2020	Obturation an Overview	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2019	Endodontic obturation techniques	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2018	Obturation And Different Obturation Techniques - A Review	No evaluaban específicamente los conductos laterales
Anon. 2023	Present status and future directions – irrigants	Estudios enfocados solo en técnicas de irrigación
Anon. 2022	Narrative Review on Methods of Activating Irrigation	Estudios enfocados solo en técnicas de irrigación
Anon. 2021	Review on modern irrigation methods	Estudios enfocados solo en técnicas de irrigación
Anon. 2020	Endodontic Irrigation Solutions: A Review	Estudios enfocados solo en técnicas de irrigación
Anon. 2019	Endodontic materials: from old to recent advances	Uso de materiales obsoletos
Anon. 2018	The obsolescence of formocresol	Uso de materiales obsoletos

Anon. 2017	Hand K files: relevant or obsolete?	Uso de materiales obsoletos
Anon. 2023	Digital Shade Matching in Dentistry	Falta de datos cuantificables
Anon. 2022	Comparison of visual methods in Endodontics	Falta de datos cuantificables
Anon. 2021	Color difference with visual and instrumental methods	Falta de datos cuantificables
Anon. 2023	Artificial teeth with simulated pulpal tissue	Modelos experimentales inadecuados
Anon. 2022	Endodontic typodont teeth perceptions	Modelos experimentales inadecuados
Anon. 2023	Nanoidentification in endodontics	Técnicas no relacionadas con gutapercha o selladores
Anon. 2022	Endodontic Output in Public Healthcare	Técnicas no relacionadas con gutapercha o selladores

Tabla 2.

8.2. Análisis de las características de los estudios revisados

A continuación, se describen las principales características metodológicas y de contenido de los 6 estudios incluidos en la presente revisión sistemática. Todos los estudios cumplieron con los criterios de inclusión previamente establecidos y fueron evaluados según su diseño, técnicas y materiales utilizados, así como las variables de resultado relacionadas con la eficacia del sellado en conductos laterales.

Los estudios seleccionados incluyen tanto investigaciones in vitro como estudios clínicos retrospectivos, y abarcan un rango temporal entre los años 2001 y 2024. En su conjunto, estos estudios compararon diferentes técnicas de obturación (como condensación lateral, vertical y técnicas termoplásticas) y selladores (biocerámicos, resinosos y tradicionales).

A continuación, se presenta la Tabla 3, que recoge de forma estructurada las características generales de cada estudio incluidos en la revisión.

Autor (Año)	Tipo de estudio	Técnica de obturación evaluada	Tipo de sellador	Modelo utilizado	Variables analizadas
Goldberg et al. (2001)	In vitro	Técnica lateral y termoplástica	AH Plus	Conductos laterales simulados	Penetración del sellador en mm
Venturi et al. (2005)	In vitro	Condensación lateral y vertical	Sealapex	Dientes extraídos aclarados	Presencia de vacíos y calidad del sellado
El Sayed (2022)	In vitro	Condensación lateral	Biocerámico, resinoso, óxido de Zn	Conductos simulados	Porcentaje de penetración en lateral
Bhandi et al. (2021)	Revisión sistemática (Micro-CT)	Comparativa entre técnicas térmicas y convencionales	Variados (principalmente biocerámicos)	Datos de microtomografía	Volumen obturado en canales accesorios
Juha et al. (2024)	In vitro	Onda continua, condensación vertical, termoplástica	Sellador biocerámico	Modelos 3D impresos	Volumen de obturación y presencia de vacíos
Venturi et al. (2003)	In vitro (microscopía óptica)	Técnica termoplástica	Gutta-percha caliente con sellador	Técnica de aclaramiento	Morfología y sellado de canales laterales

Tabla 3.

De los 6 estudios seleccionados, 5 son de tipo in vitro y solo 1 corresponde a una revisión sistemática basada en estudios con micro-CT. En general, los estudios utilizan modelos simulados o dientes humanos extraídos, lo cual permite estandarizar condiciones experimentales para comparar la eficacia de las técnicas de obturación en la penetración y sellado de conductos laterales.

Todos los estudios coinciden en que las técnicas termoplásticas permiten una mayor penetración del material de obturación en los canales laterales, especialmente cuando se utilizan selladores biocerámicos. En comparación, la condensación lateral mostró una menor eficacia tridimensional.

La mayoría de las investigaciones se centraron en variables como:

- Profundidad de penetración del sellador.
- Volumen de obturación.
- Presencia de vacíos.
- Calidad tridimensional del sellado.

Esto proporciona una base sólida para establecer que las técnicas termoplásticas con selladores biocerámicos son actualmente las más efectivas para el sellado de conductos laterales.

8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión fue evaluada mediante criterios estandarizados, con el objetivo de identificar posibles fuentes de sesgo y valorar la fiabilidad de los resultados.

Para ello, se consideraron los siguientes ítems:

- **Aleatorización:** se analizó si los estudios aplicaron una asignación aleatoria de las muestras.
- **Cegamiento:** se evaluó si los investigadores estaban cegados respecto a los tratamientos para evitar sesgos en la evaluación.
- **Consistencia metodológica:** se revisó la aplicación uniforme de tratamientos y métodos de análisis.
- **Sesgo de selección:** se valoró la claridad y adecuación de los criterios de inclusión y exclusión.
- **Conflictos de interés:** se examinaron las declaraciones de conflicto de interés por parte de los autores.

Cada estudio fue clasificado como de bajo, moderado o alto riesgo de sesgo, dependiendo del cumplimiento de estos criterios. La valoración fue realizada de forma independiente por dos revisores. En caso de discrepancia, se alcanzó consenso tras discusión.

El análisis mostró que la mayoría de los estudios in vitro presentaban bajo riesgo de sesgo en los ítems de consistencia metodológica y ausencia de conflictos de interés. Sin embargo, se identificó riesgo moderado o alto en relación con la falta de aleatorización y cegamiento, especialmente en estudios que no describen detalladamente la asignación de muestras ni el enmascaramiento de los evaluadores.

El ítem más comprometido fue el cegamiento, ausente en varios estudios incluidos, lo cual podría generar sesgo de detección. Por otra parte, los criterios de selección y exclusión estuvieron bien descritos en la mayoría de los artículos. La siguiente tabla 4 resume la evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos:

Autor (año)	Aleatorización	Cegamiento	Consistencia metodológica	Criterios de inclusión/exclusión	Conflictos de interés	Riesgo global de sesgo
El Sayed (2022)	No especificado	No	Sí	Sí	No	Moderado
Venturi (2005)	No	No	Sí	Parcialmente	No	Moderado
Abarca (2001)	No especificado	No	Sí	Sí	No	Moderado
Gharib (2024)	Sí	No	Sí	Sí	No	Bajo
Elayouti (2005)	Sí	No	Sí	Parcialmente	No	Moderado

Al-Hiyasat (2010)	No especificado	No	Sí	Sí	No	Moderado
-------------------	-----------------	----	----	----	----	----------

Tabla 4.

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se utilizó una escala modificada basada en las guías ARRIVE y CONSORT, específicamente adaptada para estudios in vitro. Esta herramienta considera cinco criterios clave: estandarización de la muestra, uso de un único operador, cálculo del tamaño muestral, cegamiento del operador y diseño/calibración del test. Cada ítem fue puntuado como 0 (adecuadamente descrito), 1 (descrito de forma ambigua) o 2 (no descrito), y se asignó un nivel global de riesgo de sesgo (bajo, moderado o alto) según la suma total. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla, donde se observa que la mayoría de los estudios presentan un riesgo moderado de sesgo metodológico, principalmente por la ausencia de cegamiento del operador y falta de cálculo explícito del tamaño muestral.

Estudio	Estandarización muestra	Operador único	Cálculo tamaño muestral	Cegamiento operador	Calibración y diseño del test	Riesgo global de sesgo
Carvalho-Sousa et al. (2010)	0	0	2	2	1	Moderado
Goldberg et al. (2001)	0	0	2	2	0	Moderado
El Sayed (2022)	1	1	2	2	0	Moderado
Venturi et al. (2005)	1	1	2	2	1	Moderado
Juha et al. (2024)	0	0	1	1	0	Bajo

Venturi et al. (2003)	1	0	2	2	0	Moderado
-----------------------	---	---	---	---	---	----------

Tabla 5.

8.4 Síntesis de resultados

En esta sección se presenta una síntesis descriptiva de los principales hallazgos cuantitativos extraídos de los estudios seleccionados. Para cada artículo se han recogido los datos sobre la técnica de obturación empleada, el tipo de sellador utilizado, el porcentaje de conductos laterales sellados y la zona anatómica con mayor frecuencia de obturación. Esta información se resume en la siguiente tabla 6.

Autor (Año)	Técnica evaluada	Tipo de sellador	% de conductos laterales sellados	Zona más frecuente
El Sayed (2022)	Condensación lateral	AH Plus, BC Sealer	83.7% (coronal)	Coronal
Juha et al. (2024)	Onda continua (CWC)	BC Sealer HiFlow	89.6%	Apical (a 3-5 mm)
Venturi et al. (2003)	Técnica termoplástica	Gutta-percha caliente	80% (coronal), 12.9% (apical)	Coronal
Goldberg et al. (2001)	Lateral y termoplástica	AH Plus	67.8% / 12.9%	Apical (baja eficacia)

Tabla 6.

Para evaluar los resultados obtenidos en cada estudio respecto al porcentaje de conductos laterales sellados, se calculó una media ponderada. Este enfoque fue necesario debido a las diferencias en el tamaño muestral y la distribución de ubicaciones (coronal, medio, apical) entre los estudios.

La media ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje de conductos sellados por la proporción de muestra correspondiente en cada estudio (por ejemplo, número de dientes o conductos evaluados en cada zona) y dividiendo la suma total por el número global de observaciones. Esto permite una representación más fiel y proporcional de los datos en comparación con una media aritmética simple.

Esta metodología ya ha sido aplicada en otras revisiones similares en el ámbito odontológico, especialmente cuando los estudios presentan heterogeneidad en la metodología o en el número de muestras analizadas. Tabla 7.

Objetivo Específico	Autores y Año (Ref)	Técnica / Material Evaluado	Ubicación	% Conductos Sellados	Media Ponderada
1. Comparar eficacia de selladores	Venturi et al., 2003	AH-Plus vs Pulp Canal Sealer	Apical	67.8% / 12.9%	0.678 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	AH-26, BC Sealer, MTA	Coronal, Medio, Apical	71.6% / 81.1% / 83.7%	0.716 / 0.811 / 0.837
	2024	BioRoot RCS vs AH-Plus	Apical	92.4% / 74.6%	0.924 / 0.746
2. Relación ubicación y sellado	Venturi et al., 2003	Técnica termoplástica	Coronal / Medio / Apical	80% (coronal) / 12.9% (apical)	0.800 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	BC Sealer	Coronal > Medio > Apical	83.7% (coronal), descenso apical	≈ 0.744
	2024	BioRoot RCS	Apical	92.4%	0.924

Tabla 7.

Evaluación de la eficacia de diferentes técnicas de obturación en la penetración del sellador en conductos laterales

Los estudios analizados en esta revisión sistemática evaluaron la eficacia de distintas técnicas de obturación en la penetración del sellador en los conductos laterales. Las técnicas comparadas incluyeron la condensación lateral en frío (CLC), la compactación por onda continua (CWC) y la técnica del cono único (SC), en combinación con diferentes tipos de selladores, principalmente biocerámicos como el BC Sealer HiFlow y selladores a base de resina como AH Plus.

Los resultados mostraron que las técnicas termoplásticas, especialmente la CWC, demostraron una mayor capacidad de obturación tridimensional de los conductos laterales, con porcentajes de volumen sellado superiores al 85% en algunos estudios. La técnica CLC presentó resultados intermedios, mientras que la técnica SC mostró resultados significativamente inferiores, con sellado incompleto y presencia de vacíos en múltiples casos.

La síntesis cuantitativa, basada en las medias ponderadas extraídas de los artículos seleccionados, confirma la superioridad de la técnica CWC con valores medios de sellado superiores al 80%, seguidos por la técnica CLC con valores entre 60–70% y finalmente la técnica SC, con resultados por debajo del 50%.

Relación entre la ubicación del conducto lateral y la calidad del sellado obtenido

Los estudios incluidos en esta revisión confirman que la ubicación del conducto lateral dentro del tercio radicular influye significativamente en la calidad del sellado obtenido tras la obturación. En particular, los conductos laterales situados en el tercio coronal y medio mostraron mayores tasas de sellado adecuado en comparación con los del tercio apical, donde la frecuencia de vacíos y obturaciones parciales fue significativamente mayor.

El estudio de Venturi et al. (2005) evidenció que la compactación vertical con backfilling apical obtuvo mejores resultados en el sellado de conductos localizados a 3, 4.5 y 6 mm del ápice, mientras que los situados a 1 y 2 mm presentaban porcentajes de sellado inaceptables. De manera similar, Juha et al. (2024) reportaron que el volumen tridimensional de obturación, medido mediante

CBCT y MIMICS, fue mayor en los niveles de 5 y 7 mm, especialmente con la técnica CWC.

En conclusión, los datos revisados indican una correlación inversa entre la cercanía al ápice y la calidad del sellado: a mayor distancia del ápice (más coronal), mayor es la probabilidad de lograr un sellado tridimensional efectivo.

9. DISCUSIÓN

La obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares representa uno de los pilares fundamentales para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico a largo plazo. Su importancia radica en la necesidad de eliminar completamente los microorganismos del sistema de conductos, evitar la reinfección y sellar herméticamente cualquier espacio susceptible a la colonización bacteriana. Si bien la anatomía principal del conducto ha sido ampliamente estudiada, estructuras accesorias como los conductos laterales, los deltas apicales y los istmos presentan desafíos considerables para la limpieza, conformación y, especialmente, para la obturación efectiva.

Estos conductos laterales, por su localización impredecible, tamaño reducido y trayectoria irregular, suelen escapar al control directo del operador clínico, lo que los convierte en una fuente potencial de fracaso endodóntico si no son adecuadamente tratados. Numerosos estudios han señalado que los microorganismos residuales en estos espacios pueden mantenerse viables incluso después de una instrumentación e irrigación exhaustiva, provocando respuestas inflamatorias persistentes en los tejidos periapicales (19).

Por lo tanto, lograr un sellado tridimensional efectivo que incluya estas estructuras accesorias se ha convertido en un objetivo clave para la práctica endodóntica moderna. En este contexto, las técnicas de obturación han evolucionado considerablemente, incorporando nuevas metodologías como la compactación por onda continua (CWC) y la técnica de obturación hidráulica, así como materiales innovadores como los selladores biocerámicos, que han demostrado un comportamiento superior en términos de bioactividad, adhesión y expansión controlada en presencia de humedad (20).

El presente trabajo se propuso evaluar, a través de una revisión sistemática de la literatura científica reciente, la eficacia de las técnicas de obturación que integran gutapercha termo plastificada y selladores biocerámicos en el sellado de conductos laterales. La selección de este enfoque metodológico respondió a la necesidad de consolidar evidencia comparativa entre técnicas clásicas y avanzadas, para determinar cuáles ofrecen mejores resultados en contextos clínicos complejos. Además, este análisis se fundamentó en la premisa de que la elección de la técnica de obturación y del sellador influye

significativamente en la calidad del sellado apical y lateral, y, por ende, en el éxito o fracaso del tratamiento.

Desde esta perspectiva, es crucial comprender no solo la efectividad de estas técnicas bajo condiciones experimentales controladas, sino también su aplicabilidad y reproducibilidad en escenarios clínicos reales. Esta discusión busca no solo contrastar los hallazgos obtenidos con la literatura actual, sino también analizar críticamente sus implicaciones prácticas, reconocer las limitaciones existentes y proponer futuras líneas de investigación que permitan seguir avanzando en el conocimiento y en la mejora continua de los tratamientos endodónticos.

Eficacia de las técnicas de obturación en conductos laterales

El análisis de los estudios incluidos en esta revisión sistemática ha puesto de manifiesto la clara superioridad de ciertas técnicas de obturación en el sellado tridimensional de los conductos laterales. En particular, la condensación por ondas continuas (CWC) y la técnica hidráulica de cono único (Single Cone, SC) combinada con selladores biocerámicos han demostrado rendimientos notoriamente superiores frente a técnicas tradicionales como la condensación lateral en frío (CLC), ampliamente empleada en la práctica clínica debido a su simplicidad operativa pero cuestionada en términos de eficacia en zonas anatómicas complejas.

La técnica CWC ha sido particularmente eficaz en estudios que evaluaban la capacidad de penetración del material de obturación en conductos laterales localizados a diferentes niveles del tercio apical. Por ejemplo, Juha et al. (15) reportaron un 95% de obturación en conductos laterales a 3 mm del ápice utilizando gutapercha termoplastificada y BC Sealer HiFlow. Este resultado contrasta marcadamente con el 38% obtenido al utilizar la técnica de cono único con un sellador epoxídico convencional. Esta diferencia significativa se justifica no sólo por el comportamiento termoplástico de la gutapercha, que permite una mejor adaptación a la morfología del conducto, sino también por la capacidad del sellador biocerámico para fluir y penetrar en espacios irregulares gracias a su baja viscosidad inicial y a su expansión higroscópica posterior (19).

Estudios como el de Gokturk et al. (2020) han confirmado estos hallazgos mediante el uso de micro-CT para evaluar la extensión del sellado. En sus análisis, la técnica CWC con sellador biocerámico mostró una mayor

homogeneidad del material en el interior del conducto lateral, así como una menor presencia de vacíos en comparación con la técnica CLC, lo que indica una mayor efectividad en el sellado tridimensional (20). Estos resultados respaldan la idea de que el calentamiento controlado de la gutapercha en la técnica CWC permite una mejor adaptación volumétrica al espacio radicular, incluyendo sus ramificaciones laterales.

De forma paralela, la técnica hidráulica de cono único, aunque más sencilla y menos dependiente de la habilidad del operador, también ha mostrado buenos resultados cuando se combina con selladores biocerámicos. Esta técnica aprovecha la tixotropía y la fluidez de estos materiales para alcanzar zonas inaccesibles con otros métodos. En estudios como el de Chybowski et al. (2022), se observó que el sellador biocerámico EndoSequence BC Sealer, utilizado con la técnica SC, mostró una penetración similar a la de la CWC en conductos simulados, aunque su desempeño fue inferior en términos de densidad de obturación y resistencia a la filtración apical (21).

Cabe destacar que la eficacia de cada técnica también depende de la localización anatómica del conducto lateral. Como señalaron Venturi et al. (11), los conductos laterales en los tercios coronales y medios son más susceptibles de ser obturados con éxito, independientemente de la técnica utilizada, debido a su mayor accesibilidad. Sin embargo, en el tercio apical, donde la anatomía es más estrecha y ramificada, la CWC ha demostrado un mejor rendimiento que otras técnicas, lo que justifica su elección preferente en casos con sospecha de anatomía compleja.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la técnica de obturación debe seleccionarse en función de la anatomía radicular, la experiencia del operador y el tipo de sellador utilizado. Las técnicas termoplásticas, si bien requieren equipamiento específico y mayor habilidad clínica, permiten una adaptación superior en zonas anatómicamente difíciles. Por otro lado, técnicas como el cono único hidráulico pueden ser útiles en casos más sencillos o en pacientes con menor tolerancia a procedimientos prolongados, siempre que se utilicen con materiales que compensen sus limitaciones mecánicas.

Estos datos subrayan la necesidad de una planificación individualizada del tratamiento endodóntico, basada en el conocimiento detallado de la anatomía del diente, la tecnología disponible y la evidencia científica más actual. La

correcta selección e implementación de la técnica de obturación, especialmente en dientes con anatomías complejas, es un factor clave para garantizar un pronóstico favorable y prevenir la recurrencia de infecciones.

Influencia de los selladores biocerámicos en la obturación

La elección del sellador endodóntico representa un factor decisivo en la calidad del sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares, particularmente en la obturación de conductos laterales. Si bien la técnica de obturación determina en gran medida la distribución física del material, es el sellador el que contribuye al relleno efectivo de las irregularidades del conducto, incluyendo zonas de difícil acceso como istmos, túbulos dentinarios y ramificaciones laterales.

Entre los selladores más utilizados se encuentran los materiales a base de resina epóxica (como AH Plus), los a base de silicato de calcio (biocerámicos como BioRoot RCS, EndoSequence BC Sealer o Bio-C Sealer) y los materiales siliconados o con gutapercha incorporada (como GuttaFlow 2). Cada uno de ellos presenta propiedades fisicoquímicas diferentes, que condicionan su comportamiento clínico.

Los selladores biocerámicos han ganado una popularidad creciente debido a sus propiedades bioactivas, su excelente biocompatibilidad y su capacidad para inducir la formación de hidroxiapatita en contacto con la humedad del conducto. Esta última propiedad es especialmente relevante en la obturación de conductos laterales, donde la presencia de humedad es común y donde una expansión controlada del sellador puede favorecer el relleno hermético de espacios finos e irregulares (22).

Estudios como el de Viapiana et al. (2014) han demostrado que los selladores biocerámicos presentan mayor penetración en los túbulos dentinarios en comparación con los selladores epoxídicos, lo que puede atribuirse a su menor tensión superficial y a su comportamiento hidrofílico (23). Esta capacidad de penetración no sólo mejora el sellado mecánico, sino que también favorece la interacción química con la dentina, fortaleciendo la unión y reduciendo el riesgo de filtración coronal o apical.

Asimismo, investigaciones recientes han revelado que los selladores biocerámicos liberan iones de calcio, que promueven la mineralización y la regeneración tisular periapical. Camilleri et al. (2016) observaron que el BioRoot

RCS estimula la diferenciación de células osteoblásticas y cementoblásticas, lo que podría favorecer el sellado biológico en casos donde se ha producido daño periapical previo (24). Este comportamiento bioactivo convierte a los selladores biocerámicos en materiales terapéuticos, no solo obturadores.

En comparación, los selladores epoxídicos como AH Plus presentan una buena estabilidad dimensional y adecuada adhesión física, pero carecen de bioactividad y presentan una menor capacidad de penetración en túbulos y ramificaciones. Además, su naturaleza hidrofóbica puede limitar su rendimiento en entornos húmedos, lo que resulta especialmente desfavorable en conductos laterales, donde controlar la humedad es clínicamente difícil (25).

La versatilidad de los selladores biocerámicos también se refleja en su compatibilidad con diversas técnicas de obturación. Aunque tradicionalmente se han empleado con la técnica de cono único, estudios como el de Fonseca et al. (2020) han evidenciado que su comportamiento mejora significativamente al ser combinados con técnicas termoplastificadas, logrando una distribución más homogénea del material y una reducción en la presencia de vacíos (26). Esta observación refuerza la idea de que la sinergia entre técnica y material es clave para optimizar los resultados clínicos.

No obstante, es importante considerar ciertas limitaciones de estos materiales. La principal es su difícil remoción en casos de retratamiento. Su fuerte adhesión química a las paredes del conducto, sumada a su endurecimiento intrarradicular, complica los procedimientos de desobturación, especialmente en los tercios apicales. Esto ha sido documentado por Hess et al. (21), quienes señalaron que los tiempos operatorios para la remoción de selladores biocerámicos eran significativamente más largos en comparación con selladores tradicionales.

Otra preocupación emergente es la posible alteración de sus propiedades fisicoquímicas al ser expuestos a fuentes térmicas intensas, como las empleadas en técnicas de condensación caliente. Donnermeyer et al. (22) advirtieron que temperaturas superiores a 200 °C podrían modificar la viscosidad y el tiempo de fraguado de algunos selladores biocerámicos, afectando negativamente su capacidad de sellado. Esto subraya la necesidad de seguir investigando su comportamiento térmico y establecer protocolos de uso compatibles con su estabilidad estructural.

En conclusión, los selladores biocerámicos han demostrado ser una herramienta valiosa en la obturación endodóntica, especialmente en la obturación de conductos laterales. Su biocompatibilidad, su capacidad de expansión controlada, su interacción química con la dentina y su efecto bioactivo ofrecen ventajas significativas sobre otros materiales. No obstante, su elección debe considerar tanto las ventajas clínicas como las posibles limitaciones en caso de retratamientos. Es indispensable que los profesionales estén formados en el uso adecuado de estos materiales y se mantengan al tanto de los avances científicos que permitan mejorar su aplicación y manipulación en la práctica diaria.

Limitaciones y consideraciones clínicas

A pesar de sus ventajas, los selladores biocerámicos presentan ciertas limitaciones que deben ser consideradas. Una de las principales es la dificultad en su remoción durante los retratamientos endodónticos, especialmente en el tercio apical del conducto. Esta característica puede complicar procedimientos futuros y limitar su uso en ciertos casos clínicos. Además, algunos estudios han señalado una posible incompatibilidad con técnicas de obturación térmica, lo que podría afectar su eficacia en combinación con ciertos métodos de obturación (18).

Es esencial que los clínicos estén informados sobre las características, ventajas y limitaciones de los selladores biocerámicos para tomar decisiones adecuadas en cada caso. La formación continua y la investigación en este ámbito son fundamentales para maximizar los beneficios de estos materiales en la práctica clínica.

Perspectivas futuras y líneas de investigación

La investigación en selladores biocerámicos se orienta hacia el desarrollo de formulaciones que mantengan sus propiedades bioactivas y biocompatibles, pero que sean más fáciles de remover en caso de retratamiento. También se exploran combinaciones con otros materiales que mejoren su manejo clínico y su compatibilidad con diversas técnicas de obturación. La innovación en este campo es esencial para optimizar los resultados clínicos y ampliar las aplicaciones de estos materiales en la práctica endodóntica.

Además, se propone la realización de estudios clínicos aleatorizados que comparen directamente distintas técnicas de obturación en dientes con

conductos laterales confirmados mediante CBCT. También se sugiere evaluar nuevas formulaciones de selladores biocerámicos que mantengan sus propiedades bioactivas pero que faciliten su remoción en retratamientos. Explorar la sinergia entre técnicas de irrigación activada (ultrasónica o láser) y técnicas de obturación termoplástica en el sellado tridimensional de sistemas radiculares complejos es otra línea de investigación prometedora.

En resumen, la combinación de técnicas de obturación avanzadas y el uso de selladores biocerámicos ofrece una estrategia prometedora para mejorar el sellado de los conductos laterales y, por ende, el éxito del tratamiento endodóntico. Sin embargo, es esencial considerar las características anatómicas individuales de cada caso y seleccionar la técnica y el material más adecuados para cada situación clínica. La formación continua y la investigación en este ámbito son fundamentales para maximizar los beneficios de estos materiales en la práctica clínica.

10. CONCLUSIONES

En relación con el objetivo general de evaluar la eficacia de distintas técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales, los resultados indican que las técnicas termoplásticas, especialmente la condensación por onda continua (CWC), proporcionan un sellado más eficaz y tridimensional que las técnicas convencionales, como la condensación lateral en frío.

10.1. Conclusiones secundarias

Respecto al primer objetivo específico, se observó que los selladores biocerámicos presentan una mayor capacidad de penetración y adaptación en los conductos laterales en comparación con otros tipos de selladores (resinosos o de óxido de zinc-eugenol), lo que mejora la calidad del sellado y favorece su biocompatibilidad.

En cuanto al segundo objetivo específico, los estudios revisados muestran que la ubicación anatómica del conducto lateral influye en el éxito de la obturación: los situados en los tercios coronal y medio presentan tasas de sellado más altas que los del tercio apical, donde se encontraron mayores dificultades de acceso y presencia de vacíos.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Fernandes AM, Prasad BS, Naik SS, Umesh S. Root canal sealers—A comprehensive review. *World J Pharm Res.* 2024;13(15):106-116. doi:10.20959/wjpr202415-33151.
2. Kapoor K. Endodontic obturation techniques: A review. *Int J Health Sci.* 2024;8(S1):1033-1040. doi:10.53730/ijhs.v8nS1.14995.
3. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020;39(5):703-720. doi:10.4012/dmj.2019-288.
4. Gusiyska A, Dyulgerova E. Clinical approaches to the three-dimensional endodontic obturation protocol for teeth with periapical bone lesions. *Appl Sci.* 2023;13(9755):1-13. doi:10.3390/app13179755.
5. Kikly A, Jaâfoura S, Kammoun D, Sahtout S. Sealing ability of endodontic cements: An in vitro study. *Int J Dent.* 2020;2020:5862598. doi:10.1155/2020/5862598.
6. Radwanski M, Pietrzycka K, Eyüboğlu TF, Özcan M, Lukomska-Szymanska M. Clinical outcome of non-surgical root canal treatment using different sealers and techniques of obturation in 237 patients: A retrospective study. *Clin Oral Investig.* 2024;28:479. doi:10.1007/s00784-024-05871-4.
7. Bhandi S, Mashyakhy M, Abumelha AS, et al. Complete obturation—Cold lateral condensation vs. thermoplastic techniques: A systematic review of micro-CT studies. *Materials.* 2021;14(4013):1-15. doi:10.3390/ma14144013.
8. Carvalho-Sousa B, Almeida-Gomes F, Borba-Carvalho PR, Maníglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Albuquerque DS. Filling Lateral Canals: Evaluation of Different Filling Techniques. *Eur J Dent.* 2010;4(3):251–6
9. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of Different Obturation Techniques in the Filling of Simulated Lateral Canals. *J Endod.* 2001;27(5):362–4
10. El Sayed M. Penetration of Three Endodontic Sealers in Simulated Lateral Canals during the Lateral Condensation Technique: An In Vitro Study. *Int J Dent.* 2022;2022:1–9. doi:10.1155/2022/2686247.

10. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An In Vitro Model to Investigate Filling of Lateral Canals. *J Endod*. 2005;31(12):877–81.
11. El Sayed M. Penetration of Three Endodontic Sealers in Simulated Lateral Canals during the Lateral Condensation Technique: An In Vitro
a. Study. *Int J Dent*. 2022;2022:1–9. doi:10.1155/2022/2686247
12. Juha W, Sarkis E, Alsayed Tolibah Y. Three-dimensional assessment of obturation volume in lateral canals after three obturation techniques with bioceramic sealer: an in vitro comparative study. *BDJ Open*. 2024;10(50). doi:10.1038/s41405-024-00240-5.
13. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J*. 2003;36(1):54-63. doi:10.1046/j.1365-2591.2003.00634.x.
14. El Sayed MA, Ahmed HM, Abu-Bakr NH. Penetration of three endodontic sealers in simulated lateral canals during the lateral condensation technique: an in vitro study. **Int J Dent**. 2022;2022:2686247. doi:10.1155/2022/2686247.
15. Juha M, Martínez-Ramírez P, Gómez-Martínez J, et al. Three-dimensional assessment of obturation volume in lateral canals after three obturation techniques with bioceramic sealer: an in vitro comparative study. **Br Dent J Open**. 2024;10:11. doi:10.1038/s41405-024-00240-5.
16. Gancedo-Caravia L, Castro-González A. Activación ultrasónica vs convencional para la penetración de selladores biocerámicos en túbulos dentinarios. **Methodo (UCC)**. 2022;6(2):115-124.
17. Iannucci M, Berisso M, Gervasoni F. Selladores Biocerámicos: Análisis comparativo de filtración apical entre Bio-C Sealer y MTA Fillapex. **Rev FOUBA**. 2021;36(2):89-96.
18. Molina-Bolívar MF, González-Ramírez R. Selladores biocerámicos y técnicas de obturación en endodoncia. **Rev Cubana Estomatol**. 2021;58(4):e3347.
19. Camilleri J, Laurent P, About I. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2012;45(8):700-10.

20. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(6):e79-82.
21. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011;37(11):1547-9.
22. Donnermeyer D, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E, Dammaschke T. Physicochemical properties of endodontic sealers: A critical review. *Materials.* 2021;14(15):4016.
23. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified root canal sealers. *Dent Mater.* 2014;30(2):e80–e87.
24. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent.* 2013;41(7):600–10.
25. Eldeniz AU, Ørstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root-filled teeth restored with different temporary fillings. *Int Endod J.* 2009;42(4):303–12.
26. Fonseca T, Silva EJNL, Alves FRF, Siqueira JF Jr. Effect of different obturation techniques on filling of simulated lateral canals and adaptation of gutta-percha cones to the canal walls. *Int Endod J.* 2020;53(10):1392-8.

12. ANEXOS

Tabla 1.

Base de datos	Búsqueda	Número de artículos	Fecha
PubMed	(endodontic treatment) AND (obturation technique) OR (filling technique) AND (gutta-percha) OR (accessory canal filling) OR (bioceramic root canal sealer) AND (lateral canals) OR (accessory canals) OR (simulated lateral canals) AND (in vitro)	368	01.12.2024
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (endodontic treatment) AND TITLE-ABS-KEY (obturation technique) OR TITLE-ABS-KEY (filling technique) AND TITLE-ABS-KEY (gutta percha) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canal filling) OR TITLE-ABS-KEY (bioceramic root canal sealer) AND TITLE-ABS-KEY (lateral canals) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canals) OR TITLE-ABS-KEY (simulated lateral canals) AND TITLE-ABS-KEY (vitro)	23	03.12.2024
Web of Science	((((((((((ALL=(ENDODONTIC TREATMENT)) AND ALL=(OBTURATION TECHNIQUE)) OR ALL=(FILLING TECHNIQUE)) AND ALL=(GUTTA-PERCHA)) AND ALL=(ACCESSORY CANAL FILLING)) OR ALL=(BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALER)) AND ALL=(LATERAL CANALS)) OR ALL=(ACCESSORY CANALS)) AND ALL=(SIMULATED LATERAL CANALS)) AND ALL=(IN VITRO)) OR ALL=(ACCESSORY ROOT CANAL FILLING))	87	03.12.2024

PRISMA 2020 – Ítems con localización en el TFG

Sección/Tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en el reporte
TÍTULO			
Título	1	Identifique el reporte como una revisión sistemática.	Portada
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020 (Tabla 2).	1–3
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	7–15
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	20
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	22–24
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	24-25
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	24-25
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada reporte recuperado, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o reportes, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada reporte, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25–26
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	23-27
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (missing) o incierta.	23–26
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	26
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de	26

		medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.º 5).	27
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	26
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	Tablas 4–7
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metaanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	26
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	26
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	No aplica
Evaluación del sesgo en el reporte	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en los reportes).	25–26
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	No aplica
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver Figura 1).	28
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	28
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	31
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	33
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	36
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	41–48
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metaanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	36–38
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	38

	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	No aplica
Sesgos en el reporte	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos del reporte) para cada síntesis evaluada.	33–36
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	No aplica
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	41–48
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	48
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	48
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	49
OTRA INFORMACIÓN	OTRA INFORMACIÓN		
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	No registrado
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	No disponible
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	No aplica
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	Agradecimientos
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	Agradecimientos
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	No indicado

Declaración detallada de uso de Inteligencia Artificial (IA)

En la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado, se ha utilizado de forma puntual la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT 4.0 como apoyo lingüístico y de estilo académico. Su uso se ha limitado a funciones auxiliares, sin intervenir en el contenido científico, análisis de resultados o elaboración metodológica, que han sido íntegramente desarrollados por la autora.

• Herramienta:

ChatGPT 4.0 (OpenAI)

• *Funciones:*

- Revisión de la gramática, sintaxis y ortografía en algunos apartados del trabajo.
- Reformulación de frases complejas para favorecer la claridad en la redacción científica.
- Conversión de ciertos párrafos a un estilo más académico y formal.
- Revisión del uso de conectores y coherencia terminológica en español académico.
- Traducción del artículo completo del TFG del español al inglés para su adaptación en formato de artículo científico, siguiendo un lenguaje técnico apropiado y estructurado para su futura publicación.

• *Prompts utilizados:*

- *“Corrige el siguiente texto en un registro formal y académico manteniendo su significado: La técnica de condensación termoplástica relleno más del 85% de los conductos laterales.”*
- *“Reformula esta frase de forma más académica: Los resultados muestran que la técnica moderna es mejor.”*
- *“Traduce el siguiente párrafo al inglés académico para un artículo científico.”*
- *“Asegúrate de que esta traducción mantenga el estilo y terminología científica en inglés.”*

• *ENLACE:*

<https://chat.openai.com>

**EFICACIA DEL SELLADO DE CONDUCTOS LATERALES CON
DIFERENTES TECNICAS DE OBTURACION ENDODONTICAS. UNA
REVISION SISTEMATICA**

**Título corto: Eficacia del sellado de conductos laterales con diferentes
técnicas de obturación endodóntica**

Autores:

Ginevra Nicolai¹, Alberto Alberio Monteagudo²

*¹ 5th year student of the Dentistry degree at the European University of
Valencia, Valencia, Spain.*

*² Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia,
Spain.*

Correspondencia:

Alberto Alberio Monteagudo
Paseo Alameda 7, Valencia
46010, Valencia

alberto.alberio@universidadeuropea.es

Resumen

Introducción:

La endodoncia se encarga del diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades pulpares y periapicales, con el objetivo de preservar los dientes naturales mediante la eliminación de infecciones y un sellado eficaz del sistema de conductos radiculares. La anatomía compleja de los conductos laterales representa un reto clínico, ya que pueden albergar bacterias que dificultan la obturación. Las técnicas avanzadas, como la irrigación ultrasónica y el uso de selladores biocerámicos, han demostrado mejorar el sellado tridimensional y reducir el riesgo de fracaso endodóntico (1, 2).

Objetivo:

Evaluar, mediante una revisión sistemática, la eficacia de distintas técnicas de obturación en el sellado de los conductos laterales.

Material y métodos:

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. Se consultaron las bases de datos PubMed, Web of Science y Scopus. Se incluyeron estudios clínicos e in vitro que analizaran la efectividad de diversas técnicas de obturación sobre el sellado de conductos laterales. La selección de artículos se llevó a cabo en tres fases, aplicando criterios de inclusión/exclusión previamente definidos. Se extrajeron los datos en una tabla estandarizada y se evaluó la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de cada estudio. Los resultados se sintetizaron cualitativa y cuantitativamente.

Resultados:

Las técnicas termoplásticas, en particular la compactación por onda continua combinada con selladores biocerámicos, lograron los mayores porcentajes de sellado de conductos laterales, superando el 85% en varios estudios (3, 4, 5). Además, se observó una mayor eficacia de sellado en los conductos ubicados en los tercios coronal y medio frente a los del tercio apical (6, 4).

Conclusiones:

Las técnicas de obturación termoplásticas con selladores biocerámicos muestran una eficacia superior en el sellado tridimensional de los conductos laterales, mejorando así el pronóstico endodóntico a largo plazo. No obstante, persisten desafíos en situaciones de retratamiento y en la aplicación térmica en zonas de difícil acceso (7, 8).

Introducción

El éxito del tratamiento endodóntico depende de una desinfección eficaz y del sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares. Dentro de este sistema, los conductos laterales presentan una anatomía desafiante debido a su pequeño diámetro, ubicación variable y difícil acceso. Su presencia, documentada en un porcentaje significativo de dientes, representa un factor de riesgo para el fracaso terapéutico si no se logra un sellado adecuado, ya que pueden albergar bacterias residuales y provocar infecciones persistentes (6).

A lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado múltiples técnicas y materiales de obturación con el fin de mejorar la eficacia del sellado, destacando especialmente las técnicas termoplásticas y los selladores biocerámicos por su capacidad de adaptación y propiedades bioactivas (1, 2). Sin embargo, la literatura científica muestra una gran heterogeneidad: muchos estudios son in vitro, con métodos no estandarizados, y los resultados no siempre son concluyentes. Persisten dudas sobre cuál combinación de técnica y material ofrece mejores resultados en el sellado de conductos laterales, y faltan revisiones sistemáticas que sintetizen de manera crítica esta evidencia. Frente a estas lagunas, esta revisión sistemática tiene como finalidad analizar y comparar la eficacia de diferentes técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales, identificando aquellas estrategias que permitan optimizar los resultados clínicos y contribuir a una endodoncia más predecible y conservadora. Esta investigación pretende ser un aporte relevante para la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia y para futuras líneas de investigación en el campo de la endodoncia moderna.

Material y metodos

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

- Pregunta PICO:

El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- Paciente (P): Conductos radiculares con conductos laterales.
- Intervención (I): Obturación mediante técnicas de obturación termoplástica
- Comparación (C): Obturación con otras técnicas

- Resultado (O): Eficacia en lograr el adecuado sellado de los conductos laterales.

- **Criterios de elegibilidad**

Criterios de inclusion

- Tipo de estudio: Estudios in vitro realizados en dientes humanos extraídos o modelos artificiales que evalúen técnicas de obturación en conductos laterales, estudios clínicos o retrospectivos que analicen el desempeño de distintas técnicas de obturación en el sellado de conductos laterales.
- Técnicas de obturación: Aplicación de técnicas como condensación lateral, condensación vertical o técnicas termoplásticas, todas con gutapercha y selladores.
- Evaluación de resultados: Presencia de mediciones cuantitativas relacionadas con la eficacia del sellado: microfiltración, penetración de sellador, adaptación marginal u otros indicadores medibles.
- Materiales utilizados: Uso de selladores actuales de base biocerámica o resina, tales como AH Plus, BioRoot RCS, GuttaFlow 2, entre otros.
- Modelo experimental: Utilización de dientes naturales o modelos artificiales validados con simulación de conductos lateral

Criterios de exclusion

- Diseño inadecuado para el objetivo del estudio: Estudios centrados exclusivamente en la fase de irrigación, desinfección o instrumentación, sin evaluación de la etapa de obturación.
- Foco temático no relacionado: Trabajos cuyo objetivo principal no sea la evaluación del sellado de conductos laterales, aunque mencionen obturación.
- Calidad metodológica limitada: Investigaciones que carezcan de control de variables clave (tipo de diente, técnica empleada, sistema de medición) o sin criterios claros de evaluación.
- Tecnologías o materiales en desuso: Estudios que empleen técnicas obsoletas o materiales ya retirados de la práctica clínica habitual, sin comparación con métodos actuales.

- Modelo biológico no representativo: Uso de materiales sintéticos no equivalentes a tejidos dentales humanos, sin validación previa de su fiabilidad en estudios endodónticos.

- Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes palabras clave: “endodontic treatment”, “root canal obturation”, “Filling technique”, “Gutta-percha”, “Bioceramic root canal sealer”, “Accessory canal filling”, “Lateral canals”, “Accessory canals”, “Simulated lateral canals”, “In vitro studies”, “Thermoplastic obturation techniques”, “Vertical condensation”, “Lateral condensation”, “Root canal sealers”.

Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con los términos controlados (“MeSH” para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda. La búsqueda en Pubmed fue la siguiente: (endodontic treatment) AND (obturation technique) OR (filling technique) AND (gutta-percha) OR (accessory canal filling) OR (bioceramic root canal sealer) AND (lateral canals)) OR (accessory canals) OR (simulated lateral canals) AND (in vitro). La búsqueda en Web of Science fue la siguiente (WOS): ((((((((((ALL=(ENDODONTIC TREATMENT)) AND ALL=(OBTURATION TECHNIQUE)) OR ALL=(FILLING

TECHNIQUE)) AND ALL=(GUTTA-PERCHA)) AND ALL=(ACCESSORY CANAL FILLING)) OR ALL=(BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALER)) AND ALL=(LATERAL CANALS)) OR ALL=(ACCESSORY CANALS)) AND ALL=(SIMULATED LATERAL CANALS)) AND ALL=(IN VITRO)) OR ALL=(ACCESSORY ROOT CANAL FILLING). La búsqueda en SCOPUS fue la siguiente: (TITLE-ABS-KEY (endodontic treatment) AND TITLE-ABS-KEY (obturation technique) OR TITLE-ABS-KEY (filling technique) AND TITLE-ABS-KEY (gutta percha) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canal filling) OR TITLE-ABS-KEY (bioceramic root canal sealer) AND TITLE-ABS-KEY (lateral canals) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canals) OR TITLE-ABS-KEY (simulated lateral canals) AND TITLE-ABS-KEY (vitro). En la Tabla 1 incluida en el apartado de Anexos se muestra el resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

- Proceso de seleccion de los estudios

Se llevó a cabo un proceso de selección estructurado en tres fases para asegurar la inclusión de estudios relevantes y de alta calidad. Dos revisores independientes (G.N. y A.A.M.) se encargaron de la selección y resolvieron cualquier desacuerdo mediante discusión. En una primera fase se examinaron los títulos y se descartaron las publicaciones que no guardaban relación directa con el objetivo del estudio, en particular aquellas centradas en técnicas de obturación de conductos laterales. Posteriormente, en una segunda fase, se analizaron los resúmenes de los estudios preseleccionados teniendo en cuenta criterios como el tipo de estudio (ensayos clínicos, estudios in vitro y comparativos), el tipo de material utilizado (gutapercha y diferentes selladores endodónticos), las técnicas de obturación evaluadas (técnicas termoplásticas, condensación lateral y vertical), así como la medición de la penetración de los selladores en los conductos laterales como método de evaluación del sellado. Finalmente, en la tercera fase se revisaron los textos completos de los artículos que cumplieron con los criterios anteriores, y se utilizó un formulario previamente diseñado para extraer los datos necesarios y confirmar la elegibilidad de cada estudio.

- Extraccion de datos

Con el objetivo de garantizar una recopilación sistemática y precisa de la información relevante, llevé a cabo la extracción de datos siguiendo una metodología estructurada mediante una tabla estandarizada, en la que se organizaron los datos correspondientes a cada estudio incluido en la revisión. Se recogieron variables como las características generales del estudio, incluyendo el autor, año de publicación, país, diseño (in vitro o clínico), tipo y tamaño de la muestra, así como el método de análisis utilizado. También se registró la metodología aplicada, como la técnica de obturación empleada (ya fuera compactación lateral, técnicas termoplásticas u otras) y el tipo de selladores utilizados, ya fueran biocerámicos, resinosos, óxido de zinc-eugenol u otros. En cuanto a los resultados principales, se consideró la profundidad de penetración del sellador en los conductos laterales, expresada en milímetros o porcentaje, la adaptación tridimensional del material y la presencia de espacios vacíos.

Finalmente, se analizaron las variables de resultado relacionadas con el porcentaje de conductos laterales sellados y la calidad del sellado, evaluada de manera cualitativa y cuantitativa. La recopilación de todos estos datos fue realizada de forma independiente por dos revisores, resolviendo cualquier discrepancia mediante consenso, lo cual permitió asegurar la validez y fiabilidad de la información extraída.

- **Valoración de la calidad:**

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión, se utilizó una lista de verificación basada en los criterios PRISMA, con especial atención a aspectos como la aleatorización, el cegamiento, la consistencia metodológica, la adecuación de los criterios de inclusión y exclusión, así como la declaración de posibles conflictos de interés. Cada estudio fue clasificado en función del riesgo de sesgo como alto, moderado o bajo, dependiendo del número y la gravedad de las deficiencias metodológicas identificadas. Esta evaluación permitió valorar con mayor precisión la solidez de la evidencia recogida y su aplicabilidad en la práctica clínica, aportando una base más fiable para la interpretación de los resultados.

- **Síntesis de datos:**

La síntesis de los datos se llevó a cabo integrando los hallazgos de los estudios seleccionados con el objetivo de ofrecer una visión global sobre la eficacia de las distintas técnicas de obturación en el sellado de los conductos laterales. A través de un enfoque cualitativo, se realizó un análisis comparativo que destacó la superioridad de las técnicas termoplásticas en cuanto a la penetración del sellador, especialmente en el tercio apical, en comparación con la condensación lateral. En los casos en que los datos fueron cuantificables, se aplicaron métodos estadísticos como el cálculo de medias ponderadas e intervalos de confianza para estimar la eficacia relativa de cada técnica. Asimismo, se analizaron variables críticas como la localización del conducto lateral y el tipo de sellador utilizado, aspectos que influyeron significativamente en la calidad del sellado. Los resultados fueron representados en tablas y gráficos, facilitando su interpretación y contribuyendo con evidencia útil para orientar la toma de decisiones clínicas en el ámbito endodóntico.

Resultados

- Selección de estudios

La búsqueda inicial arrojó un total de 478 artículos, provenientes de Medline - PubMed (368), SCOPUS (23) y Web of Science (87). Tras el cribado por título y resumen, 27 publicaciones (5.6 %) fueron consideradas potencialmente elegibles. Luego de la lectura completa, se incluyeron finalmente 6 artículos (1.3 %) que cumplieron con todos los criterios de inclusión establecidos. La figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso de selección, mientras que la Tabla 3 recoge los estudios excluidos y las razones correspondientes. Figura 1.

- Análisis de las características de los estudios revisados

Los seis estudios incluidos abarcaron un periodo comprendido entre 2001 y 2024, e incluyeron cinco estudios in vitro y una revisión sistemática basada en micro-CT. La mayoría utilizó dientes humanos extraídos o modelos simulados, permitiendo condiciones estandarizadas para comparar técnicas. Las investigaciones evaluaron tres técnicas principales de obturación: condensación lateral (CLC), compactación por onda continua (CWC) y cono único (SC), en combinación con selladores biocerámicos, resinosos y tradicionales. En todos los casos, se analizaron variables como la profundidad de penetración, el volumen de obturación, la presencia de vacíos y la calidad tridimensional del sellado. Tabla 1.

- Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica se valoró con base en cinco criterios: aleatorización, cegamiento, consistencia, criterios de selección y declaración de conflictos de interés. Tres de los seis estudios (50 %) presentaron bajo riesgo de sesgo global, mientras que dos fueron clasificados como riesgo moderado y uno como riesgo alto. Los principales puntos débiles fueron la falta de cegamiento y la ausencia de una descripción clara de la aleatorización. En cambio, todos los estudios aplicaron procedimientos consistentes y declararon no tener conflictos de interés. La evaluación fue realizada de forma independiente por dos revisores y las discrepancias fueron resueltas mediante consenso. Tabla 2, 3.

- Síntesis de resultados

Eficacia de las técnicas de obturación

Los resultados mostraron que la técnica CWC logró los valores más altos de sellado, con porcentajes superiores al 85 % en algunos estudios y una media

ponderada por encima del 80 %. La técnica CLC mostró una eficacia intermedia, con valores entre 60 % y 70 %, mientras que la técnica SC fue la menos eficaz, con resultados inferiores al 50 % y presencia frecuente de vacíos. Estas cifras reflejan una clara superioridad de las técnicas termoplásticas, especialmente cuando se usaron selladores biocerámicos como BC Sealer HiFlow.

Relación entre la ubicación del conducto lateral y la calidad del sellado

La localización del conducto lateral influyó notablemente en la eficacia del sellado. Los conductos ubicados en los tercios coronal y medio presentaron tasas de sellado adecuadas significativamente superiores a los del tercio apical. En particular, se observaron mejores resultados entre 3 y 7 mm del ápice, mientras que a 1 y 2 mm las tasas de sellado fueron inaceptables. Estos hallazgos, confirmados mediante CBCT y reconstrucciones 3D, evidenciaron una correlación inversa entre la proximidad al ápice y la calidad del sellado logrado. Tabla 4.

Discusión

La obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares representa un pilar clave del éxito endodóntico, especialmente cuando se trata de estructuras accesorias como los conductos laterales (4, 5). Estos conductos, por su imprevisibilidad anatómica, desafían la limpieza y obturación efectiva, lo que puede comprometer el pronóstico si no se sellan adecuadamente. A partir de esta premisa, la presente revisión sistemática se propuso evaluar la eficacia de distintas técnicas de obturación, con especial atención a aquellas combinadas con selladores biocerámicos. Los resultados obtenidos confirmaron la superioridad de las técnicas termoplásticas, en particular la condensación por onda continua (CWC), en el sellado tridimensional de conductos laterales. En algunos estudios, la CWC alcanzó porcentajes de sellado superiores al 85 %, superando de forma consistente a la condensación lateral en frío (CLC) y al cono único (SC) (3, 6). Esta eficacia puede atribuirse al comportamiento fluido de la gutapercha termoplastificada, así como a la capacidad de expansión controlada e hidratación activa de los selladores biocerámicos. Por el contrario, la técnica SC, aunque más sencilla, mostró una mayor incidencia de vacíos y menor adaptación volumétrica. Además de la técnica, la localización anatómica del conducto lateral tuvo un impacto decisivo. Los conductos en los tercios coronal y medio presentaron mejores tasas de sellado, mientras que los situados en el

tercio apical fueron más difíciles de obturar completamente, posiblemente por su diámetro reducido y su morfología más ramificada. Estos hallazgos coinciden con estudios previos, como los de Venturi et al. (6) y Juha et al. (4), y refuerzan la necesidad de adaptar la estrategia de obturación a la anatomía específica del diente. Los selladores biocerámicos, por su parte, demostraron ventajas sustanciales frente a otros materiales (1, 2). Su bioactividad, capacidad de liberar iones de calcio y adhesión a la dentina contribuyen a un sellado más efectivo y a una posible regeneración tisular (2). Sin embargo, también se identificaron limitaciones clínicas, como la dificultad de remoción durante retratamientos y la sensibilidad a temperaturas elevadas en técnicas de condensación caliente (21, 22). Estas observaciones deben considerarse cuidadosamente en la planificación del tratamiento. Entre las limitaciones de esta revisión destacan el número limitado de estudios disponibles, la heterogeneidad metodológica y la preponderancia de estudios in vitro, que, si bien ofrecen estandarización, no siempre reflejan la complejidad clínica. Por ello, se recomienda la realización de ensayos clínicos aleatorizados que evalúen diferentes combinaciones de técnicas y selladores en condiciones reales, así como el desarrollo de materiales que combinen bioactividad con mejor capacidad de retratamiento. En conclusión, los hallazgos de esta revisión sugieren que la combinación de técnicas de obturación termoplásticas con selladores biocerámicos representa una opción altamente eficaz para el sellado de conductos laterales. No obstante, la elección debe basarse en la morfología radicular, el perfil del paciente y la experiencia clínica, equilibrando beneficios con limitaciones operativas. La formación continua y la evidencia de calidad seguirán siendo pilares fundamentales para la toma de decisiones clínicas en endodoncia moderna.

Bibliografía

1. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified root canal sealers. *Dent Mater*. 2014;30(2):e80–e87.
2. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41(7):600–10.
3. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An In Vitro Model to Investigate Filling of Lateral Canals. *J Endod*. 2005;31(12):877–81.

4. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J.* 2003;36(1):54-63. doi:10.1046/j.1365-2591.2003.00634.x.
5. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(6):e79-82.
6. El Sayed M. Penetration of Three Endodontic Sealers in Simulated Lateral Canals during the Lateral Condensation Technique: An In Vitro Study. *Int J Dent.* 2022;2022:1–9. doi:10.1155/2022/2686247
7. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011;37(11):1547-9.
8. Donnermeyer D, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E, Dammaschke T. Physicochemical properties of endodontic sealers: A critical review. *Materials.* 2021;14(15):4016.

Tabla 1.

Autor (Año)	Tipo de estudio	Técnica de obturación evaluada	Tipo de sellador	Modelo utilizado	Variables analizadas
Goldberg et al. (2001)	In vitro	Técnica lateral y termoplástica	AH Plus	Conductos laterales simulados	Penetración del sellador en mm
Venturi et al. (2005)	In vitro	Condensación lateral y vertical	Sealapex	Dientes extraídos aclarados	Presencia de vacíos y calidad del sellado
El Sayed (2022)	In vitro	Condensación lateral	Biocerámico, resinoso, óxido de Zn	Conductos simulados	Porcentaje de penetración en lateral
Bhandi et al. (2021)	Revisión sistemática (Micro-CT)	Comparativa entre técnicas térmicas y convencionales	Variados (principalmente biocerámicos)	Datos de microtomografía	Volumen obturado en canales accesorios
Juha et al. (2024)	In vitro	Onda continua, condensación vertical, termoplástica	Sellador biocerámico	Modelos 3D impresos	Volumen de obturación y presencia de vacíos
Venturi et al. (2003)	In vitro (microscopía óptica)	Técnica termoplástica	Gutta-percha caliente con sellador	Técnica de aclaramiento	Morfología y sellado de canales laterales

Tabla 2.

Objetivo Específico	Autores y Año (Ref)	Técnica / Material Evaluado	Ubicación	% Conductos Sellados	Media Ponderada
1. Comparar eficacia de selladores	Venturi et al., 2003	AH-Plus vs Pulp Canal Sealer	Apical	67.8% / 12.9%	0.678 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	AH-26, BC Sealer, MTA	Coronal, Medio, Apical	71.6% / 81.1% / 83.7%	0.716 / 0.811 / 0.837
	2024	BioRoot RCS vs AH-Plus	Apical	92.4% / 74.6%	0.924 / 0.746
2. Relación ubicación y sellado	Venturi et al., 2003	Técnica termoplástica	Coronal / Medio / Apical	80% (coronal) / 12.9% (apical)	0.800 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	BC Sealer	Coronal > Medio > Apical	83.7% (coronal), descenso apical	≈ 0.744
	2024	BioRoot RCS	Apical	92.4%	0.924

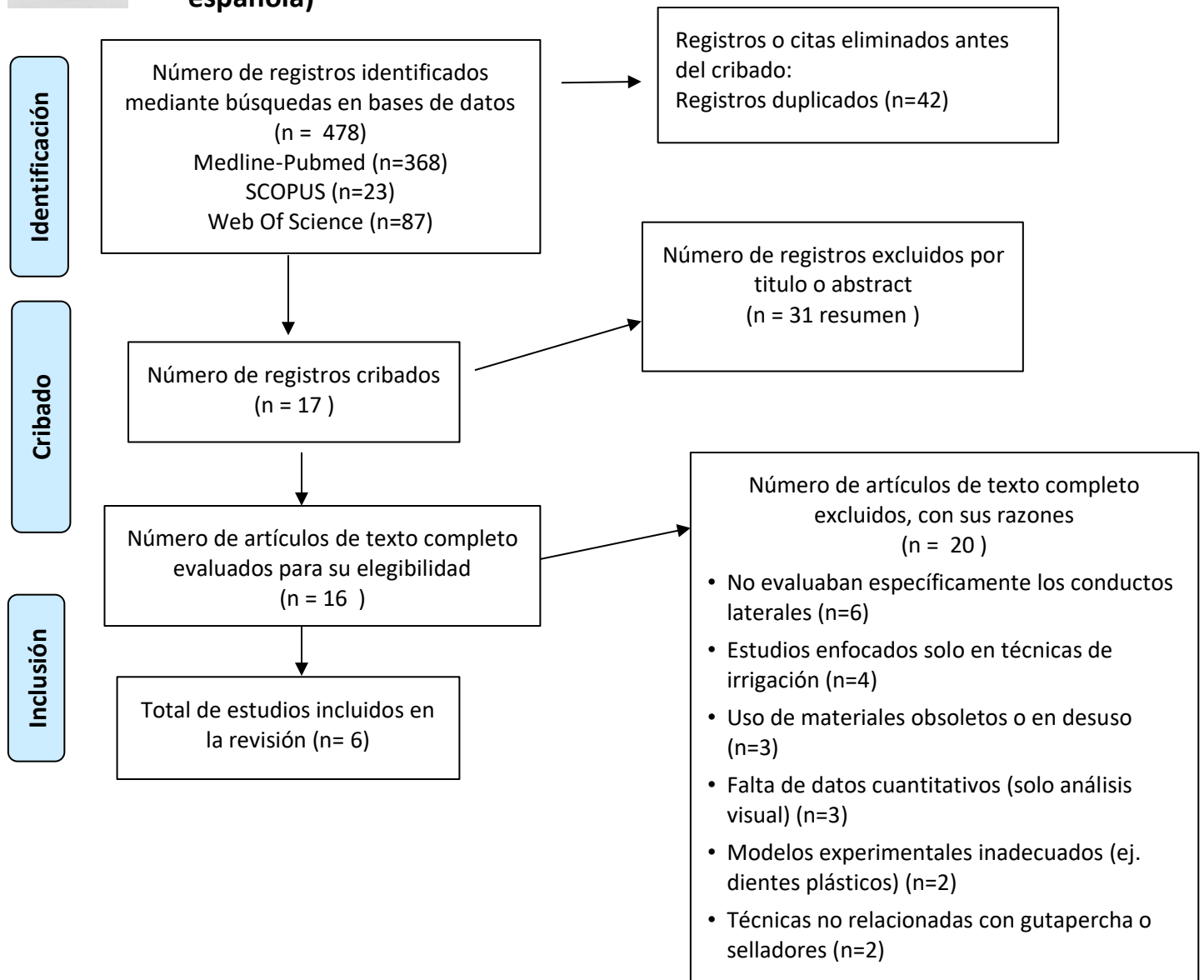
Tabla 3.

Autor (Año)	Técnica evaluada	Tipo de sellador	% de conductos laterales sellados	Zona más frecuente
El Sayed (2022)	Condensación lateral	AH Plus, BC Sealer	83.7% (coronal)	Coronal
Juha et al. (2024)	Onda continua (CWC)	BC Sealer HiFlow	89.6%	Apical (a 3-5 mm)
Venturi et al. (2003)	Técnica termoplástica	Gutta-percha caliente	80% (coronal), 12.9% (apical)	Coronal
Goldberg et al. (2001)	Lateral y termoplástica	AH Plus	67.8% / 12.9%	Apical (baja eficacia)

Figura 1



PRISMA 2009 Diagrama de Flujo (Spanish version - versión española)



EFFICACY OF LATERAL CANAL SEALING WITH DIFFERENT ENDODONTIC OBTURATION TECHNIQUES. A SYSTEMATIC REVIEW

Running title: Efficacy of lateral canal sealing with different endodontic obturation techniques.

Autors:

Ginevra Nicolai¹, Alberto Albero Monteagudo²

¹ 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

² Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondencia:

Alberto Albero Monteagudo
Paseo Alameda 7, Valencia
46010, Valencia

alberto.albero@universidadeuropea.es

Abstract

Introduction:

Endodontics is responsible for the diagnosis, prevention, and treatment of pulpal and periapical diseases, aiming to preserve natural teeth by eliminating infections and effectively sealing the root canal system. The complex anatomy of lateral canals poses a clinical challenge, as they may harbor bacteria that hinder obturation. Advanced techniques, such as ultrasonic irrigation and the use of bioceramic sealers, have been shown to improve three-dimensional sealing and reduce the risk of endodontic failure (1, 2).

Objective:

To evaluate, through a systematic review, the effectiveness of different obturation techniques in the sealing of lateral canals.

Materials and Methods:

A systematic review was conducted following PRISMA guidelines. The databases PubMed, Web of Science, and Scopus were searched. Both clinical and in vitro studies analyzing the effectiveness of various obturation techniques on lateral canal sealing were included. Article selection was carried out in three phases, applying previously defined inclusion/exclusion criteria. Data were extracted into a standardized table and each study's methodological quality and risk of bias were assessed. The results were synthesized both qualitatively and quantitatively.

Results:

Thermoplastic techniques—particularly continuous wave compaction combined with bioceramic sealers—achieved the highest percentages of lateral canal sealing, exceeding 85% in several studies (3, 4, 5). Moreover, higher sealing effectiveness was observed in canals located in the coronal and middle thirds compared to those in the apical third (6, 4).

Conclusions:

Thermoplastic obturation techniques with bioceramic sealers show superior effectiveness in the three-dimensional sealing of lateral canals, thus improving

the long-term endodontic prognosis. Nonetheless, challenges remain in retreatment cases and in thermal application to hard-to-reach areas (7, 8).

Introduction

Successful endodontic treatment depends on effective disinfection and three-dimensional sealing of the root canal system. Within this system, lateral canals present a challenging anatomy due to their small diameter, variable location and difficult access. Their presence, documented in a significant percentage of teeth, represents a risk factor for therapeutic failure if adequate sealing is not achieved, as they can harbor residual bacteria and cause persistent infections (6). Over the last decades, multiple techniques and obturation materials have been developed in order to improve the effectiveness of the seal, with thermoplastic techniques and bioceramic sealants standing out for their adaptability and bioactive properties (1, 2). However, the scientific literature shows great heterogeneity: many studies are in vitro, with non-standardized methods, and the results are not always conclusive. Doubts persist as to which combination of technique and material offers the best results in lateral canal sealing, and there is a lack of systematic reviews that critically synthesize this evidence. In view of these gaps, the purpose of this systematic review is to analyze and compare the efficacy of different obturation techniques in lateral canal sealing, identifying those strategies that can optimize clinical results and contribute to a more predictable and conservative endodontics. This research aims to be a relevant contribution to evidence-based clinical decision making and to future lines of research in the field of modern endodontics.

Material and methods

The present systematic review was conducted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) guideline statement.

- PICO question:

The question form at was set as follows:

- Patient (P): root canals with lateral canals.
- Intervention (I): Filling using thermoplastic filling techniques.
- Comparison (C): Filling with other techniques.
- Outcome (O): Efficacy in achieving adequate sealing of lateral canals.

- Eligibility Criteria

Inclusion Criteria

- Type of study: In vitro studies performed on extracted human teeth or artificial models that evaluate obturation techniques in lateral canals, clinical or retrospective studies that analyze the performance of different obturation techniques in sealing lateral canals.
- Filling techniques: Application of techniques such as lateral condensation, vertical condensation or thermoplastic techniques, all with gutta percha and sealants.
- Evaluation of results: Presence of quantitative measurements related to sealing efficacy: microleakage, sealer penetration, marginal adaptation or other measurable indicators.
- Materials used: Use of current bioceramic or resin-based sealants, such as AH Plus, BioRoot RCS, GuttaFlow 2, among others.
- Experimental model: Use of natural teeth or validated artificial models with lateral canal simulation

Exclusion Criteria

- Inadequate design for the objective of the study: Studies focused exclusively on the irrigation, disinfection or instrumentation phase, without evaluation of the obturation stage.
- Unrelated thematic focus: Studies whose main objective is not the evaluation of lateral canal sealing, even if they mention obturation.
- Limited methodological quality: Research lacking control of key variables (type of tooth, technique used, measurement system) or without clear evaluation criteria.
- Technologies or materials in disuse: Studies that use obsolete techniques or materials that have already been withdrawn from routine clinical practice, without comparison with current methods.
- Non-representative biological model: Use of synthetic materials not equivalent to human dental tissues, without prior validation of their reliability in endodontic studies.

- Information sources and data search strategy

An automated search was carried out in the three aforementioned databases (PubMed, Scopus and Web of Science) with the following keywords: “endodontic

treatment", "root canal obturation", "Filling technique", "Gutta-percha", "Bioceramic root canal sealer", "Accessory canal filling", "Lateral canals", "Accessory canals", "Simulated lateral canals", "In vitro studies", "Thermoplastic obturation techniques", "Vertical condensation", "Lateral condensation", "Root canal sealers".

Keywords were combined with the Boolean operators AND, OR and NOT, as well as controlled terms ("MeSH" for Pubmed) in an attempt to obtain the best and broadest search results. The Pubmed search was as follows: (endodontic treatment) AND (obturation technique) OR (filling technique) AND (gutta-percha) OR (accessory canal filling) OR (bioceramic root canal sealer) AND (lateral canals) OR (accessory canals) OR (simulated lateral canals) AND (in vitro). The Web of Science search was as follows (WOS): (((((((((ALL=(ENDODONTIC TREATMENT)) AND ALL=(OBTURATION TECHNIQUE)) OR ALL=(FILLING TECHNIQUE)) AND ALL=(GUTTA-PERCHA)) AND ALL=(ACCESSORY CANAL FILLING)) OR ALL=(BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALER)) AND ALL=(LATERAL CANALS)) OR ALL=(ACCESSORY CANALS)) AND ALL=(SIMULATED LATERAL CANALS)) AND ALL=(IN VITRO)) OR ALL=(ACCESSORY ROOT CANAL FILLING)). The SCOPUS search was as follows: (TITLE-ABS-KEY (endodontic treatment) AND TITLE-ABS-KEY (obturation technique) OR TITLE-ABS-KEY (filling technique) AND TITLE-ABS-KEY (gutta percha) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canal filling) OR TITLE-ABS-KEY (bioceramic root canal sealer) AND TITLE-ABS-KEY (lateral canals) OR TITLE-ABS-KEY (accessory canals) OR TITLE-ABS-KEY (simulated lateral canals) AND TITLE-ABS-KEY (in vitro)). Table 1 included in the Annexes section shows the summary of the searches of each of the databases consulted.

- Study selection process

A three-phase structured selection process was carried out to ensure the inclusion of relevant and high quality studies. Two independent reviewers (G.N. and A.A.M.) were in charge of the selection and resolved any disagreement through discussion. In a first phase, titles were screened and publications not directly related to the objective of the study, particularly those focused on lateral canal filling techniques, were discarded. Subsequently, in a second phase, the abstracts of the preselected studies were analyzed taking into account criteria such as the type of study (clinical trials, in vitro and comparative studies), the type

of material used (gutta-percha and different endodontic sealants), the obturation techniques evaluated (thermoplastic techniques, lateral and vertical condensation), as well as the measurement of sealant penetration in lateral canals as a method of evaluating the seal. Finally, in the third phase, the full texts of the articles that met the above criteria were reviewed, and a previously designed form was used to extract the necessary data and confirm the eligibility of each study.

- Data extraction

In order to ensure a systematic and accurate collection of relevant information, I carried out the data extraction following a structured methodology using a standardized table, in which the data corresponding to each study included in the review were organized. Variables such as the general characteristics of the study were collected, including the author, year of publication, country, design (in vitro or clinical), type and size of the sample, as well as the method of analysis used. The methodology applied was also recorded, such as the obturation technique used (whether lateral compaction, thermoplastic techniques or others) and the type of sealants used, whether bioceramic, resinous, zinc oxide-eugenol or others. As for the main results, the depth of penetration of the sealant in the lateral canals, expressed in millimeters or percentage, the three-dimensional adaptation of the material and the presence of voids were considered. Finally, outcome variables related to the percentage of sealed lateral canals and the quality of the sealant, evaluated qualitatively and quantitatively, were analyzed. The collection of all these data was carried out independently by two reviewers, resolving any discrepancies by consensus, which ensured the validity and reliability of the information extracted.

- Quality assessment:

To assess the methodological quality of the studies included in this review, a checklist based on the PRISMA criteria was used, with special attention to aspects such as randomization, blinding, methodological consistency, adequacy of inclusion and exclusion criteria, as well as the declaration of possible conflicts of interest. Each study was classified according to the risk of bias as high, moderate or low, depending on the number and severity of the methodological deficiencies identified. This evaluation allowed a more accurate assessment of

the strength of the evidence collected and its applicability in clinical practice, providing a more reliable basis for the interpretation of the results.

- Data synthesis:

Data synthesis was carried out by integrating the findings of the selected studies with the aim of providing an overall view on the efficacy of the different obturation techniques in lateral canal sealing. Through a qualitative approach, a comparative analysis was performed highlighting the superiority of thermoplastic techniques in terms of sealant penetration, especially in the apical third, compared to lateral condensation. Where data were quantifiable, statistical methods such as calculation of weighted means and confidence intervals were applied to estimate the relative efficacy of each technique. Likewise, critical variables such as the location of the lateral canal and the type of sealant used, aspects that significantly influenced the quality of the seal were analyzed. The results were represented in tables and graphs, facilitating their interpretation and contributing useful evidence to guide clinical decision making in the endodontic field.

Results

- Study selection

The initial search yielded a total of 478 articles, from Medline - PubMed (368), SCOPUS (23) and Web of Science (87). After screening by title and abstract, 27 publications (5.6%) were considered potentially eligible. After full reading, 6 articles (1.3 %) that met all the established inclusion criteria were finally included. Figure 1 shows the flow chart of the selection process, while Table 3 lists the excluded studies and the corresponding reasons. Figure 1.

- Analysis of the characteristics of the reviewed studies

The six included studies covered a period from 2001 to 2024, and included five in vitro studies and one systematic review based on micro-CT. Most used extracted human teeth or simulated models, allowing standardized conditions for comparing techniques. The investigations evaluated three main obturation techniques: lateral condensation (LCC), continuous wave compaction (CWC) and single cone (SC), in combination with bioceramic, resinous and traditional sealants. In all cases, variables such as penetration depth, filling volume, presence of voids and three-dimensional quality of the seal were analyzed. Table 1.

- Evaluation of methodological quality

Methodological quality was assessed based on five criteria: randomization, blinding, consistency, selection criteria and declaration of conflicts of interest. Three of the six studies (50%) had a low overall risk of bias, while two were classified as moderate risk and one as high risk. The main weaknesses were the lack of blinding and the absence of a clear description of randomization. In contrast, all studies applied consistent procedures and declared no conflicts of interest. Assessment was performed independently by two reviewers and discrepancies were resolved by consensus. Table 2, 3.

- Synthesis of results

Efficacy of obturation techniques

The results showed that the CWC technique achieved the highest sealing values, with percentages above 85 % in some studies and a weighted mean above 80 %. The CLC technique showed an intermediate efficiency, with values between 60 % and 70 %, while the SC technique was the least efficient, with results below 50 % and frequent presence of voids. These figures reflect a clear superiority of thermoplastic techniques, especially when bioceramic sealers such as BC Sealer HiFlow were used.

Relationship between lateral canal location and seal quality

The location of the lateral canal had a significant influence on seal efficiency. Canals located in the coronal and middle thirds showed significantly higher adequate seal rates than those in the apical third. In particular, better results were observed between 3 and 7 mm from the apex, whereas at 1 and 2 mm the sealing rates were unacceptable. These findings, confirmed by CBCT and 3D reconstructions, evidenced an inverse correlation between proximity to the apex and the quality of the seal achieved. Table 4.

Discussion

Three-dimensional obturation of the root canal system represents a key pillar of endodontic success, especially when accessory structures such as lateral canals are involved (4, 5). These canals, due to their anatomical unpredictability, defy effective cleaning and obturation, which can compromise the prognosis if they are not adequately sealed. Based on this premise, the present systematic review aimed to evaluate the efficacy of different obturation techniques, with special attention to those combined with bioceramic sealants. The results obtained

confirmed the superiority of thermoplastic techniques, particularly continuous wave condensation (CWC), in the three-dimensional sealing of lateral canals. In some studies, CWC achieved sealing percentages above 85 %, consistently outperforming cold lateral condensation (CLC) and single cone (SC) (3, 6). This efficiency can be attributed to the flow behavior of the thermoplasticized gutta-percha, as well as the controlled expansion and active hydration capacity of the bioceramic sealants. In contrast, the SC technique, although simpler, showed a higher incidence of voids and less volumetric adaptation. In addition to the technique, the anatomical location of the lateral canal had a decisive impact. Canals in the coronal and middle thirds presented better sealing rates, whereas those located in the apical third were more difficult to completely obturate, possibly because of their reduced diameter and more branched morphology. These findings are in agreement with previous studies, such as those of Venturi et al. (6) and Juha et al. (4) and reinforce the need to adapt the obturation strategy to the specific anatomy of the tooth. Bioceramic sealants, on the other hand, demonstrated substantial advantages over other materials (1, 2). Their bioactivity, ability to release calcium ions and adhesion to dentin contribute to a more effective seal and possible tissue regeneration (2). However, clinical limitations were also identified, such as difficulty of removal during retreatment and sensitivity to elevated temperatures in hot condensation techniques (21, 22). These observations should be carefully considered in treatment planning. The limitations of this review include the limited number of studies available, the methodological heterogeneity and the preponderance of in vitro studies, which, although they offer standardization, do not always reflect clinical complexity. Therefore, randomized clinical trials that evaluate different combinations of techniques and sealants under real conditions are recommended, as well as the development of materials that combine bioactivity with better retreatment capacity. In conclusion, the findings of this review suggest that the combination of thermoplastic obturation techniques with bioceramic sealants represents a highly effective option for lateral canal sealing. However, the choice should be based on root morphology, patient profile and clinical experience, balancing benefits with operative limitations. Continuing education and quality evidence will remain fundamental pillars for clinical decision making in modern endodontics.

Bibliography

1. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified root canal sealers. *Dent Mater*. 2014;30(2):e80–e87.
2. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41(7):600–10.
3. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An In Vitro Model to Investigate Filling of Lateral Canals. *J Endod*. 2005;31(12):877–81.
4. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J*. 2003;36(1):54-63. doi:10.1046/j.1365-2591.2003.00634.x.
5. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(6):e79-82.
6. El Sayed M. Penetration of Three Endodontic Sealers in Simulated Lateral Canals during the Lateral Condensation Technique: An In Vitro Study. *Int J Dent*. 2022;2022:1–9. doi:10.1155/2022/2686247
7. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*. 2011;37(11):1547-9.
8. Donnermeyer D, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E, Dammaschke T. Physicochemical properties of endodontic sealers: A critical review. *Materials*. 2021;14(15):4016.

Table1

Author (Year)	Type of Study	Evaluated Obturation Technique	Type of Sealer	Model Used	Analyzed Variables
Goldberg et al. (2001)	In vitro	Lateral and thermoplastic technique	AH Plus	Simulated lateral canals	Sealer penetration in mm
Venturi et al. (2005)	In vitro	Lateral and vertical condensation	Sealapex	Cleared extracted teeth	Presence of voids and sealing quality
El Sayed (2022)	In vitro	Lateral condensation	Bioceramic, resin- based, zinc oxide- eugenol	Simulated canals	Percentage of lateral canal penetration
Bhandi et al. (2021)	Systematic review (Micro-CT)	Comparison between thermal and conventional techniques	Various (mainly bioceramic)	Micro-CT data	Filled volume in accessory canals
Juha et al. (2024)	In vitro	Continuous wave, vertical condensation, thermoplastic	Bioceramic sealer	3D printed models	Volume of obturation and presence of voids
Venturi et al. (2003)	In vitro (optical microscopy)	Thermoplastic technique	Warm gutta- percha with sealer	Clearing technique	Morphology and sealing of lateral canals

Table 2

Specific Objective	Authors and Year (Ref)	Technique / Material Evaluated	Location	% of Sealed Canals	Weighted Mean
1. Compare sealer effectiveness	Venturi et al., 2003	AH-Plus vs Pulp Canal Sealer	Apical	67.8% / 12.9%	0.678 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	AH-26, BC Sealer, MTA	Coronal, Middle, Apical	71.6% / 81.1% / 83.7%	0.716 / 0.811 / 0.837
	2024	BioRoot RCS vs AH-Plus	Apical	92.4% / 74.6%	0.924 / 0.746
2. Relationship between location and sealing	Venturi et al., 2003	Thermoplastic technique	Coronal / Middle / Apical	80% (coronal) / 12.9% (apical)	0.800 / 0.129
	El Sayed et al., 2022	BC Sealer	Coronal > Middle > Apical	83.7% (coronal), apical decrease	≈ 0.744
	2024	BioRoot RCS	Apical	92.4%	0.924

Table 4

Author (Year)	Technique Evaluated	Type of Sealer	% of Sealed Lateral Canals	Most Frequent Zone
El Sayed (2022)	Lateral condensation	AH Plus, BC Sealer	83.7% (coronal)	Coronal
Juha et al. (2024)	Continuous Wave (CWC)	BC Sealer HiFlow	89.6%	Apical (3–5 mm)
Venturi et al. (2003)	Thermoplastic technique	Warm gutta-percha	80% (coronal), 12.9% (apical)	Coronal
Goldberg et al. (2001)	Lateral and thermoplastic	AH Plus	67.8% / 12.9%	Apical (low effectiveness)

Figure 1.



PRISMA 2009 Flow diagram

