

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS EN LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**“USO DE RESINAS BIOACTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE CARIES
DENTAL: UNA REVISIÓN LITERARIA”**

ESTUDIANTES:

DIEGO GUERRERO 20-0386

Los conceptos emitidos en el presente trabajo final son de la exclusiva responsabilidad de los estudiantes.

Docente Especializado:

Dra. Aida Brache

Docente Titular:

Dra. Helen Rivera

Santo Domingo, Distrito Nacional
Julio 2024

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por ayudarme en el trayecto hacia el éxito que me propuse conseguir y por nunca abandonarme.

Agradezco mis tres madres; Amarilis (madre biológica), Belkis y Dalila (madres de corazón) Guerrero por ser la pieza angular de mi vida, por mantenerme con los pies en la tierra y por darme todo lo que siempre puede soñar, pero procurando que fuera consciente que había que luchar por esos sueños. Mi padre Aurelindo Peralta por ser la figura paterna que no espere tener, pero que demostró siempre estar ahí para orientarme, amarme y dirigirme como un hombre de bien.

A mi asesora, doctora Aida Brache, sin su ayuda y motivación no hubiese obtenido este logro. Gracias por su dedicación y cariño a lo largo de mi carrera y a los docentes que fueron mi guía en este camino de aprendizaje.

A mis mejores amigos y hermanos: Cristian, Deury y Zoraya, gracias por haberme servido de ayuda en este tan largo proceso con momentos buenos y otros no tan buenos, por animarme en mis días más turbios y sacar esa energía necesaria para cumplir este objetivo. y a todas esas personas especiales que fueron ángeles en mi vida, sacrificando parte de su tiempo para brindarme su apoyo incondicional en este trayecto.

-Diego A. Guerrero

DEDICATORIA

En primer lugar, le dedico este proyecto a Dios, por nunca abandonarme y ser mi guía en esta etapa de mi vida.

Segundo a mi madre Andrea Amarilirs Guerrero y mis dos madres de corazón Belkis Altagracia Guerrero y Dalila Amparo Guerrero, las cuales con su sabiduría me guiaron a un buen camino, me enseñaron lo que es el trabajo duro y la dedicación para poder lograr mis objetivos.

Tercero a mi familia, la cual me apoyó desde el primer día y siempre se mantuvo con una actitud positiva a pesar de cualquier adversidad. Especialmente a mi hermana Zoraya y Jessica las cuales siempre han estado conmigo.

Por último, a mi novia Aida, por siempre creer en mí, por mejorarme como persona, sin ti este camino hubiese sido difícil, gracias por todo.

A ustedes les dedico este proyecto.

-Diego A. Guerrero

RESUMEN

Las resinas bioactivas no solo conservan las ventajas de las resinas compuestas tradicionales, sino que también incorporan propiedades que pueden ayudar a prevenir el desarrollo de nuevas caries, promoviendo una odontología verdaderamente mínimamente invasiva y orientada a la prevención de enfermedades dentales. Con un continuo crecimiento de la patología cariosa en la población mundial, sigue siendo un gran desafío para los odontólogos, afectando aproximadamente al 35% de la población mundial y convirtiéndose en la condición de salud más prevalente a nivel global. En este contexto, se hizo necesario realizar una revisión literaria sobre el analizar el uso de resinas bioactivas para la reducción de caries dental. Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica entre Enero y Marzo de 2024. Para esta revisión, se se emplearon motores de búsqueda especializados en salud, como PubMed, Redalyc, PMC, Cochrane y buscadores de salud como CRAI y EBSCO. A través de un análisis exhaustivo de estudios clínicos comparativos, se ha demostrado que las resinas bioactivas ofrecen una eficacia superior en la prevención y tratamiento de la caries dental en comparación con los materiales restauradores convencionales. Su capacidad para liberar iones beneficiosos y promover la remineralización del esmalte dental resulta en una reducción significativa de la incidencia de caries.

Palabras claves: "lesión de caries", "resinas", "resinas compuestas bioactivas," "materiales dentales".

ABSTRACT

Bioactive resins not only retain the advantages of traditional composite resins but also incorporate properties that can help prevent the development of new caries, promoting truly minimally invasive dentistry focused on the prevention of dental diseases. With the continuous growth of carious pathology in the global population, it remains a significant challenge for dentists, affecting approximately 35% of the world population and becoming the most prevalent health condition globally. In this context, a literature review on the use of bioactive resins for the reduction of dental caries was necessary. An exhaustive review of scientific literature was conducted between January and March 2024. For this review, specialized health search engines such as PubMed, EBSCO, Redalyc, PMC, Cochrane, and CRAI were used. Through a comprehensive analysis of comparative clinical studies, it has been demonstrated that bioactive resins offer superior efficacy in the prevention and treatment of dental caries compared to conventional restorative materials. Their ability to release beneficial ions and promote the remineralization of dental enamel results in a significant reduction in the incidence of caries.

Keywords: "caries lesion," "resins," "bioactive composite resins," "dental materials."

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 9 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 11 |
| 2.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 12 |
| 3. OBJETIVOS..... | 13 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 14 |
| 4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS | 14 |
| 4.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO..... | 16 |
| 4.3 MARCO CONCEPTUAL | 18 |
| 4.4 REVISIÓN DE LITERATURA | 19 |
| 4.4.1 CARIES DENTAL: UNA VISIÓN GENERAL | 19 |
| 4.4.1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARIES DENTAL | 19 |
| 4.4.1.2 PREVALENCIA DE LA CARIES DENTAL | 19 |
| 4.4.1.3 IMPACTO EN LA SALUD BUCAL Y GENERAL | 19 |
| 4.4.1.4 TRATAMIENTOS CONVENCIONALES Y DESAFÍOS ACTUALES..... | 20 |
| 4.4.2 JUSTIFICACIÓN PARA EXPLORAR NUEVAS ALTERNATIVAS..... | 20 |
| 4.4.2.1 RESINAS BIOACTIVAS: CONCEPTO Y DESARROLLO | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4.2.1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS RESINAS BIOACTIVAS..... | 21 |
| 4.4.2.1.2 PRINCIPALES COMPONENTES Y FORMULACIONES | 22 |
| 4.4.2.1.3 COMPARACIÓN CON OTROS ENFOQUES TERAPÉUTICOS..... | 23 |
| 4.4.2.1.3.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON TRATAMIENTOS CONVENCIONALES..... | 23 |
| 4.4.2.1.4 APLICACIONES CLÍNICAS Y CONSIDERACIONES PRÁCTICAS..... | 24 |
| 4.4.2.1.4.1 INDICACIONES CLÍNICAS PARA EL USO DE RESINAS BIOACTIVAS ... | 24 |
| 4.4.2.1.5 DISCUSIÓN SOBRE LA INTEGRACIÓN POTENCIAL EN LA PRÁCTICA ODONTOLÓGICA COTIDIANA | 24 |
| 5. MARCO METODOLÓGICO | 25 |
| 5.1 TIPO DE ESTUDIO..... | 25 |
| 5.2 DISEÑO DEL ESTUDIO..... | 25 |
| 5.3 ESTRATEGIA PARA LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN..... | 25 |
| 5.4 CRITERIOS PARA LA DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN..... | 26 |
| 6. DISCUSIÓN | 27 |
| 7. CONCLUSIONES | 31 |
| 8. RECOMENDACIONES | 33 |
| 9. PROSPECTIVAS DEL ESTUDIO | 34 |
| 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Cronología del desarrollo de las resinas compuestas | 15 |
|---|----|

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales dentales de restauración tienen como objetivo reemplazar la estructura dental perdida debido a la presencia de lesiones de origen cariosas, no cariosas o traumatismos, permitiendo que el diente recupere su morfología y función. Además de la biocompatibilidad y resistencia, una propiedad deseable en estos materiales es la capacidad de prevenir el desarrollo de nuevas caries en los márgenes de las restauraciones. ¹

Actualmente, debido a la alta demanda estética y funcional de los pacientes que acuden a los servicios de atención odontológica, las resinas compuestas se han convertido en uno de los materiales de restauración definitiva más utilizados para las restauraciones directas. Estas resinas no solo ofrecen resultados estéticamente satisfactorios, sino que también poseen una plasticidad adecuada para su manipulación en técnicas directas. ²

La introducción de las resinas compuestas ha sido una de las contribuciones más significativas en la odontología restauradora de los últimos veinte años. Las ventajas de las restauraciones adhesivas incluyen la conservación del tejido dental sano, la reducción de la microfiltración, la prevención de la sensibilidad postoperatoria, el refuerzo de la estructura dental y la adecuada transmisión y distribución de las fuerzas masticatorias a través de la interfaz adhesiva diente-restauración. ³

Sin embargo, a pesar de estas ventajas, las resinas compuestas presentan deficiencias significativas, como la contracción de polimerización y el estrés que esta genera en la interfaz diente-restauración.

Es en este contexto que surge el interés por las resinas bioactivas. Estas resinas no solo conservan las ventajas de las resinas compuestas tradicionales, sino que también incorporan propiedades que pueden ayudar a prevenir el desarrollo de nuevas lesiones caries, promoviendo una odontología verdaderamente mínimamente invasiva y orientada a la prevención de enfermedades dentales.

Dando origen, a el propósito de esta revisión literaria, la cual es analizar el uso de resinas bioactivas para la reducción de caries dental, comparando su eficacia clínica con la de los materiales restauradores convencionales en la prevención y tratamiento de la caries. Además, se busca identificar los mecanismos subyacentes de acción de las resinas bioactivas en la remineralización dental y su influencia en la progresión de la caries.

Esto se lleva cabo, mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica entre Enero y Marzo de 2024, empleando motores de búsqueda especializados en salud, como PubMed, Redalyc, PMC, Cochrane y buscadores de salud como CRAI y EBSCO, para ser desglosado en nueve capítulos conformados por: introducción, planteamiento del problema, objetivos, marco teórico, marco metodológico, discusión, conclusión, recomendaciones y prospectiva del estudio. Buscando, el evaluar la seguridad y durabilidad a largo plazo de las restauraciones con resinas bioactivas, considerando su integridad estructural, resistencia a la fractura y comportamiento clínico en comparación con otras alternativas de restauración a través de estudios clínicos y de seguimiento longitudinal.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caries dental (CD) sigue siendo un gran desafío para los odontólogos, afectando aproximadamente al 35% de la población mundial y convirtiéndose en la condición de salud más prevalente a nivel global. La presencia de hidratos de carbono y biofilm microbiano incrementa la probabilidad de desarrollar caries. Esto se debe a una alteración ecológica del biofilm que provoca que la población de células en la boca se vuelva más cariogénica. ⁴

El término resinas bioactivas no es nuevo, fue utilizado hace más de 40 años con la aparición de los ionómeros de vidrio, materiales que liberan flúor y que fueron conocidos a través del British Dental Journal. Las resinas bioactivas son materiales compuestos capaces de interactuar con los tejidos dentales circundantes, promoviendo la remineralización y la formación de una capa protectora. Esta capa puede ayudar a prevenir la progresión de la caries y mejorar la salud bucal a largo plazo. ⁵

A pesar del creciente interés en las resinas bioactivas y su potencial para reducir la CD, aún existen preguntas y áreas de incertidumbre que requieren mayor evaluación. Por ejemplo, la eficacia clínica de las resinas bioactivas para prevenir y tratar la CD no se ha establecido completamente. Los resultados de los estudios existentes son variados y, a menudo, contradictorios. ⁶

En este contexto, es necesario realizar una revisión sobre las resinas bioactivas para evaluar su durabilidad, su potencial terapéutico y sus implicaciones en la práctica odontológica. Esto permitirá determinar si son más eficaces y si representan una mejor opción en comparación con las resinas convencionales.

En comparación, el éxito de las resinas compuestas depende más del manejo técnico y del protocolo de colocación por parte del odontólogo que del material en sí. Estas resinas no poseen componentes activos que eviten la creación de una capa protectora para frenar la producción de caries, por lo que su duración sin complicaciones es incierta. ⁴

El objetivo de esta revisión literaria es demostrar las ventajas de las resinas bioactivas frente a las resinas compuestas tradicionales, resaltando sus diferencias, similitudes, y evaluando su efectividad y durabilidad. Estas resinas liberan sustancias que pueden reparar además de reemplazar el tejido perdido por caries, lo que subraya su importancia en la odontología restauradora actual. ⁷

2.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es la eficacia clínica de las resinas bioactivas en comparación con los materiales restauradores convencionales para la prevención y tratamiento de la caries dental?
- ¿Cuáles son los mecanismos subyacentes de acción de las resinas bioactivas en la remineralización dental y cómo influyen en la progresión de la caries dental?
- ¿Cuál es la seguridad y la durabilidad a largo plazo de las restauraciones de resinas bioactivas en términos de integridad estructural, resistencia a la fractura y comportamiento clínico en comparación con otras alternativas de restauración en estudios clínicos y de seguimiento longitudinal?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el uso de resinas bioactivas para la reducción de caries dental.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la eficacia clínica de las resinas bioactivas con los materiales restauradores convencionales para la prevención y tratamiento de la caries dental.
- Identificar los mecanismos subyacentes de acción de las resinas bioactivas en la remineralización dental y cómo influyen en la progresión de la caries dental.
- Evaluar la seguridad y la durabilidad a largo plazo de las restauraciones de resinas bioactivas en términos de integridad estructural, resistencia a la fractura y comportamiento clínico en comparación con otras alternativas de restauración en estudios clínicos y de seguimiento longitudinal.

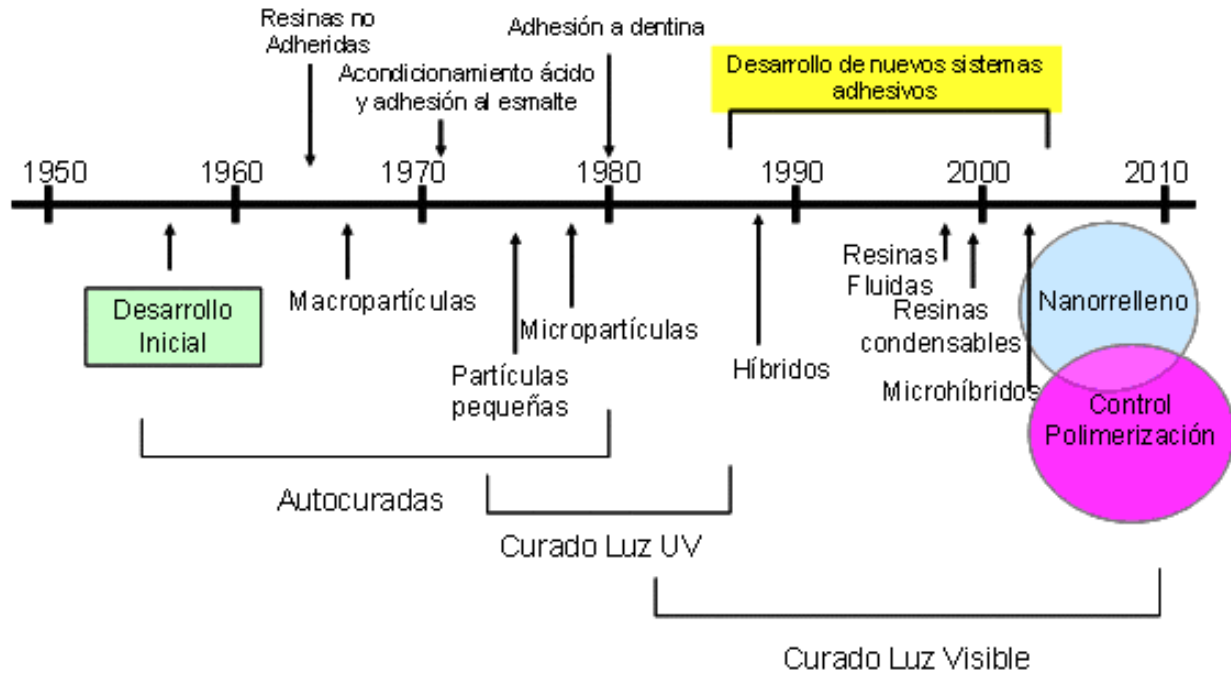
4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La historia del desarrollo de las resinas compuestas se remonta a la primera mitad del siglo XX. En ese entonces, los únicos materiales de color similar al del diente que podían ser utilizados para restauraciones estéticas eran los silicatos. Sin embargo, estos materiales presentaban grandes desventajas, principalmente su rápido desgaste tras ser colocados⁸ (Fig. 1). A finales de la década de 1940, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color similar al de los dientes, eran insolubles en los fluidos orales, fáciles de manipular y de bajo costo. No obstante, presentaban problemas como baja resistencia al desgaste y una elevada contracción de polimerización, lo que resultaba en una considerable filtración marginal.⁹

La era de las resinas modernas comenzó en 1962, cuando el Dr. Ray L. Bowen desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta. La principal innovación fue la introducción de una matriz de resina de Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) y un agente de acoplamiento o silano entre la matriz de resina y las partículas de relleno. Desde entonces, las resinas compuestas han experimentado numerosos avances y su futuro parece aún más prometedor, con la investigación en curso de nuevos prototipos que buscan superar sus principales deficiencias, especialmente la contracción de polimerización y el estrés asociado a esta.¹⁰

Figura 1. Cronología del desarrollo de las resinas compuestas



Fuente: Paryani M, Bhojwani PR, Ikhar A, Reche A, Paul P. Evolution of Biomimetic Approaches for Regenerative and Restorative Dentistry. Cureus. 2023;1(7):25-31.

4.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

González et al. ¹¹, presentaron su uso de material bioactivo y resina convencional en un paciente pediátrico con retraso del desarrollo psicomotor e hipoplasia del esmalte, demostrando que los materiales reactivos si tienen una ventaja en cuanto a los convencionales, ya que presenta menos pasos para su colocación y al no requerir el protocolo de adhesión ayuda a reducir los tiempos de trabajo y mantener la conducta del niño positiva, también presentando ventajas como liberar iones de flúor y calcio para evitar futuras desmineralizaciones de los órganos dentarios restaurados.

Chen et al. ¹², desarrollaron una nueva resina compuesta híbrida modificada con vidrio bioactivo para mejorar simultáneamente las propiedades mecánicas, la biocompatibilidad, y las capacidades antibacterianas y remineralizantes. La adición de fracciones de masa de partículas afectó significativamente las propiedades mecánicas originales de la resina compuesta, como la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión. Aunque las fracciones más altas redujeron la viabilidad celular, se pudo recuperar ajustando el pH. Las resinas bioactivas mostraron efectos antibacterianos contra *Streptococcus mutans* y actividad remineralizante en dentina desmineralizada.

Garchitorena ¹³, estudió el enfoque en el tratamiento de las lesiones cariosas que afectan el tejido dentinario se ha modificado de forma dramática en las últimas décadas. El conocimiento acerca de la etiología de la CD, la fisiopatología dentinaria y el desarrollo de biomateriales dentales y técnicas adhesivas, han confluído en tratamientos de mínima intervención. En virtud de esta nueva alternativa en el tratamiento de las lesiones dentinarias, es necesario evaluar la posible recuperación de la dentina mediante

tratamientos remineralizantes y el desarrollo de materiales bioactivos que posibiliten la reparación o regeneración del tejido imitando los mecanismos fisiológicos de mineralización y recomponiendo las propiedades mecánicas originales del tejido, con el fin de obtener resultados clínicos exitosos basados en tratamientos con enfoque biomimético.

Tapia ¹⁴, realizó una tesis de postgrado que se centró en la síntesis de nanopartículas de hidroxiapatita y vidrio bioactivo para utilizarlas en resinas nanocompuestas. Evaluó sus propiedades mecánicas, su capacidad para inducir mineralización de apatita y liberar fluoruro. Se sintetizaron las nanopartículas e incorporaron a las resinas nanocompuestas logrando que las resinas cargadas con estas nanopartículas produzcan la formación de apatita en fluido corporal simulado y liberan fluoruro. También se observó una mejora en las propiedades mecánicas de las resinas. Además, las resinas nanocompuestas aplicadas en cavidades dentales demostraron capacidad para inducir mineralización en el margen de la restauración, siendo más efectiva la resina con nanopartículas de vidrio bioactivo. Estos resultados sugieren que estas resinas podrían mejorar la longevidad de las restauraciones dentales y reducir la posibilidad de formación de caries secundarias.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Actividad Antibacteriana:** Algunas resinas bioactivas pueden inhibir el crecimiento bacteriano, ayudando a prevenir la formación de caries secundarias.
- **Bioactividad:** Capacidad de promover la remineralización de los tejidos dentales.
- **Biocompatibilidad:** Compatibilidad con los tejidos biológicos, lo que minimiza la irritación y las reacciones adversas.
- **Caries Dental:** La CD sigue siendo una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial, afectando tanto a niños como a adultos.
- **Dureza:** Fuerza que ofrecen los materiales al perder su forma por fuerzas de tracción, compresión, rayado o penetración.
- **Propiedades Mecánicas Mejoradas:** A pesar de ser bioactivas, estas resinas pueden mantener propiedades mecánicas adecuadas para su aplicación en restauraciones dentales.
- **Resinas Bioactivas:** Las resinas bioactivas son materiales dentales que no solo restauran la estructura dental, sino que también tienen la capacidad de interactuar con los tejidos biológicos circundantes para promover la remineralización y fortalecimiento de los dientes.
- **Resistencia a la Compresión.** Nivel de tensión máxima que soporta determinado material cuando se generan o aplican fuerzas verticales sobre sí mismo.
- **Resistencia.** Fuerza opuesta a la aplicación de otra fuerza externa, la tensión que logra soportar un determinado material.

4.4 REVISIÓN LITERARIA

4.4.1 CARIES DENTAL

4.4.1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARIES DENTAL

La CD es una afección dinámica, multifacética, que no se transmite de persona a persona y está influenciada por las biopelículas presentes en la boca, así como por la dieta. Esta enfermedad conlleva a una pérdida neta de minerales en los tejidos duros del diente y está relacionada a una variedad de factores biológicos, conductuales, psicosociales y ambientales. ¹⁵

En sus primeras etapas, la CD se presenta visualmente como una mancha blanca opaca en la superficie, que no tiene cavidad. A medida que avanza y no recibe tratamiento, esta mancha blanca pierde estructura convirtiéndose en una superficie cavitada visible. ¹⁶

4.4.1.2 PREVALENCIA DE LA CARIES DENTAL

La CD no tratada es la afección con mayor prevalencia a nivel mundial y se estima que afecta a 2,500 millones de personas. La prevalencia de la CD ha ido disminuyendo a través de los años. En los 80, se registraron tasas de caries que llegaron hasta el 92.8%; durante la década de 1990, la mayor tasa reportada fue del 97%; entre 2000 y 2009, se registró una prevalencia máxima del 95%; en la década siguiente, de 2010 a 2019, la prevalencia más alta fue de 94.6%; y en los años 2020 y 2021, se informaron tasas de hasta el 88.5%. ¹⁷

4.4.1.3 IMPACTO EN LA SALUD BUCAL Y GENERAL

El impacto de la CD depende del tiempo que tenga en el diente, ya que si es tratada en la etapa inicial no causará más que una desmineralización de la superficie del esmalte o

una pequeña cavidad, pero si esta no es tratada, puede causar dolor, una infección e incluso la pérdida dental. ¹⁸

Una lesión de caries no solo afecta la salud bucal, si no la salud en general, debido al dolor que esta pueda generar al momento de comer lo que puede producir en la paciente pérdida de peso o desnutrición, además puede producir dificultad al momento de hablar, la pérdida de dientes también puede afectar la autoestima del individuo y en otras ocasiones una infección dental puede conllevar a una infección más grave y comprometer no solo su salud bucal, si no su salud en general. ¹⁹

4.4.1.4 TRATAMIENTOS CONVENCIONALES Y DESAFÍOS ACTUALES

Dependiendo del avance de la lesión de caries en el diente se selecciona y realiza el tratamiento correspondiente. Los tratamientos con fluoruro son tratamientos iniciales que se basan en detener la lesión de caries cuando esta tiene poco tiempo, ayudando a restaurar el esmalte del diente y, a veces, revertir la caries si se encuentra en sus primeras etapas. La restauración en resina compuesta se utiliza cuando el diente muestra una cavidad producida por el avance de la lesión de caries. La endodoncia es un procedimiento que se realiza cuando la lesión de caries ya afectó el tejido pulpar, provocando que este sea extraído del diente y sustituido con otro material, ayudando a que el diente afectado pueda mejorar y mantener su función normal. ²⁰

4.4.2 JUSTIFICACIÓN PARA EXPLORAR NUEVAS ALTERNATIVAS

Gómez et al. ²¹, utilizaron material bioactivo en una paciente femenina de 7 años que presentaba una lesión de caries activa cavitada en el diente, con hipomineralización severa, fractura posteruptiva y exposición de dentina, lo que le provocaba

hipersensibilidad. Después de eliminar selectivamente el tejido cariado, se aplicó un sustituto bioactivo de dentina a base de silicato tricálcico (Biodentine). Un mes después, se llevó a cabo la restauración definitiva del diente utilizando resina compuesta. Tras un seguimiento clínico de 12 meses, la restauración mostró una adecuada adaptación marginal, forma anatómica correcta y ninguna evidencia de CD secundaria. Radiográficamente, se observó una correcta adaptación de la restauración y no se detectaron cambios en el espacio del ligamento periodontal ni en la región periapical. El uso de materiales bioactivos se perfila como una opción prometedora para restaurar molares gravemente afectados por la hipomineralización del esmalte.

El Biodentine, por ejemplo, representa un nuevo material elaborado a partir de silicato tricálcico, el cual puede ser empleado para restauraciones temporales en esmalte o como un sustituto definitivo de dentina. Investigaciones de laboratorio han demostrado su capacidad para un sellado adecuado, así como una alta resistencia a la compresión. Además, posee propiedades bioactivas, tales como la capacidad para estimular la formación de dentina terciaria con una mínima respuesta inflamatoria pulpar, promover la diferenciación de odontoblastos y factores de crecimiento, además de facilitar la precipitación de fosfato de calcio y apatita.²²

4.4.2.1 RESINAS BIOACTIVAS: CONCEPTO Y DESARROLLO

4.4.2.1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS RESINAS BIOACTIVAS

Las resinas bioactivas son compuestos que, al entrar en contacto con la dentina en una cavidad dental, generan un impacto beneficioso, provocando una respuesta biológica particular en la interfaz entre el material y el tejido. Estos materiales se utilizan de manera

específica para proteger el complejo dentino-pulpar, ya que tienen la capacidad de estimular la formación de tejido calcificado en la región de contacto entre el material y el tejido dental.²³

Son resinas las cuales poseen un material bioactivo (flúor, hidroxiapatita) en nanopartículas permitiendo la remineralización y formación de nueva dentina evidenciando un menor riesgo a una restauración fallida o evitando otra lesión de caries.²⁴

El material debe ser biocompatible, estéril, no soluble ni reabsorbible, bactericida y bacteriostático. No debe estar contaminado ni afectado por sangre, debe mantener la vitalidad pulpar y estimular la formación de dentina reparativa. Además, debe adherirse a la dentina y a los materiales de restauración, resistir las fuerzas de compresión y tracción, ser radiopaco y de fácil manipulación. Finalmente, debe proporcionar un buen sellado contra las bacterias y los líquidos, evitando la filtración en un entorno húmedo.²⁵

4.4.2.1.2 PRINCIPALES COMPONENTES Y FORMULACIONES

En la odontología actual, existen varios materiales que cumplen con ciertas características específicas para la protección del complejo dentino-pulpar. Uno de estos es el hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$, utilizado desde la década de 1920. En 1993, se introdujo el trióxido de mineral agregado (MTA), desarrollado por primera vez por Lee et al.²⁶ en la Universidad de Loma Linda, Estados Unidos, a partir del cemento Portland, compartiendo sus principales componentes como calcio, fosfato y sílice. En 1998, recibió la aprobación de la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés) para su comercialización. Más recientemente, en 2008, la compañía

francesa Septodont Ltd. Desarrolló un material basado en la purificación del silicato de calcio, conocido como Biodentine®, con propiedades mejoradas en comparación con los materiales existentes en términos de tiempo de fraguado, propiedades mecánicas y manipulación. En 2010, la empresa Bisco lanzó al mercado el silicato de calcio modificado con resina, comercializado como TheraCal LC®, un material fotopolimerizable. Todos estos materiales se utilizan en la estomatología actual para proteger el complejo dentino-pulpar.²⁶

4.4.2.1.3 COMPARACIÓN CON OTROS ENFOQUES TERAPÉUTICOS

4.4.2.1.3.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON TRATAMIENTOS CONVENCIONALES

Guzmán²⁷, señala que las resinas compuestas se originan de una mezcla de al menos dos materiales que son químicamente distintos y están separados por una interfaz, lo que les confieren diversas propiedades que no podrían lograrse si los componentes actuarán de manera individual. Estas resinas están compuestas principalmente por una combinación de materiales con distintas composiciones químicas.

Mientras que las resinas bioactivas son sustancias que, al interactuar con la dentina en una cavidad dental, producen un efecto positivo, desencadenando una respuesta biológica específica en la interfaz entre el material y el tejido. Estos compuestos se emplean con el propósito particular de salvaguardar el complejo dentino-pulpar, dado que poseen la capacidad de promover la generación de tejido calcificado en la zona de contacto entre el material y el tejido dental.²³

4.4.2.1.4 APLICACIONES CLÍNICAS Y CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

4.4.2.1.4.1 INDICACIONES CLÍNICAS PARA EL USO DE RESINAS BIOACTIVAS

Este tipo de resinas se puede utilizar para la restauración de diversos tipos de cavidades dentales y cuenta con múltiples indicaciones clínicas. Entre sus aplicaciones se incluyen la restauración de cavidades de clases I, II, III, IV y V, así como la reparación de erosiones cervicales y caries radicular. Además, son adecuadas para la reparación de bordes incisales fracturados, la realización de carillas, la reconstrucción de muñones y las correcciones dentales cosméticas directas. ²⁸

4.4.2.1.5 DISCUSIÓN SOBRE LA INTEGRACIÓN POTENCIAL EN LA PRÁCTICA ODONTOLÓGICA COTIDIANA

Calatrava ²⁹, indica que aunque su estudio basado en las resinas compuestas fue realizado en un corto plazo demostró que las resinas bioactivas son de gran utilidad, a pesar de, hay que realizar estudios a largo plazo, esto nos demuestra que la odontología está bajo una innovación evolutiva, es decir en un proceso lineal.

No obstante, es fundamental tener en cuenta la integración de estos materiales restauradores bioactivos en la práctica clínica, ya que han mostrado tener la capacidad de disminuir y regular las actividades metabólicas de las bacterias asociadas con la caries, al mismo tiempo que conservan las propiedades mecánicas y físicas. ³⁰

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio se centra en una revisión detallada de la literatura sobre el análisis del uso de resinas bioactivas para la reducción de CD, con un enfoque descriptivo o narrativo, ya que implica una cuidadosa, selectiva y crítica selección que integra de manera coherente y comprensiva la información esencial.

5.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

Este enfoque se enmarca en el tipo no experimental, caracterizado por la observación pasiva de los fenómenos sin intervenir o alterar el objeto de estudio. Cuya característica es que el investigador, no manipula ni controla las variables presentes en la situación observada, permitiendo así un análisis natural y auténtico de los eventos tal como ocurren en su entorno real. Este método es particularmente útil para estudios descriptivos y exploratorios, donde el objetivo principal es obtener una comprensión profunda y detallada del fenómeno en cuestión sin introducir sesgos experimentales.³¹

5.3 ESTRATEGIA PARA LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica entre Enero y Marzo de 2024. Para esta revisión, se emplearon motores de búsqueda como PubMed, Redalyc, PMC, Cochrane y buscadores de salud como CRAI y EBSCO.

La búsqueda de información se realizó mediante la selección cuidadosa de palabras claves pertinentes al tema de estudio. Esta estrategia aumentó la posibilidad de encontrar información precisa y relevante para la elaboración del proyecto final de grado.

Las palabras claves utilizadas incluyeron "lesión de caries", "resinas", "resinas compuestas bioactivas," y "materiales dentales, que provinieron los descriptores de ciencias de la salud (DeCS) y Medical Subject Headings (MeSH). Estas se combinaron con operadores booleanos como AND, OR, y NOT para refinar y optimizar los resultados obtenidos.

5.4 CRITERIOS PARA LA DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Los artículos para revisar se seleccionaron de acuerdo con los siguientes criterios:

- Artículos de investigaciones originales y revisiones de literatura.
- Artículos de investigaciones publicados entre el periodo 2019-2024.
- Artículos de investigaciones con un resumen disponible publicados en el idioma inglés y/o español.

Por otra parte, se excluyen de la búsqueda:

- Revisiones sistemáticas.

6. DISCUSIÓN

Mediante la investigación en el desarrollo de nuevos materiales bioactivos, se encontró que estos se definen como sustancias diseñadas para promover o inducir una respuesta biológica específica, que favorezcan la unión de un material a los tejidos, al contacto con los líquidos del organismo, generando intercambio inmediato de iones de naturaleza fisicoquímica entre el material bioactivo, tejido blando, hueso, en el caso de las restauraciones favorezcan la efectividad a largo plazo y produzcan protección antilesiones de caries.³²

Wang et al.³³ manifiestan, que, en los últimos años, se han emprendido importantes proyectos de investigación destinados a desarrollar nuevos materiales con propiedades mejoradas, aprovechando las tecnologías de vanguardia para su procesamiento.

Zhang et al.³⁴ interpretan, que, en el ámbito médico, el mercado de materiales bioactivos está en expansión, impulsado por el incremento de los procedimientos quirúrgicos, especialmente entre la población geriátrica. En traumatología, estos materiales se utilizan para recubrir implantes metálicos y favorecer la curación ósea y la osteogénesis. Se prevé que la mitogénesis de células idénticas también contribuya a este crecimiento.

En cuanto a la eficacia de la utilización de las resinas bioactivas, su característica más destacable según los autores Hernández et al.⁵, es su capacidad de liberación de iones de calcio, fosfato y flúor, que se recargan con los iones de igual similitud que se encuentran en la saliva, lo que permite continúe su bioactividad por un tiempo prolongado. No contiene Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA), ni derivados de Bisfenol A (BPA), además de que tiene la fuerza, estética y propiedades físicas similares

a la de las resinas compuestas, lo cual nos permite que con mayor razón se utilicen en dientes posteriores.

Los mecanismos subyacentes de acción provienen de que todos los materiales bioactivos requieren, poseer tres propiedades fundamentales: material alcalino, sellado duradero y trabajar a base de agua. Los cuales se clasifican de acuerdo con la funcionalidad de cada material y sus usos clínicos (preventivos, terapéuticos, y restaurativos).³⁵

Con respecto a esto, se debe mencionar la resina compuesta de nombre Biodentine, el cual es un cemento biológicamente activo basado en silicato de calcio, diseñado para actuar como sustituto de la dentina. Gracias a sus propiedades fisicoquímicas, su biocompatibilidad y su fácil manipulación, se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo procedimientos clásicos de endodoncia, recubrimientos pulpares directos e indirectos, y casos clínicos restaurativos donde es necesario reemplazar la dentina.

Son escasos los estudios que han expuesto la adaptación marginal y la capacidad de sellado del Biodentine, sin embargo, un estudio *in vitro* realizado por McMichael et al.³⁶, comparó la resistencia microtensil de resinas cuando se utiliza con cementos de silicato de calcio y cemento de ionómero de vidrio. Constataron que no hubo diferencia significativa entre el efecto del envejecimiento de enlaces sobre la resistencia microtensil del Biodentine y el MTA. Este resultado significa que la unión resina-Biodentine no se deterioró con el tiempo, por lo menos durante el periodo del estudio.

El evaluar la capacidad de su fuerza de adhesión, recae en Hashem et al. ³⁷, con el estudio sobre las propiedades físicas de los silicatos de calcio, el cual observó que la resina bioactiva mostraba baja resistencia durante las primeras etapas de fraguado. Por lo tanto, para asegurar una fuerza de adhesión adecuada, se recomienda realizar la restauración final con resina compuesta dos semanas después de haber aplicado el Biodentine. Prasanthi et al. ³⁸, evaluaron la fuerza de adherencia del Biodentine y el MTA en presencia de agentes quelantes. Los resultados indicaron que el Biodentine exhibió una fuerza de unión de expulsión significativamente superior en comparación con el MTA. Estos resultados coinciden con Ózyurek et al. ³⁹, quienes compararon la resistencia de adhesión del MTA y el Biodentine, confirmando una mejor fuerza de adhesión por parte del Biodentine.

Jung et al. ⁴⁰, investigaron los efectos biológicos del Biodentine en células madre de dientes deciduos humanos (SHED) durante y después del fraguado, con el objetivo de resaltar la biocompatibilidad del material restaurador. El estudio mostró que el Biodentine en el grupo celular durante el fraguado indujo una diferenciación odontogénica significativa en comparación con el grupo control. Estos hallazgos sugieren que el Biodentine es un biomaterial capaz de diferenciar odontoblastos, con potencial para la regeneración del tejido dental. Corral et al. ⁴¹, también evaluaron la viabilidad celular y la expresión de ARN mensajero de las interleucinas IL-1 α e IL-6 en células de fibroblastos 3T3 cuando estaban en contacto directo con el Biodentine y MTA. Los resultados mostraron que las células en contacto con ambos materiales odontológicos exhibieron patrones de viabilidad similares, excepto durante las primeras horas de cultivo. La

expresión de ARN mensajero de IL-1 α e IL-6 también fue muy similar entre las células fibroblásticas en contacto con el Biodentine y MTA.

Por su parte, Scelza et al. ⁴², observaron la citocompatibilidad in vitro de osteoblastos humanos en contacto con el Biodentine y MTA durante un período de 42 días en cultivo celular. El análisis simultáneo de la actividad mitocondrial, la integridad de la membrana y la densidad celular permitió concluir que el Biodentine es biocompatible con los osteoblastos humanos, lo que respalda su uso en contacto directo con tejidos óseos.

Es por los motivos mencionados con anterioridad que las restauraciones de resinas bioactivas en términos de integridad estructural, resistencia a la fractura y comportamiento clínico en comparación con otras alternativas son superiores, debido a que, su fácil manipulación, bajo costo, su alta biocompatibilidad y la excelente bioactividad hace de este un material de gran utilidad a nivel odontológico. Estudios como el realizado por Arandi et al. ⁴³, demuestran una resistencia a la compresión y flexión superior a otros materiales. Aunque, Singh et al. ⁴⁴ sugieren que, es difícil afirmar que este material sea un verdadero sustituto de la dentina; en el caso de ser usado luego de una terapia endodóntica, sin embargo, por los aspectos fisicoquímicos y biológicos descritos en este trabajo, las resinas bioactivas, es hasta hoy un material altamente recomendado en la práctica odontológica.

7. CONCLUSIONES

- A través de un análisis exhaustivo de estudios clínicos comparativos, se ha demostrado que las resinas bioactivas ofrecen una eficacia superior en la prevención y tratamiento de la CD en comparación con los materiales restauradores convencionales. Su capacidad para liberar iones beneficiosos y promover la remineralización del esmalte dental resulta en una reducción significativa de la incidencia de caries. Estos hallazgos sugieren que las resinas bioactivas no solo son una alternativa viable, sino que también representan una mejora sustancial en las prácticas restauradoras actuales.
- La investigación ha identificado varios mecanismos mediante los cuales las resinas bioactivas contribuyen a la remineralización dental y controlan la progresión de la caries dental. Entre estos mecanismos, destacan la liberación de iones de calcio y fosfato, que facilitan la formación de hidroxiapatita. Además, su capacidad para neutralizar el pH ácido en el ambiente bucal contribuye a la inhibición de la desmineralización. Estos procesos, en conjunto, crean un entorno más favorable para la salud dental y demuestran el potencial de las resinas bioactivas para transformar el enfoque del tratamiento de la caries.
- Los estudios clínicos y de seguimiento longitudinal han confirmado que las restauraciones con resinas bioactivas presentan una seguridad y durabilidad comparables o superiores a las de los materiales restauradores tradicionales. La información recolectada ha logrado demostrar que estas resinas mantienen su integridad estructural y resistencia a la fractura a lo largo del tiempo, ofreciendo un desempeño clínico consistente y confiable. Además, su capacidad para

interactuar positivamente con el tejido dental subyacente y promover la remineralización contribuye a su longevidad y eficacia. Estos resultados respaldan la adopción de las resinas bioactivas como una opción restauradora duradera y segura en la práctica odontológica.

8. RECOMENDACIONES

- Dado que las resinas bioactivas han demostrado ser más eficaces en la prevención y tratamiento de la CD en comparación con los materiales convencionales, se recomienda su adopción en las prácticas odontológicas rutinarias. Esta implementación contribuirá significativamente a una mejor salud dental a largo plazo para los pacientes. Para asegurar que los profesionales estén bien informados y capacitados en el uso de estos materiales innovadores, es crucial organizar programas de formación y talleres sobre las técnicas de aplicación y los beneficios específicos de las resinas bioactivas.
- Se recomienda, apoyar estudios clínicos y de laboratorio para profundizar en la comprensión de los mecanismos de acción de las resinas bioactivas y su interacción con el tejido dental. Este esfuerzo investigativo puede llevar al desarrollo de materiales aún más avanzados y efectivos.
- Se invita a las autoridades sanitarias y organizaciones profesionales a actualizar las guías clínicas y recomendaciones para incluir las resinas bioactivas como una opción preferida para la restauración dental y prevención de caries. Asimismo, fomentar políticas que incentiven el uso de tecnologías innovadoras, como las resinas bioactivas, mediante subsidios o beneficios fiscales para clínicas que adopten estas tecnologías, contribuirá a una mayor integración de estos materiales en la práctica clínica diaria.

9. PROSPECTIVAS DEL ESTUDIO

- Realizar ensayos clínicos a gran escala, involucrando una mayor diversidad de pacientes y condiciones bucales, permitirá validar y generalizar los hallazgos previos. Estos estudios deben incluir comparaciones directas con una variedad de materiales restauradores convencionales, bajo diferentes condiciones de uso y en diversas poblaciones.
- Incorporar análisis económicos para evaluar el costo-beneficio de utilizar resinas bioactivas en comparación con otros materiales como un posible tema de un proyecto final de grado y/o postgrado. Esto es crucial para determinar su viabilidad económica para su adopción masiva en la práctica odontológica diaria.
- Finalmente, se propone desarrollar materiales educativos para pacientes que expliquen los beneficios de las resinas bioactivas, ayudándoles a tomar decisiones informadas sobre su tratamiento dental. Promover hábitos de higiene oral y visitas regulares al dentista, destacando cómo las resinas bioactivas pueden ayudar a mantener una buena salud dental y prevenir la caries, contribuirá a una mayor aceptación y uso de estos materiales innovadores en la población general.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Featherstone JDB. Dental restorative materials containing quaternary ammonium compounds have sustained antibacterial action. *J Am Dent Assoc.* 2022;153(12):1114-20.
2. Al-eesa NA, Fernandes SD, Hill RG, Wong FSL, Jargalsaikhan U, Shahid S. Remineralising fluorine containing bioactive glass composites. *Dent Mater.* 2021;37(4):672-81.
3. Millar BJ, Nicholson JW. Effect of curing with a plasma light on the properties of polymerizable dental restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2001;28(6):549-52.
4. Fernando S, Gunasekara C, Shahpasandi A, Nguyen K, Sofi M, Setunge S, et al. Sustainable Cement Composite Integrating Waste Cellulose Fibre: A Comprehensive Review. *Polymers (Basel).* 2023;15(3):520-1.
5. Hernández-Coronado P, Hernández-Ramírez A, Cedillo-Valencia J de J, Guízar-Mendoza JM. Materiales bioactivos para restauraciones directas en dientes posteriores. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2022;79(6):338-41.
6. Contreras SM, Fernandes JB, Spinola M da S, Garcia MT, Junqueira JC, Bresciani E, et al. Efficacy of bioactive materials in preventing *Streptococcus mutans* - induced caries on enamel and dentine. *Eur J Oral Sci.* 2023;131(10):5-6.
7. Wang H, Cheng C, Zhao J, Han F, Zhao G, Zhang Y, et al. Advances in the Application of Transition-Metal Composite Nanozymes in the Field of Biomedicine. *Biosensors.* 2024;14(1):40-4.
8. Almousa R, Wen X, Anderson GG, Xie D. An improved dental composite with potent antibacterial function. *Saudi Dent J.* 2019;31(3):367-74.

9. Montoya C, Jain A, Londoño JJ, Correa S, Lelkes PI, Melo MA, et al. Multifunctional Dental Composite with Piezoelectric Nanofillers for Combined Antibacterial and Mineralization Effects. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2021;13(37):43868-79.
10. Paryani M, Bhojwani PR, Ikhar A, Reche A, Paul P. Evolution of Biomimetic Approaches for Regenerative and Restorative Dentistry. *Cureus*. 2023;1(7):25-31.
11. González-González, A. Rivera-Gardea J, Barrio-Soulé R, Roberto-Hernández B, de la Peña-Lobato, C. Ortiz-Domínguez A, Ramos-Tamez. R. Utilización de material bioactivo y resina convencional en paciente pediátrico con retraso del desarrollo psicomotor e hipoplasia del esmalte: reporte de un caso. *Rev AMOP*. 2022;34(2):49-53.
12. Han X, Chen Y, Jiang Q, Liu X, Chen Y. Novel Bioactive Glass-Modified Hybrid Composite Resin: Mechanical Properties, Biocompatibility, and Antibacterial and Remineralizing Activity. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021;9(6):12-7.
13. Garchitorena Ferreira M. Materiales bioactivos en la remineralización dentinaria. *Odontoestomatol* . 2016;27(28):11-9.
14. Tapia Monardes V. Síntesis de resinas compuestas a base de nanopartículas cerámicas con propiedades remineralizante y de liberación de fluoruro. [Santiago]: Universidad de Chile; 2017.
15. MacHiulskiene V, Campus G, Carvalho JC, Dige I, Ekstrand KR, Jablonski-Momeni A, et al. Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Res*. 2020;54(1):7-14.
16. Drancourt N, Roger-Leroi V, Martignon S, Jablonski-Momeni A, Pitts N, Doméjean

- S. Carious lesion activity assessment in clinical practice: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1513-24.
17. Márquez-Pérez K, Zúñiga-López CM, Torres-Rosas R, Argueta-Figueroa L. Reported prevalence of dental caries in Mexican children and teenagers. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2023;61(5):653-60.
 18. Tobias JD. Applications of nitrous oxide for procedural sedation in the pediatric population. *Pediatr Emerg Care.* 2019;29(2):245-65.
 19. Maltz M, Koppe B, Jardim JJ, Alves LS, de Paula LM, Yamaguti PM, et al. Partial caries removal in deep caries lesions: a 5-year multicenter randomized controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1337-43.
 20. Santamaría RM, Innes N, Machiulskiene V, Schmoeckel J, Alkilzy M, Splieth CH. Alternative Caries Management Options for Primary Molars: 2.5-Year Outcomes of a Randomised Clinical Trial. *Caries Res.* 2017;51(6):605-14.
 21. Gómez-Gómez LM, Mejía-Roldán JD, Santos-Pinto L, Restrepo M. Uso de Biodentine para restaurar un molar permanente severamente afectado por la Hipomineralización de Molares e Incisivos. *CES Odontol.* 2020;33(2):187-99.
 22. Emara R, Elhennawy K, Schwendicke F. Effects of calcium silicate cements on dental pulp cells: A systematic review. *J Dent.* 2018;77(10):18-36.
 23. Giani A, Cedrés C. Avances en protección pulpar directa con materiales bioactivos. *Actas Odontológicas.* 2017;14(1):4-12.
 24. Cheng L, Zhang K, Weir MD, Melo MAS, Zhou X, Xu HH. Nanotechnology Strategies for Antibacterial and Remineralizing Composites and Adhesives to Tackle Dental Caries. *Nanomedicine.* 2015;10(4):627-41.

25. Hincapié Narváez S, Valerio Rodriguez AL. Biodentine: Un nuevo material en terapia pulpar / Biodentine: A New Material for Pulp Therapy. Univ Odontol. 2015;34(73):12-9.
26. Ngo HX, Bai Y, Sha J, Ishizuka S, Toda E, Osako R, et al. A Narrative Review of u-HA/PLLA, a Bioactive Resorbable Reconstruction Material: Applications in Oral and Maxillofacial Surgery. Materials (Basel). 2021;15(1):150-3.
27. Guzmán Reyes S. Influencia De La Exposición A Bebidas Pigmentantes Sobre La Estabilidad Cromática De Las Resinas Compuestas. [Ecuador]. Universidad Nacional de Chimborazo; 2019.
28. Luo Z, Li D, Kohli MR, Yu Q, Kim S, He WX. Effect of Biodentine™ on the proliferation, migration and adhesion of human dental pulp stem cells. J Dent. 2014;42(4):490-7.
29. Calatrava Oramas La. Resinas Compuestas Bioactivas Con Funciones Terapéuticas. Evolución Y Perspectivas. RODYB. 2020;9(3):7-16.
30. Lvm LI, I GF, Marcello Cohello GI, Santos I DD, I MA, I F-AR. The aesthetics in removable prostheses. Revista Cubana de Estomatología. 2010;47(2):181-187.
31. Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. Int J Morphol. 2017;35(1):227-32.
32. Fernández CE. Una de las enfermedades más prevalentes del mundo no es transmisible y puede ser controlada. Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehab Oral. 2016;9(2):175-6.
33. Wang W, Yeung KWK. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. Bioact Mater. 2017;2(4):224-47.

34. Zhang K, Zhang N, Weir MD, Reynolds MA, Bai Y, Xu HHK. Bioactive Dental Composites and Bonding Agents Having Remineralizing and Antibacterial Characteristics. *Dent Clin North Am.* 2017;61(4):669-87.
35. Nekoofar MH, Motevasselian F, Mirzaei M, Yassini E, Pouyanfar H, Dummer PMH. The micro-shear bond strength of various resinous restorative materials to aged biodentine. *Iran Endod J.* 2018;13(3):356-61.
36. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod.* 2016;42(4):632-6.
37. Hashem DF, Foxton R, Manoharan A, Watson TF, Banerjee A. The physical characteristics of resin composite–calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mater.* 2024;30(3):343-9.
38. Prasanthi P, Garlapati R, Nagesh B, Sujana V, Kiran Naik Km, Yamini B. Effect of 17% ethylenediaminetetraacetic acid and 0.2% chitosan on pushout bond strength of biodentine and ProRoot mineral trioxide aggregate: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2019;22(4):387.
39. Özyurek T, Uslu G, Yilmaz K. Push-out bond strength of intra-orifice barrier materials: Bulk-fill composite versus calcium silicate cement. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(1):6-11.
40. Jung Y, Yoon J-Y, Dev Patel K, Ma L, Lee H-H, Kim J, et al. Biological Effects of Tricalcium Silicate Nanoparticle-Containing Cement on Stem Cells from Human Exfoliated Deciduous Teeth. *Nanomaterials.* 2020;10(7):1373-4.
41. Corral Nuñez CM, Bosomworth HJ, Field C, Whitworth JM, Valentine RA. Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate Induce Similar Cellular Responses in a

- Fibroblast Cell Line. *J Endod.* 2014;40(3):406-11.
42. Scelza MZ, Nascimento JC, Silva LE da, Gameiro VS, De Deus G, Alves G. Biodentine™ is cytocompatible with human primary osteoblasts. *Braz Oral Res.* 2017;31(1):9-10.
 43. Arandi NZ, Thabet M. Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. *Biomed Res Int.* 2021;3(4):1-13.
 44. Singh A, Kaur H, Soni P, Choudhary R, Yeluri R. Evaluation of biodentine pulpotomy in caries-exposed symptomatic vital mature permanent teeth in 9–13-year-old children: A 24-month clinico-radiographic observation. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2022;16(4):264-9.