



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

AREA ACADEMICA DE ODONTOLOGIA

LICENCIATURA DE CIRUJANO DENTISTA

TESIS

**Ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes
para la prevención de caries dentales**

Para obtener el grado de Cirujano Dentista

Nombre del tesista

Beatriz María Guerrero Bermúdez

Comité tutorial

Director:

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís

Codirectora interna:

Dra. Isis Beatriz Bermúdez Camps

Codirector externo:

Dra. Wendoly Venecia Carillo Crespo

ASESORES:

Dr. Salvador Eduardo Lucas-Rincón

Dr. José de Jesús Navarrete-Hernández

Dr. Víctor Jesús Delgado Pérez

Pachuca de Soto, Hidalgo, México junio de 2026



ADVERTENCIAS:

Cualquier trabajo de investigación no publicado postulado para el grado de posgrado y depositado en la modalidad de tesina en las bibliotecas de esta Universidad, queda abierta para inspección, y solo podrá ser usado con la debida autorización. Las referencias bibliográficas pueden ser utilizadas, sin embargo, para ser copiadas se requerirá el permiso del autor y el crédito se dará a la escritura y publicación del trabajo.

Esta tesina ha sido usada por las siguientes personas, que firman y aceptan las restricciones señaladas

La biblioteca que presta esta tesina se asegurará de recoger los datos de cada persona que la utilice.

NOMBRE	DIRECCIÓN	FECHA



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud

School of Medical Sciences

Área Académica de Odontología

29 de abril del 2026

ICSa/AAO/220/2026

Asunto: Designación comité tutorial

PROFESORES PRESENTE

Me es grato comunicarles que, en atención a sus logros y desempeño laboral, así como a su formación y experiencia profesional han sido designados como integrantes del Comité Tutorial de la Licenciatura de Cirujano Dentista, de la tesis denominada **“Ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales”**, del alumno **Beatriz María Guerrero Bermúdez** con número de cuenta 353048, el Comité Tutorial queda integrado por:

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís
Dra. Isis Beatriz Bermúdez Camps
Dra. Wendoly Venecia Carillo Crespo
Dr. Salvador Eduardo Lucas Rincón
Dra. José de Jesús Navarrete-Hernández
Dr. Víctor Jesús Delgado Pérez

Director
Codirector interno
Codirector externo
Asesor
Asesor
Asesor

Sin otro asunto en particular, reciba usted la seguridad de mi más alta y distinguida consideración, esperando su valioso apoyo que permita la culminación de la tesis del alumno.

ATENTAMENTE
AMOR, ORDEN Y PROGRESO
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo 29 de abril de 2026

Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
Jefe del Área Académica de Odontología



“Amor, Orden y Progreso”



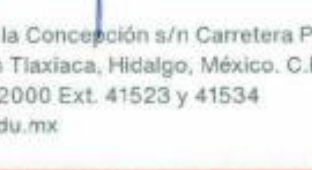
Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera Pachuca
Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

29 de abril de 2026
No. Oficio UAEH/ICSa/AAO/2021/2026
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH
PRESENTE

Por medio del presente, informo a usted que la pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Beatriz María Guerrero Bermúdez** con número de cuenta **353048** presenta bajo la modalidad de tesis, titulada: **Ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales** y que después de haber sido revisado el documento preliminar y realizadas las correcciones indicadas por su comité tutorial, se autoriza la impresión del mismo.

Nombres de los Docentes Jurados	Función	Firma de aceptación del trabajo para su impresión
Dra. Martha Mendoza Rodríguez	Presidente	
Dra. Mariana Mora Acosta	Secretario	
Dr. Carlo Eduardo Medina Solís	Primer Vocal	
Dra. Miriam Alejandra Veras Hernández	Segundo Vocal	
Dr. José de Jesús Navarrete Hernández	Tercer Vocal	
Dr. Salvador Eduardo Lucas Rincón	Suplente	
Dr. Víctor Jesús Delgado Pérez	Suplente	

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 29 de abril de 2026.

MC. José Antonio Hernández Vera
Director del ICESA

Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
Jefe del Área Académica De Odontología

"Amor, Orden y Progreso"



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud

School of Medical Sciences

Área Académica de Odontología

Department of Dentistry

ICSa/AAO/257/2026

Asunto: Incorporación al repositorio de tesis

Mtro. Jorge E. Peña Zepeda

Director de Bibliotecas y Centros de Información

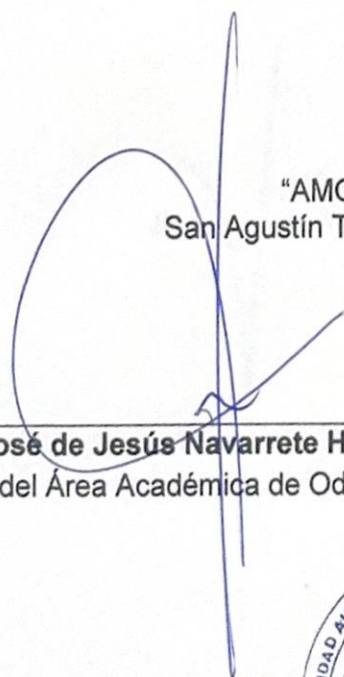
PRESENTE

Estimado Mtro. Peña,

Por medio del presente hago constar que la tesis en formato digital titulada: **"Ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales"**, que presenta la pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Beatriz María Guerrero Bermúdez** con número de cuenta **353048**, cumple con el oficio de autorización de impresión y se ha verificado que es la versión digital del ejemplar impreso, por lo que solicito su integración en el repositorio institucional de tesis.

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo 13 de mayo de 2026


Dr. José de Jesús Navarrete Hernandez
Jefe del Área Académica de Odontología


Beatriz María Guerrero Bermúdez
Autor



Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera
Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México. C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a mis padres Isis Beatriz Bermúdez Camps y Nelson Tomas Guerrero Ibarra, por ser el motor de mi vida y el mayor apoyo en este camino. Gracias por cada sacrificio, por su amor incondicional, por confiar en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, y por enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia. Todo lo que soy y este logro que hoy culmino es reflejo de la educación y los valores que me han brindado.

A mi hermana Isell María Guerrero Bermúdez, gracias por estar siempre a mi lado, por tu compañía, tu paciencia y tus palabras de aliento en los momentos más difíciles. Tu apoyo ha sido fundamental para seguir adelante y no rendirme cuando el camino se volvía complicado.

A mi pareja José Armando Vargas Romero, gracias por tu amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Por acompañarme en cada desvelo, por escucharme, motivarme y recordarme constantemente que soy capaz de lograr lo que me proponga. Tu presencia ha sido clave para mantenerme firme y continuar avanzando.

A mi Director de tesis el Dr Carlo Medina Solis, le agradezco profundamente por su guía, su tiempo y su dedicación. Gracias por compartir sus conocimientos, por su paciencia y por orientarme en cada etapa de este trabajo. Su acompañamiento ha sido esencial para la culminación de esta investigación.

A todos ustedes, gracias por impulsarme a seguir adelante, por darme fuerzas cuando más lo necesitaba y por creer en mí en cada paso de este camino. Este logro no es solo mío, sino también de cada uno de ustedes que formaron parte de este proceso.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y el ejemplo constante de esfuerzo, amor y perseverancia. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sostenerme en los momentos más difíciles y por enseñarme que cada meta se alcanza con dedicación y constancia. Este logro es tan mío como suyo.

A mi hermana, por su compañía incondicional, por cada palabra de aliento y por estar presente en cada etapa de este camino. Gracias por recordarme mi fortaleza cuando más lo necesitaba y por nunca dejarme rendirme.

A mi cuñado, por su apoyo, sus consejos y por formar parte de este proceso, brindándome ánimo y confianza en todo momento.

A mi pareja, por ser mi refugio y mi impulso. Gracias por tu paciencia, comprensión y amor, por acompañarme en cada desvelo, por levantarme cuando sentía que no podía más y por motivarme a seguir adelante incluso en los días más difíciles. Tu apoyo ha sido esencial para alcanzar este objetivo.

A todos ustedes, gracias por darme fuerzas cuando más las necesitaba, por impulsarme a seguir creciendo y por ser la razón que me motivó a no rendirme. Este logro es el reflejo del amor, el apoyo y la confianza que siempre me han brindado.

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS:	3
MARCO TEÓRICO	4
MATERIAL Y MÉTODOS	14
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS	49

RESUMEN

La caries dental sigue siendo un problema de salud pública altamente prevalente a nivel mundial, afectando a más del 40% de la población y hasta el 90% en México. A pesar de los avances en su tratamiento, su incidencia no ha disminuido significativamente, lo que ha impulsado el desarrollo de tecnologías emergentes enfocadas en la prevención, diagnóstico temprano y manejo mínimamente invasivo. El objetivo de este estudio fue evaluar las ventajas y desventajas de estas tecnologías mediante una revisión sistemática basada en las directrices PRISMA y la estrategia PICO. Se realizó una búsqueda entre enero y julio de 2025 en bases de datos como ScienceDirect, PubMed y Scopus, incluyendo artículos publicados entre 2020 y 2025 en inglés y español. La calidad metodológica se evaluó con la herramienta JBI, seleccionando estudios con puntuaciones superiores al 80%. De 5,447 registros iniciales, se incluyeron 13 estudios con criterios rigurosos. Los resultados mostraron cinco categorías principales: tecnologías ómicas, inteligencia artificial, tecnologías ópticas y láser, materiales bioactivos y biotecnología. Las tecnologías ómicas, especialmente la metagenómica, permiten identificar biomarcadores de riesgo, aunque su aplicación clínica es limitada por su alto costo. La inteligencia artificial presenta alta precisión diagnóstica, superando métodos tradicionales, pero con riesgos de falsos positivos y dependencia tecnológica. Las tecnologías ópticas y láser permiten la detección temprana no invasiva. Por su parte, los materiales bioactivos como la hidroxiapatita y CPP-ACP favorecen la remineralización del esmalte y reducen la progresión de la enfermedad. El fluoruro diamino de plata al 38% destaca por su eficacia y bajo costo, aunque provoca pigmentación dental. Las vacunas contra caries aún carecen de suficiente evidencia clínica en humanos. En conclusión, estas tecnologías promueven un enfoque preventivo y personalizado, pero su implementación clínica es limitada por costos, falta de evidencia y variabilidad metodológica, requiriéndose estudios más robustos.

Palabra clave: ómicas, materiales bioactivos, remineralización, diamino de plata, tecnologías ópticas.

ABSTRACT

Advantages and disadvantages of different emerging technologies for the prevention of dental caries

Dental caries remains a highly prevalent public health problem worldwide, affecting more than 40% of the population and up to 90% in Mexico. Despite advances in its treatment, its incidence has not significantly decreased, which has driven the development of emerging technologies focused on prevention, early diagnosis, and minimally invasive management.

The aim of this study was to evaluate the advantages and disadvantages of these technologies through a systematic review based on PRISMA guidelines and the PICO strategy. A search was conducted between January and July 2025 in databases such as ScienceDirect, PubMed, and Scopus, including articles published between 2020 and 2025 in English and Spanish. Methodological quality was assessed using the JBI tool, selecting studies with scores above 80%. Out of 5,447 initial records, 13 studies meeting rigorous criteria were included. The results identified five main categories: omics technologies, artificial intelligence, optical and laser technologies, bioactive materials, and biotechnology. Omics technologies, particularly metagenomics, allow the identification of risk biomarkers, although their clinical application is limited by high costs. Artificial intelligence showed high diagnostic accuracy, outperforming traditional methods, but with risks of false positives and technological dependence. Optical and laser technologies enable early non-invasive detection. Bioactive materials such as hydroxyapatite and CPP-ACP promote enamel remineralization and reduce disease progression. Silver diamine fluoride at 38% stands out for its high efficacy and low cost, although it causes dental staining. Vaccines against caries still lack sufficient clinical evidence in humans. In conclusion, these technologies promote a preventive and personalized approach; however, their clinical implementation remains limited due to costs, insufficient evidence, and methodological variability, highlighting the need for more robust studies.

Keywords: omics, bioactive materials, remineralization, silver diamine fluoride, optical technologies.

INTRODUCCIÓN

La caries dental es una enfermedad prevalente, que afecta a más de un tercio de la población mundial, con una prevalencia superior al 40%. (World Health Organization, 2022). En México, el 90% de la población mexicana padece de enfermedades bucales, siendo las caries dentales y la enfermedad periodontal, los padecimientos más comunes, lo que representa un reto para la salud pública y un desafío en términos de prevención y tratamiento. (Gobierno de México. Secretaría de Salud, 2025)

Esta enfermedad resulta de una interacción multifactorial, donde la dieta, la higiene bucodental, la composición microbiológica de la boca y los factores socioeconómicos juegan un papel fundamental en su desarrollo. (Haon, 2024). El manejo clínico ha ido evolucionando hacia la mínima intervención, que enfatiza su detección temprana, la evaluación del riesgo, la remineralización del tejido duro dental y el manejo preventivo óptimo. (Zhang et al., 2024)

En la actualidad, la disminución de esta enfermedad no ha sido satisfactoria, ya que su tratamiento ha reducido solo el 4 % de los casos de caries en las últimas décadas. (Peres et al., 2019) lo que pone de manifiesto la necesidad de innovaciones más eficaces y accesibles.

En las últimas décadas, los avances científicos y tecnológicos han impulsado la aparición de tecnologías emergentes orientadas a la prevención de la caries dental. Estas innovaciones buscan no solo prevenir la desmineralización del esmalte, sino también promover su remineralización y modificar el ecosistema microbiano oral, alineándose con un enfoque más integral y personalizado de la atención odontológica. (Bowen et al., 2021; Cury et al., 2020; Philip et al., 2022).

Sin embargo, a pesar del creciente número de estudios sobre estas tecnologías, existe una notable heterogeneidad en cuanto evidencia clínica robusta, accesibilidad, costo-beneficio, consideraciones éticas y aplicabilidad en distintos contextos clínicos y poblacionales. (Schwendicke et al., 2020; Pitts et al., 2021; Tonetti et al., 2022). Esta diversidad de evidencia dificulta la toma de decisiones informadas por parte de profesionales de la salud, investigadores y responsables de políticas públicas, quienes requieren información sintetizada, crítica y basada en evidencia para orientar sus acciones. (Peres et al., 2020; World Health Organization, 2022).

Ante este panorama, resulta fundamental analizar de manera sistemática la evidencia existente para identificar tanto las ventajas como las limitaciones de dichas tecnologías. La revisión sistemática se posiciona como una herramienta metodológica robusta para sintetizar la información científica disponible, minimizar sesgos y proporcionar conclusiones basadas en evidencia (Page et al., 2021). En particular, la adopción de las directrices PRISMA permite garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigor en el proceso de revisión, desde la formulación de la pregunta de investigación hasta la selección y evaluación crítica de los estudios incluidos (Page et al., 2021).

Por ello, la presente investigación pretende contribuir al fortalecimiento del conocimiento actualizado en el campo de la prevención de caries dentales, al aportar una visión integral sobre las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para estos fines, que facilite la toma de decisiones informadas en la práctica clínica odontológica, la investigación científica y el diseño de políticas públicas orientadas a fortalecer la prevención en salud bucal.

OBJETIVOS:

GENERAL:

Evaluar las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales, a través de una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA con el fin de aportar una visión integral que facilite la toma de decisiones informadas en la práctica clínica, la investigación y el diseño de políticas de salud bucal orientadas a la prevención.

ESPECÍFICOS:

- Diseñar la revisión y estrategia de búsqueda de acuerdo con los criterios de la declaración PRISMA y a la estrategia PICO
- Analizar de manera crítica la información seleccionada y su calidad metodológica a partir de las directrices PRISMA.
- Comparar las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales, a partir del análisis crítico realizado.

MARCO TEÓRICO

Caries dental como problema de salud pública

La caries dental es considerada actualmente una de las enfermedades crónicas no transmisibles más prevalentes a nivel mundial, constituyendo un problema prioritario de salud pública debido a su alta frecuencia, impacto en la calidad de vida y costos asociados a su tratamiento.

Este problema presenta una distribución desigual, con mayor carga en países de ingresos bajos y medianos, donde el acceso a servicios odontológicos preventivos y terapéuticos es limitado (World Health Organization, 2022). Además, la caries dental no solo genera dolor, infección y pérdida dental, sino que también afecta funciones esenciales como la alimentación, el habla y el desarrollo infantil, lo que refuerza su relevancia como problema de salud pública global (World Health Organization, 2022).

En el contexto nacional, México presenta una de las prevalencias más altas de caries dental a nivel mundial. Se ha reportado que aproximadamente el 90% de la población mexicana ha padecido caries en algún momento de su vida, lo que la posiciona como la enfermedad bucodental más frecuente en el país (Secretaría de Salud, 2023). En población infantil, la situación es particularmente preocupante, ya que más del 70% de los niños menores de seis años presentan caries dental, evidenciando un problema temprano y persistente (World Health Organization, 2022).

Estudios epidemiológicos en población mexicana han mostrado prevalencias elevadas desde edades tempranas. Por ejemplo, investigaciones en niños y adolescentes reportan una prevalencia cercana al 66.9%, con índices significativos de dientes cariados, perdidos y obturados (CPOD), lo que refleja una carga importante de enfermedad incluso en etapas iniciales de la vida (Pérez et al., 2021).

Aunque algunos estudios recientes sugieren una ligera tendencia a la disminución en las últimas décadas, la prevalencia sigue siendo elevada, alcanzando valores de hasta 88.5% en ciertos grupos poblacionales (Marquez et al., 2023). Esta situación refleja la necesidad de fortalecer la vigilancia epidemiológica y desarrollar estrategias innovadoras, efectivas y preventivas específicas para la población.

En este sentido, el desarrollo y evaluación de tecnologías emergentes representa una oportunidad clave para reducir la carga de esta enfermedad y mejorar los indicadores de salud bucal.

Fisiopatología de la caries dental

La caries dental es una enfermedad dinámica, multifactorial y biofilm-dependiente, caracterizada por la desmineralización progresiva de los tejidos duros del diente como resultado de la interacción entre microorganismos, sustratos fermentables, el huésped y el tiempo (Bowen et. al., 2021) (Pitts et. al., 2021). Actualmente, se reconoce que su desarrollo no depende de un único agente etiológico, sino de un desequilibrio ecológico del microbioma oral, conocido como disbiosis, en el que predominan bacterias acidogénicas y acidúricas (Philip et. al., 2022).

Formación del biofilm dental

El proceso inicia con la formación de la película adquirida sobre la superficie dental, compuesta por proteínas salivales que facilitan la adhesión bacteriana. Posteriormente, se establece el biofilm dental, una estructura organizada de microorganismos inmersos en una matriz extracelular que les confiere protección y estabilidad (Bowen et. al., 2021).

Dentro de este biofilm, diversas especies bacterianas interactúan entre sí. Aunque históricamente se ha asociado la caries con *Streptococcus mutans*, actualmente se reconoce la participación de múltiples microorganismos, como *Lactobacillus* spp., *Actinomyces* y otras bacterias acidogénicas (Philip et. al., 2022).

Metabolismo bacteriano y producción de ácidos

Cuando se consumen carbohidratos fermentables, especialmente azúcares simples como la sacarosa, las bacterias del biofilm los metabolizan produciendo ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico. Este proceso provoca una disminución del pH en la superficie dental por debajo del nivel crítico (~5.5), lo que favorece la disolución de los cristales de hidroxiapatita del esmalte (Pitts et. al., 2021) (Cury et. al., 2020).

La frecuencia y duración de estos episodios ácidos son determinantes en el desarrollo de la caries. Una exposición continua a azúcares genera un ambiente ácido sostenido que impide la recuperación del equilibrio mineral del esmalte (Cury et. al., 2020).

Desmineralización y remineralización

La fisiopatología de la caries se basa en un proceso dinámico de pérdida y ganancia de minerales. La desmineralización ocurre cuando los ácidos disuelven el calcio y fosfato del esmalte dental. En contraste, la remineralización es un proceso natural mediado por la saliva, que aporta minerales y ayuda a neutralizar el pH (Pitts et. al., 2021).

El flúor desempeña un papel fundamental en este equilibrio, ya que favorece la formación de fluorapatita, un mineral más resistente a la disolución ácida. Sin embargo, cuando los episodios de desmineralización superan la capacidad remineralizante, se produce una pérdida neta de mineral que conduce a la formación de lesiones cariosas (Cury et. al., 2020).

Disbiosis del microbioma oral

El concepto ecológico de la caries plantea que la enfermedad es consecuencia de cambios en el equilibrio del microbioma oral, más que de la presencia de un patógeno específico. Factores como la dieta rica en azúcares, la disminución del flujo salival y la higiene deficiente favorecen la selección de bacterias acidogénicas, alterando la composición del biofilm (Philip et. al., 2022). Este cambio hacia un microbiota más cariogénico incrementa la producción de ácidos y reduce la capacidad de neutralización del medio, perpetuando el proceso de desmineralización (Bowen et. al, 2021).

Progresión de la lesión cariosa

En sus etapas iniciales, la caries se manifiesta como una lesión de mancha blanca, que representa una desmineralización subsuperficial del esmalte. En esta fase, el proceso es reversible mediante intervenciones preventivas (Pitts et. al., 2021).

Si el proceso continúa, la lesión progresa hacia la cavitación, afectando primero el esmalte y posteriormente la dentina, donde la estructura orgánica facilita una progresión más rápida debido a la mayor susceptibilidad del tejido (Cury et. al., 2020). En etapas avanzadas, la

infección puede alcanzar la pulpa dental, generando inflamación, dolor e incluso complicaciones sistémicas si no se trata oportunamente.

Factores moduladores del proceso carioso

Diversos factores influyen en la fisiopatología de la caries, entre ellos:

- Saliva: actúa como un sistema protector mediante la neutralización de ácidos, la limpieza mecánica y el aporte de minerales (Pitts et. al.,2021).
- Dieta: el consumo frecuente de azúcares fermentables es uno de los principales factores de riesgo (Cury et. al., 2020).
- Tiempo: la exposición prolongada a condiciones ácidas incrementa el riesgo de lesión.
- Factores del huésped: incluyen la morfología dental, la composición del esmalte y el estado inmunológico.

En conjunto, la fisiopatología de la caries dental refleja un proceso complejo y dinámico en el que intervienen múltiples factores. La comprensión de estos mecanismos ha permitido el desarrollo de nuevas estrategias preventivas, incluyendo tecnologías emergentes dirigidas no solo a controlar la desmineralización, sino también a modular el microbioma oral y favorecer la remineralización, lo que representa un cambio de paradigma en el abordaje de esta enfermedad.

Enfoques tradicionales en la prevención de caries

La prevención de la caries dental se ha basado históricamente en un conjunto de intervenciones dirigidas a controlar los factores etiológicos de la enfermedad, principalmente el biofilm dental, la dieta rica en azúcares fermentables y la susceptibilidad del huésped. Estos enfoques tradicionales han demostrado eficacia en la reducción de la incidencia de caries; sin embargo, presentan limitaciones que han impulsado el desarrollo de nuevas estrategias preventivas (Peres et. al., 2020) (Pitts et. al.,2021).

Uso de fluoruros

El uso de fluoruros es considerado la piedra angular en la prevención de la caries dental. Su mecanismo de acción se centra en la inhibición de la desmineralización, la promoción de la remineralización y la interferencia con el metabolismo bacteriano (Cury et. al., 2020). El flúor favorece la formación de fluorapatita, un mineral más resistente a la disolución ácida que la hidroxiapatita del esmalte dental.

Las principales formas de administración incluyen dentífricos fluorados, enjuagues bucales, geles, barnices y fluoruración del agua. La evidencia científica ha demostrado que el uso regular de pasta dental con flúor reduce significativamente la prevalencia de caries tanto en niños como en adultos (Pitts et. al., 2021). No obstante, su efectividad depende en gran medida de la adherencia del paciente y del acceso continuo a estos productos.

Higiene bucal mecánica

El control mecánico del biofilm dental mediante el cepillado dental y el uso de hilo dental constituye una estrategia fundamental para prevenir la caries. Estas prácticas permiten remover la placa bacteriana y disminuir la carga microbiana en la superficie dental (Peres et. al., 2020).

El cepillado dental adecuado, al menos dos veces al día con dentífrico fluorado, es una de las recomendaciones más ampliamente aceptadas a nivel mundial. Sin embargo, su efectividad está condicionada por factores como la técnica de cepillado, la frecuencia y la educación del paciente, lo que puede limitar su impacto en ciertas poblaciones (Pitts et. al., 2021).

Control de la dieta

La dieta desempeña un papel determinante en el desarrollo de la caries dental, particularmente el consumo frecuente de azúcares libres. La fermentación de estos azúcares por las bacterias del biofilm genera ácidos que favorecen la desmineralización del esmalte (World Health Organization, 2025).

Las estrategias preventivas tradicionales incluyen la reducción en la frecuencia de consumo de azúcares, la promoción de dietas equilibradas y la educación nutricional. Organismos internacionales recomiendan limitar la ingesta de azúcares libres a menos del 10% de la

ingesta calórica total, e idealmente por debajo del 5% para reducir el riesgo de caries (World Health Organization, 2025).

Selladores de fosas y fisuras

Los selladores dentales son materiales resinosos o ionoméricos que se aplican sobre las superficies oclusales de los dientes posteriores para prevenir la acumulación de biofilm en zonas de difícil acceso. Esta estrategia es especialmente efectiva en niños y adolescentes, ya que protege las áreas más susceptibles a la caries (Pitts et. al.,2021).

Diversos estudios han demostrado que los selladores pueden reducir la incidencia de caries en superficies oclusales hasta en un 80% en los primeros años después de su aplicación (Pitts et. al.,2021). Sin embargo, su efectividad depende de su correcta colocación y mantenimiento a lo largo del tiempo.

Educación para la salud bucal

La educación en salud bucal es un componente clave en la prevención de la caries dental, ya que busca modificar conductas y promover hábitos saludables en la población. Incluye intervenciones dirigidas a mejorar la higiene oral, reducir el consumo de azúcares y fomentar el uso de fluoruros (Peres et. al., 2020).

No obstante, aunque la educación es fundamental, por sí sola no siempre logra cambios sostenidos en el comportamiento, especialmente en contextos con limitaciones socioeconómicas, lo que resalta la necesidad de estrategias complementarias (World Health Organization, 2022)

Limitaciones de los enfoques tradicionales

A pesar de su efectividad comprobada, los enfoques tradicionales presentan diversas limitaciones:

- Dependencia de la adherencia del paciente
- Desigualdad en el acceso a servicios de salud bucal
- Persistencia de altas tasas de caries en poblaciones vulnerables
- Enfoque principalmente reactivo más que preventivo integral

Estas limitaciones han evidenciado la necesidad de desarrollar estrategias innovadoras que aborden la caries desde un enfoque más integral, personalizado y basado en la modificación del microbioma oral y los procesos biológicos subyacentes (World Health Organization, 2022).

En conjunto, los enfoques tradicionales han sido fundamentales para el control de la caries dental a nivel poblacional; sin embargo, la persistencia de la enfermedad como problema de salud pública global pone de manifiesto la necesidad de complementar estas estrategias con tecnologías emergentes que permitan mejorar su efectividad y alcance.

Estas intervenciones han demostrado ser efectivas; sin embargo, presentan limitaciones como la adherencia del paciente, acceso a servicios de salud y variabilidad en la respuesta individual.

Ante estas limitaciones, ha surgido la necesidad de incorporar nuevas tecnologías que permitan mejorar la prevención, personalizar tratamientos y optimizar resultados.

Enfoque actual de la prevención de caries

En la actualidad, la prevención de la caries dental ha evolucionado desde un enfoque tradicional centrado en intervenciones restaurativas hacia un modelo integral basado en la prevención, detección temprana y manejo mínimamente invasivo, con énfasis en el control de factores de riesgo individuales y poblacionales.

Este enfoque moderno se sustenta en la comprensión de la caries como una enfermedad dinámica, multifactorial y biofilm-dependiente, en la que interactúan factores biológicos, conductuales y ambientales. lo que ha permitido desarrollar estrategias más específicas y personalizadas. (Yeh et. al., 2025) (Unterbrink et. al.,2023). (Pitts et. al., 2021)

El enfoque contemporáneo prioriza la interrupción del proceso de desmineralización antes de la cavitación, lo que implica identificar lesiones en estadios iniciales y aplicar medidas preventivas no invasivas, es por ello que la detección temprana resulta crucial para evitar la progresión de la enfermedad y preservar la estructura dental (Serban et. al., 2022). Además, se ha promovido el uso de sistemas de clasificación como ICDAS (International Caries Detection and Assessment System). y modelos de evaluación de riesgo de caries, que permiten personalizar las intervenciones según el perfil del paciente.

En este contexto, las tecnologías emergentes han cobrado relevancia como herramientas complementarias que facilitan la detección temprana, el monitoreo de lesiones y la toma de decisiones clínicas basadas en datos objetivos, consolidándose como un componente fundamental del enfoque preventivo contemporáneo.

Tecnologías emergentes en la prevención de caries

Las tecnologías emergentes en la prevención de la caries dental han surgido como respuesta a las limitaciones de los métodos diagnósticos y preventivos tradicionales. Estas tecnologías se caracterizan por ser no invasivas, de alta sensibilidad y orientadas a la detección temprana, lo que permite intervenir antes de la aparición de cavidades (Serban et. al., 2022) y representan una respuesta innovadora a las demandas del enfoque actual de la prevención de caries. Estas tecnologías no sustituyen el enfoque actual, sino que lo complementan y potencian, permitiendo avanzar hacia una odontología más predictiva, preventiva y personalizada, en concordancia con los principios de la medicina de precisión.

Entre las principales tecnologías destacan los sistemas basados en fluorescencia láser, cámaras de fluorescencia, transiluminación con luz cercana al infrarrojo, espectroscopía de impedancia eléctrica y la tomografía de coherencia óptica (OCT). Estas herramientas permiten identificar lesiones incipientes con mayor precisión que los métodos visuales o radiográficos convencionales, los cuales presentan limitaciones en la detección de lesiones no cavitadas (Serban et. al., 2022). Por ejemplo, la OCT ha demostrado una alta capacidad diagnóstica con valores elevados de sensibilidad y especificidad, posicionándose como una de las tecnologías más prometedoras.

Otra área relevante es la incorporación de la inteligencia artificial (IA) en la odontología, particularmente en el análisis de imágenes radiográficas y fotografías intraorales. Los modelos de aprendizaje profundo han mostrado potencial para mejorar la precisión diagnóstica y reducir la variabilidad entre operadores, facilitando la toma de decisiones clínicas y el seguimiento de lesiones a lo largo del tiempo (Schwendicke et. al., 2022).

Además, se han desarrollado tecnologías dirigidas a la modulación del microbioma oral, como probióticos, péptidos antimicrobianos y biomateriales inteligentes, que buscan restablecer el equilibrio ecológico de la cavidad oral en lugar de eliminar indiscriminadamente las bacterias. Este enfoque ecológico representa un cambio

significativo respecto a las estrategias tradicionales basadas en agentes antimicrobianos (Bretz y Odila, 2011).

También destacan innovaciones como los sistemas de liberación controlada de fluoruro, barnices mejorados, selladores bioactivos y materiales remineralizantes (por ejemplo, nanopartículas de calcio y fosfato), los cuales contribuyen a la reparación de lesiones iniciales y fortalecen la estructura dental. (Sleem et. al., 2025) (Abdalla et. al., 2023)

A pesar de sus ventajas, estas tecnologías presentan algunas limitaciones, como costos elevados, necesidad de capacitación especializada y variabilidad en la evidencia clínica disponible. Diversos estudios han señalado la heterogeneidad en los resultados y la necesidad de investigaciones adicionales bien diseñadas para confirmar su eficacia en la práctica clínica (Serban et. al., 2022).

Importancia de la revisión sistemática bajo PRISMA

Las revisiones sistemáticas constituyen uno de los niveles más altos de evidencia científica en el ámbito de las ciencias de la salud, ya que permiten identificar, evaluar y sintetizar de manera rigurosa la información disponible sobre una pregunta de investigación específica. A diferencia de las revisiones narrativas, este tipo de estudios emplea métodos explícitos y reproducibles que reducen el sesgo y mejoran la validez de los hallazgos (Page et. al., 2021).

En este contexto, la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) se ha consolidado como el estándar internacional para la elaboración y reporte de revisiones sistemáticas. La actualización más reciente, PRISMA 2020, proporciona una guía estructurada que incluye una lista de verificación de 27 ítems y un diagrama de flujo, los cuales facilitan la transparencia, exhaustividad y reproducibilidad del proceso de revisión (Page et. al., 2021). Su implementación permite describir con claridad aspectos clave como la estrategia de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión, el proceso de selección de estudios y la evaluación del riesgo de sesgo.

La aplicación de PRISMA es especialmente relevante en investigaciones relacionadas con tecnologías emergentes en salud, como las utilizadas en la prevención de caries dentales, donde existe una rápida generación de evidencia y una alta heterogeneidad metodológica. En estos casos, el uso de una revisión sistemática bajo PRISMA permite integrar resultados

provenientes de diferentes diseños de estudio, identificar vacíos de conocimiento y establecer conclusiones basadas en evidencia sólida (Ioannidis, 2020).

Además, las revisiones sistemáticas guiadas por PRISMA contribuyen a la toma de decisiones informadas en la práctica clínica, la formulación de políticas de salud y el desarrollo de futuras investigaciones. Al sintetizar la evidencia disponible, estos estudios facilitan la selección de intervenciones más efectivas y seguras, optimizando los recursos en los sistemas de salud y mejorando la calidad de la atención (Page et. al., 2021).

Otro aspecto importante es que PRISMA promueve la estandarización en la presentación de resultados, lo que permite a los lectores evaluar críticamente la calidad metodológica de la revisión y reproducir el estudio si es necesario. Esto resulta fundamental en el contexto actual de la odontología basada en la evidencia, donde la confiabilidad de la información es un elemento clave para la implementación de nuevas tecnologías preventivas.

En síntesis, la adopción de la metodología PRISMA en revisiones sistemáticas representa una herramienta esencial para garantizar la rigurosidad científica, la transparencia y la utilidad práctica de la evidencia, particularmente en campos en constante evolución como la prevención de la caries dental mediante tecnologías emergentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de la revisión y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de artículos publicados según los criterios de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009) y la estrategia PICO (Población, Intervención, Comparación, Resultado). (Da Costa et al., 2007)

La búsqueda se realizó en el período de enero a julio del 2025 en bases de datos como Science Direct, PubMed, LILACS, Wiley y Springer. Se eligieron estas bases de datos porque incluyen un gran número de artículos en el ámbito de las ciencias de la salud.

Las palabras claves utilizadas para la búsqueda se muestran en la Tabla 1. Los filtros aplicados durante las búsquedas incluyeron artículos publicados en inglés y español.

Tabla I Palabras claves utilizadas en la búsqueda

Categoría	Términos buscados
S	Ingles: " dental caries " OR " emerging technologies " OR " caries prevention" Español: "caries dentales" O "tecnologías emergentes" O "prevención de caries"
O	Ingles: "most used emerging technologies in caries prevention" OR "advantages and disadvantages of emerging technologies in the prevention of dental caries" OR "most effective emerging technologies for caries prevention" OR "clinical research in caries prevention" Español: "tecnologías emergentes más usadas en la prevención de caries" O "ventajas y desventajas de las tecnologías emergentes en la prevención de caries dentales" O "tecnologías emergentes más efectivas para la prevención de caries" O "investigaciones clínicas en la prevención de caries"
P	Ingles: "pediatric and adult patients "OR "pediatric or adult patients with dental caries." Español: "pacientes pediátricos y adultos" O pacientes pediátricos o adultos con caries dentales"

(S)= fenómeno que se desea estudiar

(O)= Propósito del estudio o fenómeno

(P)=población objeto y su contexto

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Artículos de investigación, revisión sistemática y metanálisis publicados en inglés y español con texto completo entre enero del 2020 y julio de 2025.
- Artículos publicados en revistas revisadas por pares.
- Estudios que describen tecnologías emergentes para la prevención de caries.

Criterios de exclusión:

- Cartas al director, libros, editorial.
- Artículos que no incluyan pacientes en tratamiento o la participación de profesionales sanitarios.
- Artículos con tecnologías emergentes utilizadas en otras áreas distintas a la odontología.
- Artículos duplicados

Selección de artículos

Después de realizada la revisión bibliográfica en las bases de datos seleccionadas, dos investigadores llevaron a cabo de forma independiente el proceso de selección de artículos por títulos y resúmenes. Luego se consultó al tercer autor y se llegó al consenso. Los duplicados fueron detectados y eliminados después de la búsqueda inicial. Posteriormente, se seleccionaron los resúmenes, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión y la pregunta de investigación mediante la estrategia PICO (P de problema o paciente, I de intervención a analizar, C de comparación y O de outcomes o resultados).

Tras la selección de los resúmenes, se seleccionaron los textos completos de los artículos seleccionados.

Extracción de datos

Los datos de los artículos elegidos fueron extraídos por dos revisores mediante un formato estandarizado basado en la declaración PRISMA, que recogió la siguiente información: autor, fecha de publicación, país o estado donde se realizó la investigación, objetivo, metodología, resultados y conclusiones.

Análisis crítico de la información seleccionada y su calidad metodológica

Se realizó el análisis de la información seleccionada y su calidad metodológica, así como el riesgo de sesgo en el diseño, realización y análisis de cada uno de los artículos seleccionados. El análisis fue realizado de forma rigurosa por dos evaluadores críticos utilizando la Herramienta de Valoración Crítica (Critical Appraisal Tool: CAT) del JBI (Joanna Briggs Institute). (JBI, 2025)

Se incluyeron todos los artículos con una puntuación positiva en el 80% de los ítems incluidos. Para la síntesis y análisis de datos se importaron todos los artículos de Mendeley y se exportaron al software Rayyan para realizar el análisis descriptivo preliminar.

Comparación de las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales.

A partir del análisis descriptivo preliminar, se identificaron las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías emergentes para la prevención de caries dentales, resumiendo las mismas, de acuerdo a los resultados principales referidos en los artículos seleccionados.

RESULTADOS

Diseño de la revisión y estrategia de búsqueda

El diseño de la revisión y estrategia de búsqueda permitió identificar un total de 5447 registros. Con el apoyo del software Mendeley, se eliminaron 2648 registros duplicados, quedando un total de 2799 artículos, que fueron introducidos en Rayyan para su revisión por título y resumen, siendo eliminados, 1154 por no ser artículos de investigación, revisión sistemática y metanálisis, 688 por no incluir pacientes en tratamiento o la participación de profesionales sanitarios y 865 por ser artículos con tecnologías emergentes utilizadas en otras áreas distintas a la odontología, quedando 92 artículos que fueron revisados en texto completo. (Figura 1).

Análisis crítico de la información seleccionada y su calidad metodológica

Tras leer los 92 artículos que fueron revisados en texto completo, se excluyeron 65, porque no obtuvieron una puntuación positiva en más del 80% de las preguntas del instrumento JBI- Critical Appraisal Checklist, quedando 27 artículos finales, con los cuales se procedió a la construcción de la tabla resumen (Tabla II)

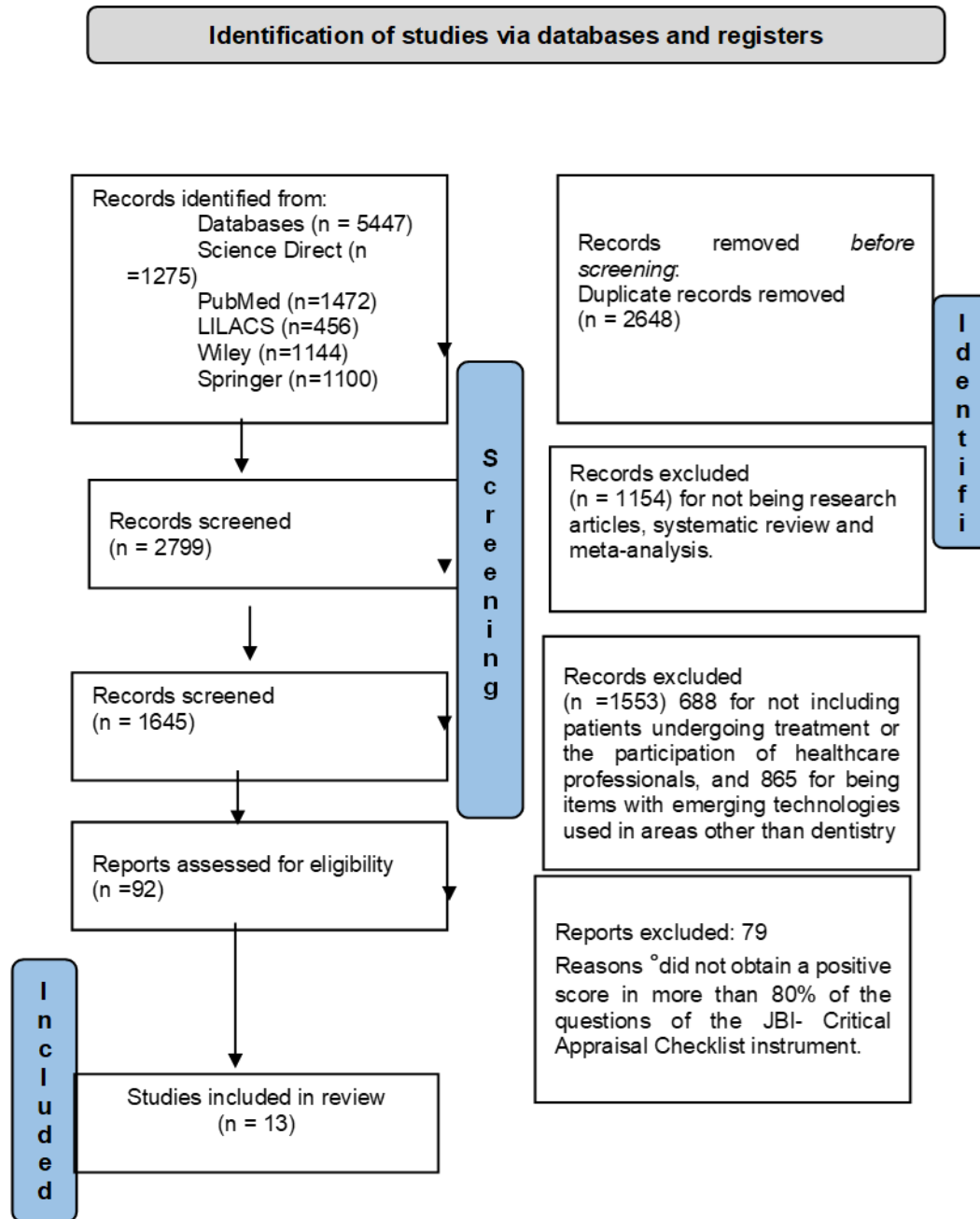


Figura 1: Diagrama de flujo para revisión sistemática basada en PRISMA

Source: Adapted from the systematic review of the PRISMA 2020 flowchart.⁹ (Page MJ, et al. BMJ 2021;372: n71. doi: 10.1136/bmj.n7)

TABLA II Resumen de estudios incluidos en la revisión sistemática

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
1	Zhang JS et al., 2024	China. Hong Kong,	Tecnologías Ómicas	Revisión crítica de la literatura con análisis bibliométrico para evaluar aplicaciones ómicas en la investigación de cariológia, mediante una búsqueda sistemática en base de datos científicas internacionales. El análisis consideró indicadores como número de publicaciones y tendencias temporales, países e instituciones líderes, redes de colaboración y áreas emergentes de investigación, lo que permitió obtener una visión integral de la evolución y el desarrollo del campo.	Se incluyeron un total de 922 publicaciones con una o más tecnologías. Los resultados evidenciaron un crecimiento sostenido en el uso de tecnologías ómicas en la investigación de caries dental, especialmente en microbiómica y metabolómica. La (meta)genómica (73%) es la tecnología ómica predominante aplicada para la investigación cariológica. Otras tecnologías ómicas aplicadas son la metabolómica (12%), la proteómica (11%) y la transcriptómica (8 %). El análisis bibliométrico mostró una concentración de la producción científica en países desarrollados y una creciente colaboración interdisciplinaria.	Los autores concluyen que las tecnologías ómicas han transformado la comprensión tradicional de la caries dental, superando el enfoque centrado en microorganismos individuales y promoviendo una visión ecológica y sistémica de la enfermedad, ya que han permitido identificar biomarcadores potenciales, perfiles microbianos asociados al riesgo de caries y vías metabólicas involucradas en los procesos de desmineralización y remineralización. Estas herramientas ofrecen un alto potencial para el desarrollo de estrategias preventivas personalizadas, diagnóstico temprano y manejo basado en el riesgo. Sin embargo, enfatizan la necesidad de integrar los hallazgos ómicos con datos clínicos y epidemiológicos para su adecuada aplicación en la práctica odontológica

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
2	Menéndez OL. et al., 2023	Ecuador	Inteligencia artificial para el diagnóstico de la caries dental	Revisión bibliográfica y metaanálisis de artículos científicos publicados entre agosto de 2019 y agosto de 2024, obtenidos mediante una búsqueda sistemática en la base de datos PubMed utilizando términos relacionados con caries dental, etiología, factores de riesgo y prevención en adultos.	Se destaca el papel emergente de la inteligencia artificial (IA) y las herramientas digitales como apoyo en el diagnóstico y manejo personalizado de la caries, permitiendo predicciones de riesgo más específicas, así como la optimización del diagnóstico temprano de caries, superando limitaciones de los métodos tradicionales. Se hace referencia a los modelos basados en <i>deep learning</i> y redes neuronales convolucionales que alcanzan mayor precisión, sensibilidad y especificidad en la detección de caries a partir de radiografías comparado con métodos convencionales. También se establecen desafíos claves con la IA como la necesidad de grandes bases de datos estandarizadas, las dificultades para generalizar modelos fuera de los entornos originales de desarrollo y problemas de ética y regulación en la práctica clínica.	Los autores concluyen que, aunque las estrategias preventivas tradicionales (fluoruro, higiene bucal, educación sanitaria) siguen siendo eficaces, su efectividad puede mejorar mediante un enfoque multidisciplinario e integral que considere factores locales y sistémicos, así como la incorporación de tecnologías emergentes. Subrayan la necesidad de adaptar las intervenciones a las características de cada individuo adulto, especialmente en escenarios con condiciones de salud complejas o alta carga de enfermedades crónicas. Finalmente, se enfatiza la importancia de futuras investigaciones que integren datos clínicos y tecnológicos para optimizar la prevención y manejo de la caries dental en esta población.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
3	Salama M. et al., 2022	Egipto. Cairo	Cámara de fluorescencia de alta definición vista proof IX HD SMART.	Estudio clínico comparativo que evalúa la eficacia clínica de una cámara de fluorescencia de alta definición como herramienta diagnóstica para la detección de caries oclusales iniciales, comparándola con el examen visual convencional (ICDAS o similar). Se realiza la evaluación clínica combinada y/o validación histológica o radiográfica y se analizan las variables: sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica para caries oclusales tempranas.	La cámara de fluorescencia tuvo mayor sensibilidad para detectar caries oclusales iniciales en comparación con el examen visual, capacidad superior para identificar lesiones subsuperficiales no visibles clínicamente, redujo el riesgo de falsos negativos, especialmente en lesiones incipientes de esmalte y una buena concordancia inter observador gracias a la visualización objetiva. Con los siguientes resultados: Lesiones en esmalte: sensibilidad del 48%, especificidad 100%, precisión global 67%, AUC 0,112. Lesiones de dentina: sensibilidad 95-100%, especificidad de 0-48%, AUC 0,814-0,888.	La cámara de fluorescencia de alta definición vista proof Ix HD Smart en lesiones cariosas ICDAS II, es una herramienta eficaz y complementaria al examen clínico tradicional para la detección de caries oclusales tempranas especialmente en dentina. Su uso puede mejorar la toma de decisiones clínicas y favorecer tratamientos preventivos en lugar de restauradores.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
4	Richa et. al., 2025	India	Avances innovadores en materiales bioactivos remineralizantes como casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) e hidroxiapatita, sistemas de liberación prolongada de fluoruro, péptidos antimicrobianos y probióticos, resinas adhesivas mejoradas y sellantes, así como dispositivos portátiles para detección temprana y seguimiento de lesiones cariosas.	Revisión sistemática que integra múltiples fuentes científicas sobre estrategias preventivas recientes. No implica un estudio experimental o ensayos clínicos propios, sino recopilación y síntesis de evidencia publicada sobre tecnologías avanzadas y materiales usados.	El flúor sigue siendo el principal material para la prevención de caries, los nuevos materiales bioactivos con hidroxiapatita revierten las lesiones cariosas tempranas y las resinas de nueva generación permiten mejor efectividad en el sellado. El uso de probióticos y péptidos antimicrobianos facilita el equilibrio oral y la presencia de bacterias cariogénicas en la cavidad bucal. Estos avances tecnológicos y de materiales han mejorado la eficacia preventiva de compuestos tradicionales como el fluoruro con nuevos sistemas de entrega, incrementan la remineralización del esmalte mediante bioactivos, reducen la necesidad de tratamientos restauradores, protegen de manera más duradera fisuras oclusales con sellantes y resinas avanzadas, manipulan el microbioma oral hacia un equilibrio menos cariogénico, facilitan el diagnóstico temprano y el seguimiento clínico con herramientas tecnológicas.	Los avances en materiales innovadores como probióticos, flúor, materiales bioactivos remineralizantes, resinas adhesivas mejoradas, sellantes y dispositivos portátiles han facilitado una transición de un enfoque restaurador tradicional a uno preventivo y mínimamente invasivo. El uso combinado de estas nuevas tecnologías y materiales bioactivos tiene el potencial de reducir significativamente la prevalencia de caries si se integran en la práctica clínica y la salud pública.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
5	Alqutaibi y Al-Zaghruri, 2025	Arabia Saudita. Taibah	Inteligencia Artificial aplicada en el diagnóstico de caries por radiografías bitewing digitales.	Revisión sistemática crítica con metaanálisis que evalúa la aplicación de modelos de inteligencia artificial (IA) en la detección de caries dentales mediante radiografías bitewing digitales que recopila métricas de rendimiento como sensibilidad, especificidad y otras medidas diagnósticas de cada algoritmo y destaca tanto su potencial clínico como las limitaciones metodológicas actuales.	La IA es una excelente herramienta para detectar radiografías de bitewing, los modelos evaluados lograron alta sensibilidad en el diagnóstico de lesiones cariosas. La especificidad fue alta pero variable por lo que no sustituye la evaluación clínica tradicional, pueden existir falsos positivos. Los autores subrayan que, aunque los modelos muestran potencial, no hay evidencia suficientemente sólida aún para aplicar IA sin supervisión clínica.	La inteligencia artificial puede ser una herramienta útil para la detección de caries en radiografías bitewing, ayudando a mejorar la sensibilidad diagnóstica y a reducir la carga de trabajo clínico. Los autores enfatizan que aún se requieren estudios prospectivos, con mayor rigor metodológico y con validación clínica amplia para realmente confirmar la utilidad clínica de estas herramientas. La IA podría ayudar como herramienta auxiliar, pero no debe reemplazar la evaluación de un profesional dental.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
7	Limeback H. et. al., 2021.	Canadá. Toronto	Hidroxiapatita biomimética (HAP)	Revisión sistemática de la literatura y metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) que evaluaron productos para el cuidado bucal con HAP frente a controles con fluoruro, placebo o sin agentes anticaries. La revisión sistemática siguió las guías PRISMA para selección de estudios y GRADE para evaluar la calidad de la evidencia. De 291 publicaciones identificadas, 22 cumplieron criterios de revisión y 5 eran ensayos clínicos, de los cuales 4 eran ECA y 3 tenían datos suficientes para metaanálisis.	El metaanálisis de 3 ECA mostró que los productos con HAP ofrecieron aproximadamente 17 % de protección contra la caries comparado con controles sin HAP. Otros 17 ensayos proporcionaron medidas indirectas (como disminución de biofilm o incremento de depósito mineral), apoyando que HAP influye favorablemente en factores relacionados con el desarrollo de caries. Algunos estudios indicaron que los productos con HAP no fueron inferiores a los que contienen fluoruro, sugiriendo eficacia similar en ciertos contextos.	La evidencia clínica disponible indica que la hidroxiapatita biomimética en productos de higiene oral reduce eficazmente el riesgo de caries incluso sin fluoruro. Aunque los datos son prometedores, los autores destacan la necesidad de más ensayos clínicos bien controlados y de mayor tamaño, especialmente comparaciones directas con productos fluorados para consolidar la evidencia. La alternativa con HAP es especialmente atractiva para niños pequeños u otras poblaciones donde se quiere evitar la ingesta de fluoruro, debido a su perfil de seguridad si se traga.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
8	Phonghanyudh A. et al.,2022	Tailandia	Fluoruro diamino de plata al 38 % (SDF)	Ensayo clínico aleatorizado y controlado con análisis "intención de tratar" en 290 niños de 1 a 3 años con al menos una superficie de esmalte cariado. Se conformaron 2 grupos: Grupo 1: Aplicación cada 6 meses de 38 % SDF. Grupo 2: Aplicación de barniz de flúor al 5 % (NaF) cada 6 meses. La evaluación fue mediante exámenes visuales y táctiles para determinar si la lesión de esmalte no progresaba hacia dentina, lo que se consideró "caries arrestada".	La tasa de detención de caries para SDF al 38 % fue de 59.1% y para el Barniz de NaF al 5 % de 58.8 %. La diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.873$), lo que indica que ambos tratamientos detuvieron la progresión de manera muy similar. La ubicación del diente, tipo de superficie, extensión de la lesión inicial, experiencia previa de caries y el uso de pasta dental con flúor influyeron en la probabilidad de detener la caries ($p < 0.05$). No se registraron efectos secundarios significativos, y la satisfacción de los padres con la apariencia dental no cambió entre el inicio y el final del estudio para ninguno de los grupos.	Ambas tecnologías fueron eficaces para detener la progresión de caries, ambos métodos son seguros, económicos y útiles en programas comunitarios.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
9	Pérez D. et al., 2022	Ecuador Cuenca	Vacunas experimentales contra la caries dental con biotecnología	Revisión narrativa de la literatura científica, realizada en bases de datos biomédicas y odontológicas, que incluyen estudios experimentales en animales y ensayos clínicos preliminares en humanos. Se analizan los tipos de vacunas anticaries, los antígenos utilizados, la vía de administración y su efectividad en la reducción de colonización bacteriana y lesiones de caries.	Las vacunas anticaries han demostrado eficacia en modelos animales, logrando reducir significativamente los niveles de <i>Streptococcus mutans</i> y la incidencia de caries. En humanos, los estudios son limitados y mayormente experimentales, mostrando resultados prometedores en la producción de anticuerpos salivales (IgA), pero sin evidencia clínica concluyente de reducción sostenida de caries. La inmunización pasiva (anticuerpos administrados directamente) ha mostrado efectos temporales, mientras que la inmunización activa enfrenta retos de duración y especificidad de la respuesta inmune. Persisten dificultades relacionadas con la seguridad, estabilidad inmunológica y aceptación clínica.	Las vacunas contra la caries dental constituyen una alternativa preventiva prometedora, con un enfoque biológico innovador que podría complementar o reforzar las estrategias tradicionales de prevención. Sin embargo, la evidencia actual es insuficiente para su aplicación clínica rutinaria, especialmente en humanos. Se requieren ensayos clínicos controlados, de mayor tamaño y seguimiento a largo plazo, que evalúen eficacia, seguridad y posibles efectos adversos.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
10	Ran, Y. et. al., 2024	China Wenzhou	Hidrogel multifuncional BP@CP5	Estudio experimental en ratas, El hidrogel se sintetiza combinando catecol-modificado quitosano (CHI-CS) y polímero PLGA-PEG-PLGA para formar una matriz hidrogel biocompatible con capacidad de adhesión acuosa y se incorporan nanoláminas de fósforo negro (BPNs) Se caracteriza su estructura, adherencia, gelificación, infiltración y propiedades fisicoquímicas mediante técnicas como SEM, TEM, DLS y análisis reológico. Se realiza la evaluación de las propiedades funcionales <i>in vitro</i> para medir la capacidad del	BP@CP5 mostró adhesión firme al esmalte húmedo durante más de 24 h, superior a los barnices tradicionales. El hidrogel mantuvo estabilidad en ambiente húmedo y mostró excelente inyectabilidad y penetración en fisuras profundas del esmalte. Bajo irradiación NIR, BP@CP5 logró eliminar alrededor de 99 % de <i>S. mutans</i> y <i>S. sanguinis</i> en ensayos <i>in vitro</i>. Durante la degradación del hidrogel, se liberaron iones PO_4^{3-}, favoreciendo la formación de una capa mineralizada densa en el esmalte desmineralizado. El material remineralizado mostró relación Ca: P y dureza similares al esmalte sano, mejores que el grupo control (barniz). En ratas, el grupo tratado con BP@CP5 presentó menor formación de caries, menor severidad y mayor preservación del esmalte que los controles. El uso del hidrogel fue seguro y biocompatible sin efectos adversos detectables.	El hidrogel BP@CP5 representa una estrategia terapéutica prometedora para la prevención de caries, al combinar una adhesión efectiva incluso en ambientes salivales húmedos, con la eliminación rápida y eficaz de bacterias cariogénicas mediante fototermia, la promoción de remodelación y recuperación del esmalte dental vía liberación de fosfato y la eficacia superior al barniz de flúor tradicional en modelos animales

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
				hidrogel para adherirse a esmalte húmedo frente a barniz dental convencional, se expone el hidrogel a luz NIR y se cuantifica la eliminación bacteriana y se mide la liberación de iones fosfato durante la degradación en solución salina artificial y su efecto sobre la remineralización de esmalte. Luego se evalúa en modelo animal de caries en ratas infectadas con <i>S. mutans</i> para comparar la eficacia preventiva de BP@CP5 con un barniz de flúor y un control sin tratamiento.		
11	Pablo Y. et. al., 2023	México Oaxaca	Probióticos como agentes bioterapéuticos para la prevención de caries	Revisión de la literatura científica (narrativa) sobre artículos con estudios experimentales <i>in</i>	Se identifican 5 mecanismos clave mediante los cuales los probióticos inhiben a los microorganismos cariogénicos: competencia por	Los probióticos representan una alternativa biológica prometedora para la prevención de la caries dental al actuar sobre la ecología microbiana oral, no

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
				vitro, en animales y ensayos clínicos en humanos. En los que se analizaron los tipos de cepas probióticas evaluadas, los mecanismos biológicos de inhibición bacteriana, las evidencias de reducción de microorganismos cariogénicos y de biofilm.	sitios de adhesión, producción de sustancias antimicrobianas, modulación del pH oral, interferencia en la comunicación bacteriana (quorum sensing) y estimulación de la respuesta inmune local. Los estudios revisados muestran reducción en los niveles de bacterias cariogénicas, aunque con resultados variables según Niños con lesiones de caries cavitadas en dientes primarios. la cepa, dosis y tiempo de administración	solo sobre los síntomas de la enfermedad. Sin embargo, la evidencia clínica aún es heterogénea y no permite establecer protocolos estandarizados. Los autores concluyen que los probióticos deben considerarse como terapia complementaria, no sustitutiva, de las medidas convencionales de prevención.
12	Sotillo V. et al., 2022	Venezuela	Fluoruro Diamino de Plata (SDF) agente tópico compuesto por plata 25.4% y fluoruro 4.48% con pH 8.5	Revisión de la literatura científica de estudios clínicos relacionados con el uso del SDF en niños con lesiones de caries cavitadas en dientes primarios. Se analiza el mecanismo de acción del SDF, su eficacia en la inactivación de caries cavitadas, las indicaciones clínicas y protocolos de aplicación, se compara con	El SDF muestra altas tasas de inactivación de caries cavitadas, evidenciadas clínicamente por lesiones duras, secas y de color oscuro. Se observa una reducción significativa de la actividad bacteriana, principalmente de <i>Streptococcus mutans</i>. La aplicación periódica (generalmente semestral) mejora la efectividad del tratamiento. El SDF es especialmente eficaz en contextos donde el tratamiento restaurador convencional no es inmediato o viable.	El SDF es una opción terapéutica eficaz, segura y costo-efectiva para la inactivación de lesiones de caries cavitadas en dientes primarios. Los autores concluyen que el SDF no sustituye definitivamente los tratamientos restauradores, pero sí constituye una herramienta clínica valiosa dentro del enfoque de odontología mínimamente invasiva y de manejo integral de la caries en la infancia.

#	Autor/Año	País/Estado	Tecnología Emergente	Metodología	Resultados	Conclusiones
				tratamientos restauradores tradicionales.	No se reportan efectos adversos sistémicos relevantes; el principal efecto secundario es la pigmentación negra de la lesión tratada	
13	Alshamrani A. 2023	Arabia Saudita Taif	Combinación de Fluoruro tópico con láser diodo (980 nm, 2 y 3 w)	Estudio experimental <i>in vitro</i> realizado en dientes primarios extraídos, libres de caries. Se realiza aplicación de láser de diodo sobre el esmalte y aplicación de flúor tópico (posterior o sinérgica al tratamiento con láser). Comparación con grupos control (sin tratamiento o con flúor únicamente). Medición de la microdureza del esmalte mediante pruebas de microdureza (Vickers o Knoop) antes y después de los tratamientos.	El láser de diodo por sí solo produjo un aumento moderado en la microdureza del esmalte. La aplicación de flúor tópico incrementó significativamente la microdureza en comparación con el grupo control. La combinación de láser de diodo + flúor tópico mostró el mayor aumento en la microdureza del esmalte, superando a los tratamientos individuales. Los resultados sugieren que el láser modifica la superficie del esmalte, facilitando una mayor incorporación de flúor y aumentando la resistencia del tejido dental.	La combinación de láser de diodo y flúor tópico es más eficaz para incrementar la microdureza del esmalte en dientes primarios que el uso de cada método por separado. Los autores concluyen que esta terapia podría ser una herramienta preventiva prometedora contra la caries dental en odontopediatría, aunque destacan que los resultados se basan en un estudio <i>in vitro</i> y requieren validación clínica.

Comparación de las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías

El análisis de la literatura permitió identificar 13 estudios relevantes publicados entre 2021 y 2025, realizados en distintos contextos geográficos (Asia, América y Medio Oriente), que abordaron el uso de tecnologías emergentes para la prevención, diagnóstico y manejo de la caries dental. Los resultados se organizaron considerando el tipo de tecnología evaluada, la metodología empleada, los principales hallazgos reportados y las conclusiones de los autores. (Tabla II)

De los estudios analizados, predominaron 7 revisiones de la literatura y revisiones sistemáticas, seguidos de 3 estudios experimentales *in vitro* y *ex vivo*, 1 ensayo clínico aleatorizados y 1 estudio experimental en modelos animales. Esta distribución evidencia que gran parte de las tecnologías emergentes en cariología aún se encuentran en fases de evaluación preclínica o de síntesis de evidencia, con menor número de estudios clínicos controlados.

Las tecnologías identificadas se agruparon en cinco grandes categorías: tecnologías ómicas, inteligencia artificial y herramientas digitales, tecnologías ópticas y láser, materiales bioactivos y agentes remineralizantes y estrategias biológicas y biotecnológicas. La tabla II describe cada una de ellas.

Tecnologías ómicas aplicadas a la investigación de la caries dental:

El estudio de Zhang JS et al. (2024) reportó la inclusión de 922 publicaciones relacionadas con tecnologías ómicas en cariología. Los resultados mostraron un crecimiento sostenido en la aplicación de estas tecnologías, con predominio de la metagenómica, que representó el 73 % de los estudios, seguida por la metabolómica (12 %), proteómica (11 %) y transcriptómica (8 %).

El análisis bibliométrico evidenció una mayor producción científica en países desarrollados y una creciente colaboración interdisciplinaria, lo que permitió identificar biomarcadores, perfiles microbianos asociados al riesgo de caries y rutas metabólicas involucradas en los procesos de desmineralización y remineralización.

Inteligencia artificial en el diagnóstico de la caries dental:

Dos estudios evaluaron el uso de inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico de caries. Menéndez et al. (2023) destacaron que los modelos de *deep learning* y redes neuronales convolucionales mostraron mayor precisión, sensibilidad y especificidad en la detección de caries que los métodos tradicionales basados únicamente en examen visual o radiográfico. Al respecto, Alqutaibi y Al-Zaghruri (2025) reportaron que los modelos de IA aplicados a radiografías *bitewing* digitales alcanzaron alta sensibilidad diagnóstica, aunque la especificidad fue variable, lo que implica la presencia de falsos positivos. Ambos estudios coincidieron en que la IA funciona como una herramienta auxiliar, sin sustituir la evaluación clínica profesional.

Tecnologías ópticas y láser para diagnóstico y prevención

En el ámbito diagnóstico, Salama et al. (2022) evaluaron una cámara de fluorescencia de alta definición, encontrando mayor sensibilidad para la detección de caries oclusales iniciales frente al examen visual convencional. En lesiones de dentina, la sensibilidad alcanzó valores entre 95 y 100 %, con áreas bajo la curva (AUC) de hasta 0.888, lo que demostró alta capacidad diagnóstica.

Por su parte, Laverde (2023) analizó la laserfluorescencia cualitativa para determinar el límite cavitario. Los resultados mostraron que las escalas de color propuestas por el fabricante no fueron las más precisas y que el uso de la escala CIE Lab permitió diferenciar de manera más objetiva entre dentina recuperable y no recuperable, especialmente con longitudes de onda de 405 nm.

En prevención, Alshamrani (2023) evidenció que la combinación de láser de diodo y flúor tópico produjo el mayor incremento en la microdureza del esmalte en dientes primarios, superando a los tratamientos individuales.

Materiales bioactivos y agentes remineralizantes

Limeback et al. (2021) reportaron que los productos con hidroxiapatita biomimética ofrecieron aproximadamente 17 % de protección contra la caries, sin diferencias significativas frente a productos con flúor en algunos contextos.

Richa et al. (2025) señalaron que los materiales bioactivos remineralizantes, como CPP-ACP e hidroxiapatita, junto con nuevos sistemas de liberación prolongada de flúor, mejoran la eficacia preventiva y reducen la necesidad de tratamientos restauradores.

Adicionalmente, un estudio experimental en China ^{evaluó} un hidrogel multifuncional cargado con nanoláminas de fósforo negro, el cual mostró fuerte adhesión, actividad antimicrobiana y efecto preventivo frente a la caries en modelos animales, superando al barniz de flúor.

Dos estudios evaluaron el fluoruro diamino de plata (SDF) Phonghanyudh et al. (2022) reportaron tasas de detención de caries del 59.1 % con SDF y 58.8 % con barniz de flúor, sin diferencias estadísticamente significativas.

Sotillo et al. (2022) confirmaron altas tasas de inactivación de caries cavitadas en dientes primarios, con reducción significativa de actividad bacteriana, siendo la pigmentación oscura el principal efecto secundario.

Estrategias biológicas y biotecnológicas

Los probióticos (Pablo et al., 2023) mostraron capacidad para inhibir microorganismos cariogénicos mediante cinco mecanismos principales, incluyendo competencia por adhesión, producción de sustancias antimicrobianas y modulación del pH. Sin embargo, los resultados fueron variables según cepa, dosis y tiempo de administración.

En cuanto a vacunas experimentales contra la caries (Pérez et al., 2022), los resultados indicaron eficacia en modelos animales y aumento de anticuerpos salivales en humanos, aunque sin evidencia clínica concluyente de reducción sostenida de caries.

El análisis integral de los resultados muestra que las tecnologías emergentes en cariología han permitido avanzar hacia un enfoque preventivo, mínimamente invasivo y personalizado, con mejoras en el diagnóstico temprano, el control del microbioma oral y la remineralización del esmalte. No obstante, la mayoría de las tecnologías aún requieren validación clínica a largo plazo, antes de su adopción generalizada para la prevención de caries dentales.

El análisis comparativo de las tecnologías emergentes incluidas en los estudios revisados permitió identificar ventajas y limitaciones específicas asociadas a cada enfoque, las cuales se resumen en la Tabla III.

En relación con las ventajas y desventajas de las tecnologías emergentes analizadas, las tecnologías ómicas se destacaron por su capacidad para analizar de manera integral sistemas biológicos complejos, permitiendo la identificación de biomarcadores tempranos de riesgo de caries y una mejor comprensión de los mecanismos moleculares involucrados en la enfermedad. Sin embargo, su aplicación clínica inmediata se ve limitada por el alto costo, la complejidad en el manejo e interpretación de grandes volúmenes de datos y la falta de estandarización metodológica entre estudios.

TABLA III. Ventajas y Desventajas de las tecnologías emergentes

Tecnología Emergente	Ventajas	Desventajas
Tecnologías ómicas	Capacidad de las tecnologías ómicas para analizar sistemas biológicos complejos de manera integral, identificar biomarcadores tempranos de riesgo de caries y comprender los mecanismos moleculares subyacentes a la enfermedad. Asimismo, facilitan el desarrollo de enfoques preventivos personalizados y basados en evidencia, lo que representa un avance significativo frente a las estrategias preventivas tradicionales.	Alto costo, complejidad en el manejo e interpretación de grandes volúmenes. Además, la mayoría de las investigaciones se encuentran en fases exploratorias, lo que restringe su aplicabilidad clínica inmediata, especialmente en contextos de bajos recursos de datos y la limitada estandarización de metodologías entre estudios.
Inteligencia artificial (IA)	El empleo de la IA permite la mejora diagnóstica y predictiva y una evaluación más precisa del riesgo de caries, lo que posibilita intervenciones preventivas más personalizadas y oportunas. Constituye un soporte para la decisión clínica, ya que se pueden generar algoritmos de aprendizaje automático que integren múltiples variables de riesgo para orientar estrategias preventivas específicas según el perfil del paciente. También facilita el desarrollo de modelos que pueden ser implementados en programas de salud comunitaria para priorizar recursos preventivos.	La adopción de tecnologías avanzadas como los sistemas basados en IA puede ser restringida en contextos con recursos limitados o sin infraestructura digital adecuada. A pesar de su potencial, muchas herramientas tecnológicas aún requieren mayor validación clínica y evidencia de impacto real en resultados de salud bucal a largo plazo. La integración de tecnologías emergentes con los sistemas de salud existentes puede ser compleja y costosa, requiriendo entrenamiento especializado del personal clínico.

Cámara de fluorescencia de alta definición vista proof IX HD SMART	Permite el diagnóstico temprano y no invasivo, la visualización clara y objetiva, mejora la comunicación con el paciente, es útil para seguimiento y control de lesiones y favorece la odontología preventiva.	Costo elevado del equipo, requiere capacitación para correcta interpretación, posible interferencia por placa, tinciones o humedad si no se controla adecuadamente y no sustituye completamente otros métodos diagnósticos (radiografías, evaluación clínica)
Tecnología Emergente	Ventajas	Desventajas
Fluoruro con liberación prolongada	Mejora protección del esmalte y reduce actividad bacteriana.	Algunas de estas tecnologías pueden ser costosas y no accesibles en todos los contextos clínicos o poblacionales, en algunos casos (p. ej., probióticos o péptidos antimicrobianos), la evidencia clínica robusta aún es incipiente, se requiere formación adecuada para su uso efectivo y la eficacia puede depender de factores biológicos y de adherencia del paciente.
Bioactivos remineralizantes (CPP-ACP, hidroxiapatita)	Promueven reparación de lesiones sin perforación.	
Materiales de sellado avanzados	Protección prolongada contra caries oclusales.	
Modulación del microbioma con péptidos antimicrobianos y probióticos	Puede reducir bacterias cariogénicas.	
Detección y monitoreo tecnológico con dispositivos portátiles.	Permiten acciones preventivas más personalizada	
Inteligencia Artificial aplicada en el diagnóstico de caries por radiografías bitewing digitales.	Aumenta la capacidad de detectar caries que pueden pasar desapercibidas visualmente, puede reducir variabilidad diagnóstica entre distintos clínicos, es una herramienta de apoyo potencial en chequeos de rutina.	Se requiere validación clínica adicional antes de ser empleada de forma independiente y existen riesgos de falsos positivos o negativos si se usa sin supervisión profesional.
Laserfluorescencia cualitativa	La tecnología permite separar tejido sano de tejido enfermo con cierta precisión basada en propiedades ópticas, mejora la determinación del límite cavitario ya que los valores cuantitativos ayudan a reducir la subjetividad del clínico y es más específico que otras formas de evaluación visual ya que es menos la probabilidad de clasificar tejido sano como enfermo.	La sensibilidad es moderada/baja porque puede no detectar todas las áreas enfermas, sobre todo con parámetros no ajustados del todo. La interpretación es dependiente de calibración porque los sistemas dependen de escalas de color y del software, lo que requiere entrenamiento y ajustes para mejor uso clínico. Al ser un estudio ex-vivo, los resultados obtenidos fuera de condiciones clínicas pueden no reflejar la conducta exacta en pacientes vivos.
Hidroxiapatita biomimética (HAP)	HAP reduce el riesgo de caries dental incluso sin fluoruro es biocompatible porque imita la estructura mineral natural del	Evidencia todavía limitada porque, aunque el metaanálisis muestra protección, sólo 3 ECA

	diente, es bien tolerada y segura si se ingiere, lo que la hace una opción especialmente relevante para niños. Contribuye a la remineralización del esmalte, suministra iones útiles (Ca^{2+} y PO_4^{3-}) y puede reducir la adhesión de bacterias	disponibles con datos comparables limitan la generalización definitiva. Hay heterogeneidad metodológica ya que existen diferencias entre estudios en diseño, poblaciones y medidas de resultado, lo que dificulta comparaciones directas.
Tecnología Emergente	Ventajas	Desventajas
	formadoras de placa, reforzando sus efectos preventivos.	Se requieren estudios a largo plazo, muchos estudios tienen periodos de seguimiento cortos y falta evidencia sólida a largo plazo frente a fluoruro tradicional.
Fluoruro diamino de plata al 38 % (SDF)	Eficaz para detener la progresión de alrededor del 60 % de las caries del esmalte en dientes primarios, técnica rápida, no invasiva, indolora y segura, que se puede aplicar en entornos comunitarios o clínicos sin procedimientos complejos. Ideal para niños pequeños, pacientes con ansiedad o discapacidad, tiene bajo costo y es de fácil aplicación. Reduce la necesidad de anestesia local y procedimientos operatorios complejos.	Tiene igual eficacia que el barniz de flúor, lo que limita su valor diferencial clínico para este tipo de lesiones, requiere seguimiento porque aunque se detuvo la progresión de muchas lesiones, no todas las caries fueron arrestadas, la evaluación clínica fue visual, no se usaron radiografías para confirmar la extensión de las lesiones, lo que podría subestimar lesiones ocultas y su generalización limitada porque el estudio fue realizado en niños de alto riesgo y puede no aplicarse a otras poblaciones o edades sin más investigación. Produce pigmentación oscura permanente de la lesión tratada, lo que puede generar rechazo estético por parte de padres o cuidadores. No restaura la forma ni función del diente (no reemplaza material restaurador), requiere seguimiento y reaplicaciones periódicas.
Vacunas experimentales contra la caries dental con biotecnología	Pueden ser usadas en la prevención primaria, controlan directamente los microorganismos responsables de la caries, reducen de manera potencial las intervenciones restauradoras y los costos a largo plazo, puede ser complementaria a flúor y	Falta de evidencia clínica sólida en humanos, existen riesgos inmunológicos potenciales, como reacciones cruzadas o alteraciones del equilibrio del microbiota oral. Hay un efecto limitado en el tiempo en algunas estrategias vacunales, existe complejidad ética y regulatoria,

	medidas de higiene, especialmente en poblaciones de alto riesgo.	especialmente en población infantil y no sustituye factores conductuales clave como higiene oral y dieta.
Hidrogel multifuncional BP@CP5	Su multifuncionalidad porque integra la acción antimicrobiana y remineralizante en un solo sistema, su adhesión inspirada en mejillones lo hace útil en la	Necesita irradiación externa (NIR) porque depende de luz infrarroja para activar su efecto antimicrobiano.
Tecnología Emergente	Ventajas	Desventajas
	cavidad oral húmeda desencadenando una retención prolongada. Tiene mejor eficacia que el barniz de flúor, tanto in vitro como in vivo y un perfil de seguridad y biocompatibilidad.	Aunque es eficaz en modelos animales, requiere estudios clínicos en humanos. Involucra materiales y procesos más complejos que los tratamientos tradicionales y falta información sobre durabilidad a largo plazo y efectos repetidos en dientes humanos.
Probióticos	Modulan el microbiota sin eliminarla agresivamente, tienen bajo riesgo de efectos adversos, su aplicación sencilla porque pueden incorporarse en productos de uso diario, son una alternativa complementaria al flúor y a la higiene oral y tienen un potencial preventivo en poblaciones de alto riesgo.	Su efecto dependiente de la cepa, no todos los probióticos tienen acción anticaries, su efecto es temporal requieren consumo continuo para mantener beneficios, falta estandarización porque no hay consenso en dosis, duración ni vía de administración, la evidencia clínica está limitada a largo plazo y no reemplazan factores clave como control de dieta e higiene oral.
Combinación de Fluoruro tópico con láser diodo	Aumento significativo de la resistencia del esmalte frente a la desmineralización, efecto sinérgico entre el láser y el flúor, procedimiento mínimamente invasivo, de potencial aplicación preventiva en pacientes pediátricos con alto riesgo de caries, que puede reforzar la eficacia de programas preventivos convencionales.	Estudio <i>in vitro</i> , los resultados pueden no reproducirse completamente en condiciones clínicas reales, requiere equipamiento especializado (láser de diodo) y capacitación profesional, falta de evidencia sobre efectos a largo plazo y no sustituye medidas básicas como higiene oral, control dietético y uso regular de flúor.

En cuanto a la inteligencia artificial (IA), los estudios reportaron ventajas relevantes en la mejora de la precisión diagnóstica y predictiva, así como en la evaluación del riesgo de caries mediante la integración de múltiples variables clínicas y sociodemográficas. La IA se posiciona como una herramienta de apoyo a la decisión clínica y de utilidad en programas de salud comunitaria. No obstante, su adopción puede verse restringida por la

infraestructura digital requerida, la necesidad de capacitación especializada y la insuficiente validación clínica a largo plazo.

Las tecnologías ópticas, como la cámara de fluorescencia de alta definición (VistaProof IX HD SMART) y la laserfluorescencia cualitativa, mostraron ventajas en el diagnóstico temprano, no invasivo y objetivo de lesiones cariosas, así como en la delimitación del límite cavitario. Entre sus limitaciones se identificaron el costo elevado del equipo, la dependencia de la calibración y experiencia del operador, la posible interferencia por placa o humedad y una sensibilidad moderada en algunos escenarios.

Respecto a los materiales bioactivos remineralizantes, como CPP-ACP e hidroxiapatita biomimética, se observó su capacidad para promover la reparación del esmalte sin necesidad de intervención operatoria, contribuyendo a la remineralización y reducción de la adhesión bacteriana. Sin embargo, la evidencia clínica aún es limitada y heterogénea, con pocos ensayos clínicos aleatorizados y periodos de seguimiento cortos.

La hidroxiapatita biomimética mostró ser una alternativa biocompatible y segura, especialmente relevante en población pediátrica, con capacidad para reducir el riesgo de caries incluso sin flúor. A pesar de ello, la escasez de ensayos clínicos comparables y la heterogeneidad metodológica limitan la generalización de sus resultados.

El fluoruro diamino de plata (SDF) al 38 % presentó ventajas importantes como su eficacia en la detención de caries del esmalte en dientes primarios, facilidad de aplicación, bajo costo y utilidad en contextos comunitarios o en pacientes no colaboradores. Entre sus desventajas se identificaron la pigmentación oscura permanente de la lesión tratada, la necesidad de seguimiento y el hecho de que no restaura la forma ni función del diente.

Las vacunas experimentales contra la caries dental y los probióticos representan enfoques biotecnológicos innovadores orientados a la modulación del microbioma oral y la prevención primaria. Aunque presentan un potencial preventivo significativo, los estudios señalaron una falta de evidencia clínica sólida en humanos, además de limitaciones relacionadas con la estandarización, duración del efecto y consideraciones éticas y regulatorias.

Finalmente, la combinación de flúor tópico con láser de diodo mostró un incremento significativo en la resistencia del esmalte frente a la desmineralización, evidenciando un efecto sinérgico. No obstante, los resultados provienen de estudios in vitro, lo que limita su extrapolación directa a la práctica clínica y resalta la necesidad de estudios clínicos controlados.

En conjunto, los resultados evidencian que las tecnologías emergentes ofrecen beneficios relevantes en el enfoque preventivo y mínimamente invasivo de la caries dental, aunque su implementación clínica generalizada aún se encuentra condicionada por limitaciones metodológicas, económicas y de validación clínica.

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión evidencian que las tecnologías emergentes en cariología han experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, orientándose hacia un enfoque preventivo, mínimamente invasivo y personalizado, en concordancia con las tendencias actuales de la odontología moderna. No obstante, la distribución metodológica de los estudios incluidos —predominantemente revisiones de la literatura y estudios preclínicos— confirma que muchas de estas tecnologías aún se encuentran en etapas tempranas de validación clínica, lo que limita su adopción generalizada.

Las tecnologías ómicas, incluyendo la genómica, proteómica y metabolómica, se consolidan como herramientas capaces de ofrecer una comprensión más holística del proceso cariogénico. El análisis bibliométrico reportado por Zhang et al. (2024) coincide con otros estudios recientes que destacan el papel central de la metagenómica y metabolómica en la identificación de perfiles microbianos y biomarcadores asociados al riesgo de caries. Estas aproximaciones han permitido comprender la caries como una disbiosis del ecosistema oral, más que como una infección causada por un solo microorganismo (Nyvad & Takahashi, 2023).

Sin embargo, pese a su alto valor investigativo, la aplicabilidad clínica inmediata de las tecnologías ómicas continúa siendo limitada debido a su alto costo, complejidad analítica y ausencia de protocolos estandarizados, como también señalan Poulsen et al. (2022).

Los hallazgos relacionados con inteligencia artificial (IA) concuerdan con revisiones recientes que reportan mejoras significativas en la precisión diagnóstica de caries, particularmente en lesiones incipientes detectadas mediante radiografías bitewing y fotografías intraorales (Albano et al., 2024).

Esto es consistente con resultados de revisiones sistemáticas recientes, que reportan sensibilidad y especificidad elevadas y un área bajo la curva diagnóstica robusta, con puntajes de precisión diagnóstica superiores al 90 % en algunos análisis combinados. (Arzani et. al, 2025)

Sin embargo, la variabilidad en la especificidad observada por Alqutaibi y Al-Zaghruri (2025) refleja una limitación ampliamente documentada: la dependencia de la calidad y heterogeneidad de los conjuntos de datos, lo que puede generar falsos positivos y sesgos algorítmicos. En este sentido, la literatura coincide en que la IA debe considerarse una herramienta complementaria y no sustitutiva del juicio clínico (Al-Khalifa et al., 2024).

Las tecnologías ópticas, como cámaras de fluorescencia de alta definición y sistemas de laserfluorescencia, demostraron alta capacidad diagnóstica, especialmente para la detección temprana de lesiones cariosas subclínicas, especialmente en esmalte y dentina temprana, lo cual concuerda con estudios previos que resaltan su utilidad para el diagnóstico temprano y no invasivo (Pretty & Ekstrand, 2021).

No obstante, la variabilidad en los resultados y la dependencia del operador, descritas por Laverde (2023), han sido también reportadas por Tranaeus et al. (2022), quienes señalan la necesidad de protocolos de calibración estrictos para mejorar la reproducibilidad clínica.

En el ámbito preventivo, la combinación de láser de diodo y flúor tópico mostró un efecto sinérgico sobre la microdureza del esmalte, en concordancia con estudios in vitro recientes que sugieren que la irradiación láser puede potenciar la incorporación de flúor en el esmalte (Najjaran et al., 2024). Sin embargo, la extrapolación clínica sigue siendo limitada debido a la escasez de ensayos clínicos controlados.

Los materiales bioactivos, como la hidroxiapatita biomimética y CPP-ACP, han sido destacados como promotores de la remineralización del esmalte y reducción de la actividad bacteriana, lo cual respalda los hallazgos de esta revisión y los posiciona como alternativas prometedoras al flúor, particularmente en poblaciones pediátricas o con riesgo de fluorosis. (Limeback et al., 2023; Enax et al., 2022).

No obstante, revisiones sistemáticas recientes destacan que la evidencia clínica sigue siendo heterogénea, con diferencias en formulaciones, protocolos y desenlaces evaluados. (Pawinska et al., 2024).

El estudio experimental desarrollado en China por Ran et al. (2024) 17 representa un avance significativo al integrar adhesión húmeda, actividad antimicrobiana y remineralización in situ en un solo biomaterial. Estos resultados superan las limitaciones de los agentes remineralizantes convencionales y se alinean con el desarrollo de materiales inteligentes multifuncionales. A pesar de ello, la literatura coincide en que la ausencia de estudios clínicos en humanos y la necesidad de activación externa limitan su aplicación inmediata. (Chang et al., 2024).

El fluoruro diamino de plata se ha consolidado como uno de los tratamientos más eficaces para detener la progresión de lesiones cariosas en dientes primarios, con tasas de arresto superiores a 60 % en numerosos estudios. Esta eficacia ha sido descrita también en

metaanálisis previos, con tasas de arresto incluso mayores en periodos de seguimiento clínico. (Crystal and Niederman, 2023).

A pesar de su efectividad, los efectos estéticos (pigmentación oscura) y la necesidad de seguimiento continuo, siguen siendo sus principales barreras, lo que coincide con las limitaciones señaladas por Al-Angari y Alayad en el 2024.

Los probióticos y las vacunas experimentales contra la caries reflejan un cambio conceptual hacia la modulación del microbioma oral. Los mecanismos descritos por Pablo et al. (2023) coinciden con revisiones recientes que destacan la competencia bacteriana y la modulación del pH como estrategias prometedoras. Sin embargo, la evidencia clínica sigue siendo inconsistente, con alta variabilidad entre cepas, dosis y duración del tratamiento. (Lopes et al., 2024).

En conjunto, los resultados del presente análisis confirman que las tecnologías emergentes en cariología ofrecen beneficios relevantes en diagnóstico temprano, control microbiológico y remineralización, favoreciendo un enfoque preventivo y mínimamente invasivo.

Sin embargo, la literatura actual coincide en que su implementación clínica generalizada requiere ensayos clínicos controlados, estandarización metodológica, evaluación costo-efectividad y seguimiento a largo plazo, antes de ser incorporadas de forma rutinaria en la práctica odontológica.

Desde una perspectiva clínica, los hallazgos de esta revisión sugieren que las tecnologías emergentes pueden incorporarse como herramientas complementarias a las estrategias convencionales de prevención y diagnóstico de caries, especialmente en contextos de detección temprana y manejo mínimamente invasivo. La inteligencia artificial y las tecnologías ópticas pueden apoyar la toma de decisiones clínicas, mientras que materiales bioactivos y el fluoruro diamino de plata ofrecen alternativas eficaces para poblaciones pediátricas y de alto riesgo.

Sin embargo, su uso clínico debe realizarse de manera cautelosa, considerando las limitaciones actuales de la evidencia, los posibles efectos adversos (como alteraciones estéticas) y la necesidad de seguimiento clínico continuo. El juicio clínico del profesional sigue siendo un elemento central en la aplicación de estas tecnologías.

CONCLUSIONES

1. La presente revisión sistemática, desarrollada conforme a la declaración PRISMA y estructurada bajo la estrategia PICO, permitió identificar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre tecnologías emergentes en la prevención de la caries dental y establecer diferencias claras en su balance riesgo-beneficio, garantizando un proceso metodológico transparente y reproducible.
2. El análisis crítico evidenció una calidad metodológica variable en los estudios incluidos, con predominio de riesgos de sesgo moderados, tamaños de muestra limitados y seguimiento a corto plazo, lo que restringe la generalización de los resultados y resalta la necesidad de investigaciones más robustas.
3. La comparación de las diferentes tecnologías emergentes permitió identificar que el fluoruro diamino de plata al 38 % (SDF) representa la tecnología emergente más ventajosa para la prevención y control de la caries dental, debido a su alta eficacia clínica, bajo costo, carácter no invasivo y amplia aplicabilidad en diversos contextos, especialmente en poblaciones vulnerables y las vacunas experimentales contra la caries dental constituyen la alternativa más desventajosa en la actualidad, ya que, pese a su potencial preventivo, presentan limitaciones significativas como la falta de evidencia clínica en humanos, riesgos inmunológicos, complejidad regulatoria y nula aplicabilidad inmediata en la práctica clínica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en:

- El desarrollo de ensayos clínicos controlados y aleatorizados, con tamaños muestrales adecuados y seguimientos a largo plazo, que permitan evaluar eficacia, seguridad y estabilidad de los resultados.
- La estandarización de protocolos, desenlaces clínicos y criterios diagnósticos, especialmente en estudios de inteligencia artificial, tecnologías ópticas y materiales bioactivos.
- La inclusión de análisis de costo-efectividad y factibilidad clínica, que faciliten la toma de decisiones en sistemas de salud.
- La evaluación del impacto clínico real de estrategias emergentes como la modulación del microbioma oral, considerando la variabilidad entre cepas, dosis y duración del tratamiento.

REFERENCIAS

1. Abdalla MM, Bijle MN, Abdallah NMA, Yiu CKY. Enamel remineralization potential and antimicrobial effect of a fluoride varnish containing calcium strontium silicate. *J Dent*. 2023;138:104731. doi:10.1016/j.jdent.2023.104731
2. Albano D, Galiano V, Basile M, et al. Inteligencia artificial para la detección de lesiones de caries mediante imágenes radiográficas: una revisión sistemática. *BMC Oral Health*. 2024;24:274. doi:10.1186/s12903-024-04046-7
3. Al-Khalifa KS, Ahmed WM, Azhari AA, Qaw M, Alsheikh R, Alqudaihi F, et al. The use of artificial intelligence in caries detection: A review. *Bioengineering*. 2024;11(9):936. doi:10.3390/bioengineering11090936
4. Alqutaibi AY, Al-Zaghruri AS. Artificial intelligence demonstrates potential in detecting caries on bitewing radiographs, but further high-quality studies are required. *J Evid Based Dent Pract*. 2025;25(1):102087. doi:10.1016/j.jebdp.2025.102087
5. Alshamrani AS. Effects of topical fluoride on primary tooth enamel microhardness after diode laser treatment. *Saudi Dent J*. 2023;35(8):996–999. doi:10.1016/j.sdentj.2023.10.016
6. Arzani S, Karimi A, Iranmanesh P, Yazdi M, Sabeti MA, Nekoofar MH, et al. Examining the diagnostic accuracy of artificial intelligence for detecting dental caries across imaging modalities: An umbrella review with meta-analysis. *PLoS One*. 2025;20(8):e0329986. doi:10.1371/journal.pone.0329986
7. Bowen WH, Burne RA, Wu H, Koo H. Oral biofilms: pathogens, matrix, and polymicrobial interactions in microenvironments. *Trends Microbiol*. 2021;29(10):893–906. doi:10.1016/j.tim.2021.03.008
8. Bretz WA, Odila PS. Emerging technologies for the prevention of dental caries: are current methods sufficient for high-risk patients? *Int Dent J*. 2011;61(Suppl 1):29–33. doi:10.1111/j.1875-595X.2011.00027.x
9. Chang L, Gan R, Huang X, et al. Application of novel nanomaterials with dual functions of antimicrobial and remineralization in mouthwashes. *Sci Rep*. 2024;14:29027. doi:10.1038/s41598-024-80703-9

10. Crystal YO, Niederman R. The effectiveness of silver diamine fluoride in arresting and preventing dental caries in pediatric populations: A systematic review. *Front Oral Health*. 2024;5:1492762. doi:10.3389/froh.2024.1492762
11. Cury JA, Tenuta LMA, Ribeiro CCC. Fluoride and dental caries: revisiting the mechanisms of action. *Adv Dent Res*. 2020;31(2):26–34. doi:10.1177/0022034520914242
12. Da Costa CS, De Mattos CP, Cuce MN. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2007;15(3). doi:10.1590/S0104-11692007000300023
13. Enax J, Fabritius HO, Meyer F, Amaechi BT. Preventing oral diseases with biomimetic hydroxyapatite. *Decisions in Dentistry*. 2022;8:9–14
14. Gobierno de México. Secretaría de Salud. Salud bucodental. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/tiene-alguna-afeccion-bucal-90-de-la-poblacion-mexicana-secretaria-de-salud?idiom=es>
15. Haon-Moscoso DM, Cevallos-Romero FR, Macías-Molina BE, Villacrés-Yancha DM. Dental caries: Prevention and treatment from a multidisciplinary approach. *Sanitas*. 2024;3:15–21. doi:10.62574/x741sb95
16. Ioannidis JPA. The mass production of redundant, misleading, and conflicted systematic reviews and meta-analyses. *Milbank Q*. 2020;98(2):325–332. doi:10.1111/1468-0009.12445
17. Joanna Briggs Institute. Critical Appraisal Tools. 2025. Disponible en: <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>
18. Laverde-Albarracín DM. La laserfluorescencia cualitativa en el diagnóstico del límite cavitario. *Rev Inf Cient*. 2023;102:4370. doi:10.5281/zenodo.10136113
19. Limeback H, Enax J, Meyer F. Biomimetic hydroxyapatite and caries prevention: A systematic review and meta-analysis. *Can J Dent Hyg*. 2021;55(3):148–159
20. Limeback H, Enax J, Meyer F. Clinical evidence of biomimetic hydroxyapatite in oral care products: An updated systematic review and meta-analysis. *Biomimetics*. 2023;8(1):23. doi:10.3390/biomimetics8010023

21. Lopes PC, Gomes ATP, Mendes K, Blanco L, Correia MJ. Unlocking the potential of probiotic administration in caries management: A systematic review. *BMC Oral Health*. 2024;24:216. doi:10.1186/s12903-024-03893-8
22. Márquez-Pérez K, Zúñiga-López CM, Torres-Rosas R, Argueta-Figueroa L. Prevalencia reportada de caries dental en niños y adolescentes mexicanos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2023;61(5):653–660
23. Menéndez Oña LE, Chicaiza Salazar KS, López Castro AV, Ronquillo Rodríguez VR. Caries en adultos: etiología, factores de riesgo y estrategias preventivas. *Rev Cubana Investig Bioméd*. 2024;43
24. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7). doi:10.1371/journal.pmed.1000097
25. Najjaran H, Safari F, Valizadeh S, Keshvad MA, Kharazifard MJ, Chiniforush N, et al. Effect of diode laser and fluoride varnish on microhardness of enamel: An in vitro study. *J Lasers Med Sci*. 2024;15:e69. doi:10.34172/jlms.2024.69
26. Nyvad B, Takahashi N. Integrated hypothesis of dental caries and periodontal diseases. *J Oral Microbiol*. 2020;12(1):1710953. doi:10.1080/20002297.2019.1710953
27. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71
28. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n160. doi:10.1136/bmj.n160
29. Pablo Y, Torres R, Argueta L. Mecanismos de acción de los probióticos en la inhibición de microorganismos cariogénicos. *Rev Med Clin Las Condes*. 2023;34(3):216–223. doi:10.1016/j.rmclc.2023.03.010
30. Pawinska M, Meyer F, Enax J, Amaechi BT. Clinical evidence of caries prevention by hydroxyapatite: An updated systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2024;151:105429. doi:10.1016/j.jdent.2024.105429

31. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*. 2019;394:249–260
32. Pérez Pambi DF, Ortiz Tejedor JG, Ortega López MF, Ramos Montiel RR. Eficacia de las vacunas contra la caries dental: Revisión de la literatura. *Rev Estomatol*. 2022;30(2):e12079. doi:10.25100/re.v30i2.12079
33. Philip N, Suneja B, Walsh LJ. Beyond *Streptococcus mutans*: clinical implications of the evolving dental caries microbiome. *Front Oral Health*. 2022;3:858002. doi:10.3389/froh.2022.858002
34. Pitts NB, Ekstrand KR. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and its ICCMS. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2021;49(6):495–503
35. Pitts NB, Twetman S, Fisher J, Marsh PD, Fontana M. Understanding dental caries as a non-communicable disease. *Br Dent J*. 2021;231(12):749–753
36. Pretty IA, Ekstrand KR. Detection and monitoring of early caries lesions: A review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2021;22(5):777–785
37. Ran Y, Shi J, Ding Y, Li L, Lu D, Zeng Y, et al. Black phosphorus nanosheets-loaded hydrogel for caries prevention. *Adv Sci*. 2024;11(45):2409155
38. Richa B, Shah R, Rodda R, Hasina, Sowki N. Recent advances in dental caries prevention: A review. *J Adv Med Dent Sci Res*. 2025;13(1):7–10
39. Salama M, Hassanein O, Shaalan O, Yassen A. Clinical effectiveness of high-definition fluorescence camera. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(2):e177–e184
40. Schwendicke F, Krois J, Gomez J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res*. 2020;99(7):769–774
41. Schwendicke F, Krois J, Uribe SE. Deep learning for caries detection: a systematic review. *J Dent*. 2022;122:104115
42. Secretaría de Salud. Caries, gingivitis y maloclusión, afecciones bucales más comunes en la población mexicana. 2023
43. Serban C, Lungeanu D, Bota SD, Cotca CC, Negrutiu ML, Duma VF, et al. Emerging technologies for dentin caries detection: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2022;11(3):674

44. Sleem MM, Eid ESG, Abdelghany AM, Farahat DS. Evaluation of the remineralization potential of different bioactive glass varnishes on white spot lesions: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25:1284
45. Sotillo V, Limongi I, Medina AC, Martínez Vásquez MG. Fluoruro diamino de plata como terapia para caries cavitadas. *Rev Cient CMDLT*. 2022;14(Supl)
46. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis. *J Clin Periodontol*. 2022;49(S24):1–9
47. Tranaeus S, Shi XQ, Angmar-Månsson B. Caries detection methods based on optical properties. *Int J Dent*. 2022;2022:1–10
48. Unterbrink P, Schulze Zur Wiesche E, Meyer F, Fandrich P, Amaechi BT, Enax J. Prevention of dental caries: toothpaste formulations review. *Dent J (Basel)*. 2024;12(3):64
49. World Health Organization. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. Geneva: WHO; 2022
50. World Health Organization. Sugars and dental caries. 2025
51. Yeh CH, Wang YL, Vo TTT, Lee YC, Lee IT. Fluoride in dental caries prevention and treatment. *Healthcare (Basel)*. 2025;13(17):2246
52. Zhang JS, Huang S, Chen Z, Chu CH, Takahashi N, Yu OY. Application of omics technologies in cariology research. *J Dent*. 2024;141:104801