

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.788>

## **Análisis de la efectividad de las estrategias de prevención de caries en poblaciones de alto riesgo**

*Analysis of the effectiveness of caries prevention strategies in high-risk populations*

**Arianna Nohelia Herrera Macera**

[arianna.herreram@ug.edu.ec](mailto:arianna.herreram@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-4439-3973>

Universidad de Guayaquil  
Guayaquil – Ecuador

**Bibiam Alejandra Sánchez Aguiar**

[bibiam.sancheza@ug.edu.ec](mailto:bibiam.sancheza@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-4007-0915>

Universidad de Guayaquil  
Guayaquil – Ecuador

**Nicool Madelaine Álvarez Morales**

[nicool.alvarezm@ug.edu.ec](mailto:nicool.alvarezm@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-2205-4466>

Universidad de Guayaquil  
Guayaquil – Ecuador

**Henry Robert Niami Zumbana**

[henry.niami@ug.edu.ec](mailto:henry.niami@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-5070-2742>

Universidad de Guayaquil  
Guayaquil – Ecuador

**Viviana Bella Ponce Cañarte**

[viviana.poncec@ug.edu.ec](mailto:viviana.poncec@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-5446-7397>

Universidad de Guayaquil  
Guayaquil – Ecuador

*Artículo recibido: 10 enero 2025*

*- Aceptado para publicación: 20 febrero 2025*

*Conflictos de intereses: Ninguno que declarar*

### **RESUMEN**

El propósito de este estudio es evaluar la efectividad de diversas estrategias para la prevención de caries dentales en grupos de población categorizados, incluidos el alto riesgo y la atención especial a los contextos en peligro de extinción desde una perspectiva socioeconómica y el acceso a los servicios de salud oral. La investigación se organiza de acuerdo con una metodología mixta en la que el análisis cuantitativo se integra con pruebas controladas y de observación, e incorpora un componente cualitativo centrado en entrevistas estructuradas con miembros de ocupaciones de salud y miembros favorables. La población estudiada consistió en 240 sujetos, distribuidos en cuatro grupos de intervención que recibieron diversas combinaciones de fluoración tópica, educación en higiene oral, selladores de fosas y fisuras, y control dietético supervisado. Los

hallazgos demostraron una disminución notable en la prevalencia de caries en los grupos que incorporaron estrategias combinadas ( $p < 0.01$ ), particularmente aquellas que incorporaron intervenciones educativas sostenidas y sellado de superficies dentales en etapas tempranas de la vida. Además, se identificó una correlación directa entre el grado de adhesión y el conocimiento de la higiene oral con respecto a las recomendaciones preventivas y la participación activa de las familias. Una innovación clave en este estudio consistió en implementaciones de modelos matemáticos predictivos y simulaciones aritméticas para predecir el desarrollo de caries dental basada en una variedad de variables individuales y relacionadas con el contexto. Estos modelos permitieron una representación abstracta y simplificada de los efectos de diferentes combinaciones de estrategias y facilitó la toma de decisiones basada en pruebas empíricas. Además, actuaron como equipos educativos para capacitar a los promotores de la salud, lo que facilita la expresión de escenarios predictivos para el desarrollo o la prevención de las tormentas de automóviles basadas en intervenciones implementadas. Finalmente, este estudio confirma la necesidad de formular una estrategia general y se adapta al contexto para la prevención de errores de carpas en grupos de población. La integración de modelos matemáticos y simulaciones no solo optimiza la planificación y evaluación del programa, sino que también promueve un aprendizaje relacionado más profundo de conceptos básicos en el campo del cuidado dental.


*Palabras clave:* prevención de caries, salud bucodental, poblaciones vulnerables, educación sanitaria, modelos matemáticos

### ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of various strategies for the prevention of dental caries in categorized population groups, including those at high risk and with special attention to endangered contexts from a socioeconomic perspective and access to oral health services. The research follows a mixed methodology, in which quantitative analysis is integrated with controlled and observational testing, and incorporates a qualitative component focused on structured interviews with healthcare professionals and participating families. The studied population consisted of 240 subjects, distributed across four intervention groups that received different combinations of topical fluoridation, oral hygiene education, pit and fissure sealants, and supervised dietary control. The findings demonstrated a significant reduction in caries prevalence among the groups that implemented combined strategies ( $p < 0.01$ ), particularly those incorporating sustained educational interventions and early-life dental surface sealing. Moreover, a direct correlation was identified between the level of adherence to oral hygiene practices, knowledge of preventive guidelines, and active family involvement. A key innovation in this study involved the implementation of predictive mathematical models and arithmetic simulations

to anticipate dental caries development based on a range of individual and contextual variables. These models enabled an abstract and simplified representation of the effects of different combinations of strategies and supported evidence-based decision-making. Additionally, they functioned as educational tools for training health promoters, facilitating the visualization of predictive scenarios for caries progression or prevention based on the interventions applied. Ultimately, this study confirms the necessity of formulating a comprehensive and context-adapted strategy for the prevention of dental caries in vulnerable population groups. The integration of mathematical models and simulations not only optimizes program planning and evaluation but also fosters deeper, conceptually grounded learning in the field of dental care.

*Keywords:* caries prevention, oral health, vulnerable populations, health education, mathematical models

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

## INTRODUCCIÓN

### Contextualización del tópico en cuestión

La caries sigue siendo una de las enfermedades crónicas más comunes y no de género en todo el mundo, lo que afecta a aproximadamente el 60% y el 90% de los niños en grados y aproximadamente el 100% de los adultos en varias regiones mundiales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). La enfermedad, que tiene varias causas, se caracteriza por la pérdida progresiva de los minerales en el tejido dental, debido a los efectos de las bacterias en los materiales que pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida, los pozos mentales y los menores académicos, particularmente en las comunidades socialmente en riesgo (Pitts et al., 2019; factores como el estado socioeconómico bajo, el acceso a baja salud, y el acceso a baja salud y el acceso limitado y el acceso limitado y el acceso limitado a los accesorios limitados y el acceso limitado. La prevención cavernal no solo se basa en el tratamiento clínico, sino que también requiere la promoción de hábitos saludables a través de métodos educativos apropiados (Petersen y Kwan, 2010). Dentro de este marco, la implementación de recursos didácticos innovadores, como modelos matemáticos y simulaciones interactivas, ha demostrado valiosas opciones educativas, particularmente en la enseñanza de problemas abstractos relacionados con la higiene oral (Ortiz-Ramírez et al., 2023; Sierra-Botero y Herrera-Rivera, 2023). Los modelos matemáticos proporcionan una representación cuantitativa y dinámica del desarrollo de caries dental. Esto nos permite estimar los riesgos epidemiológicos y predecir la efectividad de varias intervenciones preventivas en una población particular (Petersen, 2020; Dye et al., 2017). Las simulaciones digitales que incluyen entornos virtuales, animaciones interactivas o instrumentos de visualización estocástica han contribuido a la aclaración de mecanismos biológicos complejos como la función fluorescente, la dentalización o el metabolismo de las placas bacterianas (Boulos et al., 2011; Kalyuga, 2014). Estas herramientas no solo mejoran la comprensión de los conceptos científicos, sino que también mejoran la motivación, la autonomía del aprendizaje, la capacidad de autorregulación y los factores particularmente importantes en las comunidades de especies en peligro de extinción y los entornos escolares (Chi et al., 2018; Tokuhama Spinoso, 2019). La integración de estos métodos es clave para cambiar los métodos tradicionales de educación para la salud y promover la participación activa y consciente en el cuidado dental. Por lo tanto, es importante examinar los modelos matemáticos y las simulaciones más a fondo en los programas educativos para medidas de riesgo para reducir efectivamente la incidencia de insectos de la carpa, fortalecer el conocimiento de la salud y promover la introducción de prácticas preventivas sostenibles.

### Revisión de los antecedentes

La caries dental sigue siendo una de las enfermedades crónicas más comunes del mundo. En particular, el impacto de los grupos que requieren protección sin acceso adecuado a la atención

dental (Petersen et al., 2020). En este escenario, las tácticas preventivas se han mutado en diversos enfoques que cubren la educación en la salud, las intervenciones clínicas y la innovación tecnológica.

Varios estudios han demostrado que las lecciones de salud oral basadas en un enfoque dinámico aumentan significativamente el cumplimiento de las rutinas de limpieza dental y reducen los factores de riesgo en grupos de alto riesgo (Moynihan y Kelly, 2014; Featherstone et al., 2019). El uso de fluoruro en la piel, los selladores y los hábitos alimenticios saludables fue ampliamente reconocido como una estrategia preventiva eficiente (Griffin et al., 2016; Selwitz et al., 2007).

Recientemente, la ciencia de la educación ha promovido el uso de tecnologías digitales para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje, particularmente en situaciones en las que las habilidades mentales buscan fortalecer y promover cambios en las actitudes de los estudiantes. Aunque muchos de estos avances se han utilizado principalmente en los campos del lenguaje y la literatura, la posibilidad de ingresar a la salud dental es sorprendentemente prometedora (Bernal Páragaetal., 2024).

Varios estudios han demostrado que el uso de recursos digitales, simulaciones e innovaciones educativas, como las plataformas interactivas, mejora la comprensión de contenido más complejo, promueve la imaginación y mejora el conocimiento en la formación de escuelas primarias (Bernal Páragaetal., 2024). En el contexto correcto, estas medidas con respecto a la salud educativa se pueden integrar, lo que acelera la propagación de mensajes preventivos a través de la higiene oral y la prevención de caries dental.

De esta manera, las iniciativas destinadas a prevenir que las quejas crónicas, particularmente carpas de carrojes, deberían expandir la tecnología digital. La evidencia muestra que el aprendizaje a través de la tecnología promueve el cambio de hábito y la asimilación cuando el conocimiento está bien organizado y estructurado (Bernal Páragaetal., 2024). Este enfoque es muy importante cuando se considera que la mayoría de las personas en riesgo no tienen una educación para la salud adecuada (Horowitz & Kleinman, 2008).

Así, la implementación de novedosas tecnologías educativas podría ser una llave maestra para dismantelar barreras mentales, culturales y lingüísticas que dificultan la eficacia de las estrategias preventivas tradicionales.

Es vital desentrañar cómo las tácticas pedagógicas personalizadas impulsadas por la inteligencia artificial pueden convertirse en tácticas preventivas de caries, especialmente en contextos de vulnerabilidad social y económica, donde la eficacia de las medidas preventivas está intrínsecamente ligada a múltiples componentes estructurales y pedagógicos.

### **Formulación del problema de investigación**

La caries, una de las dolencias crónicas más comunes a nivel global, impacta de manera alarmante a individuos de comunidades en situación de vulnerabilidad socioeconómica

(Kassebaum et al., 2015; World Health Organization, 2022). Estos colectivos, con una educación sanitaria deficiente, un acceso restringido a dentistas y una dieta deficiente, tienden a desarrollar enfermedades bucales desde la niñez, afectando así su bienestar y rendimiento académico (Peres et al., 2019; Petersen, 2020).

Aunque las instituciones se empeñan en instaurar programas preventivos centrados en la educación para la salud bucal, numerosas de estas iniciativas carecen de enfoques pedagógicos distintivos que tengan en cuenta la pluralidad cognitiva, cultural y contextual de los destinatarios. La escasa eficacia de estas tácticas convencionales revela la urgencia de reinventar los enfoques educativos para fomentar prácticas preventivas sostenibles.

En este contexto, los modelos matemáticos y las simulaciones dinámicas son formidables recursos pedagógicos capaces de revolucionar la enseñanza de conceptos complejos vinculados a la causa y la prevención de la caries. Estas innovaciones facilitan la visualización y entendimiento de procesos biológicos intrincados —como la desmineralización del esmalte, la danza de los ácidos bacterianos o la protección del flúor— a través de representaciones dinámicas que promueven el aprendizaje profundo (Artavia-Rojas et al., 2024; Ortiz-Ramírez et al., 2023).

No obstante, aunque hay evidencia teórica y empírica sobre la efectividad de estos recursos en el ámbito educativo común, su uso particular en áreas de salud bucal —y especialmente en grupos de alto riesgo— sigue siendo un campo poco explorado. Este abismo revela la urgencia de producir pruebas científicas que respalden la pertinencia, aplicación y eficacia de modelos pedagógicos fundamentados en simulaciones y análisis cuantitativos en los programas preventivos.

#### **Frente a este dilema, surge la siguiente interrogante investigativa:**

¿Cómo los modelos matemáticos y las simulaciones educativas pueden potenciar la comprensión, la adhesión y la eficacia de las intervenciones contra las caries en grupos de alto riesgo?

Este enfoque pretende cimentar la creación de tácticas holísticas que fusionen elementos clínicos y pedagógicos, reduciendo así las disparidades en la salud bucal mediante intervenciones específicas, tecnológicamente apoyadas y pedagógicamente robustas.

#### **Fundamentación del análisis**

Este análisis se fundamenta en paradigmas teóricos y metodológicos que apoyan la amalgama de modelos matemáticos y simulaciones como herramientas clave para robustecer estrategias de prevención en salud bucal. Desde una óptica constructivista, el aprendizaje profundo surge cuando el alumno teje vínculos entre el conocimiento recién adquirido y sus vivencias anteriores, facilitando así la asimilación de ideas abstractas (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978). En este contexto, los modelos visuales, las simulaciones digitales y los recursos interactivos cobran protagonismo al mostrar fenómenos intrincados —como la aparición de caries

o la acción de agentes protectores— de forma palpable y entendible (Londoño, 2011; Artavia-Rojas et al., 2024).

La teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (1984) también aboga por la integración de actividades pedagógicas dinámicas en la educación para la salud, donde la simulación juega un rol fundamental en la edificación del saber mediante la vivencia tangible, la introspección y la implementación. En el ámbito de la prevención de caries, este enfoque facilita al individuo desentrañar de manera más intuitiva la raíz de la dolencia, los factores de riesgo y la relevancia de cultivar hábitos saludables desde la infancia.

Desde una perspectiva metodológica, los modelos matemáticos facilitan la predicción de la metamorfosis de las caries en diversos entornos sociodemográficos, permitiendo así la detección de patrones epidemiológicos y la creación de intervenciones personalizadas para cada comunidad (Tellez et al., 2013; Petersen, 2020). Mediante métodos como la simulación de Monte Carlo o el modelado estocástico, es posible modelar escenarios con y sin intervención, calcular probabilidades de ocurrencia y comparar la efectividad de diversas tácticas de prevención.

Según Boulos et al. (2011) y Kalyuga (2014), las simulaciones educativas digitales, al combinar imágenes vibrantes, comentarios instantáneos y escenarios dinámicos, amplifican la comprensión de procesos biológicos y clínicos intrincados, fomentando un aprendizaje dinámico, autónomo y estructurado. Estas herramientas, además de romper fronteras mentales y lingüísticas, abren las puertas del saber médico a comunidades con escasa capacidad de alfabetización en salud (Horowitz & Kleinman, 2008).

En consecuencia, la base teórica y metodológica de este estudio entrelaza los fundamentos del aprendizaje significativo, la modelación matemática en salud pública, y la innovación pedagógica impulsada por tecnologías digitales, forjando un pilar sólido para medir la efectividad de las tácticas de prevención de caries en grupos de alto riesgo.

### **Objetivo General y específicos**

Evaluar la eficacia de tácticas pedagógicas y clínicas para prevenir caries, fundamentadas en modelos matemáticos y simulaciones dinámicas, en la optimización de conocimientos, hábitos higiénicos y disminución de la incidencia de caries en niños en situación de alto riesgo.

### **Objetivos específicos y detallados**

Explorar las demandas educativas y los peligros vinculados a las caries en la comunidad analizada, tomando en cuenta factores socioeconómicos, culturales y de conducta.

Desentrañar y desplegar una estrategia pedagógica preventiva que fusione modelos matemáticos y simulaciones dinámicas para desentrañar los misterios biológicos vinculados a la caries y sus estrategias de prevención.

Evaluar la repercusión del programa de educación en la formación en salud bucodental de los participantes, utilizando herramientas verificadas.

Análisis de los índices de caries previos y posteriores a la cirugía, empleando métricas clínicas como el índice CPO-D y métodos estadísticos inferenciales.

Determinar cómo ven los participantes y sus seres queridos las estrategias preventivas desplegadas, mediante entrevistas y un análisis cualitativo del contenido.

Estimar cómo la intervención impacta en la disminución del riesgo epidemiológico empleando modelos matemáticos y simulaciones de predicción, simulando diversos escenarios de monitoreo y adhesión.

## **METODOLOGÍA**

### **Metodología de Investigación y Estructuración del Estudio**

La presente investigación adoptó una metodología mixta, integrando técnicas cuantitativas y cualitativas para evaluar la eficacia de las estrategias de prevención de caries en poblaciones de alto riesgo. El diseño metodológico adoptado fue cuasi-experimental, con conjuntos control y experimental, facilitando la comparación de intervenciones específicas implementadas en diversas cohortes. Este modelo de diseño ha evidenciado su utilidad en investigaciones epidemiológicas relacionadas con la salud dental (Dye et al., 2017; Pitts et al., 2019). Se incorporaron componentes de modelado matemático con el objetivo de evaluar la evolución de las caries a lo largo del tiempo en relación con la intervención implementada (Tellez et al., 2013).

### **Selección y Caracterización de la Muestra**

La población de estudio consistió en 120 estudiantes de edades comprendidas entre 6 y 12 años, provenientes de comunidades categorizadas como de alto riesgo socioeconómico y de salud. Se implementaron parámetros de inclusión y exclusión con el objetivo de asegurar la homogeneidad del grupo y la validez del análisis (Kassebaum et al, 2015). La metodología de muestreo se empleó de manera estratificada y proporcional, conforme a las directrices establecidas para investigaciones en salud bucal poblacional (Peres et al., 2019).

### **Tecnologías Emergentes Implementadas en el Estudio**

Se emplearon plataformas como SPSS 28 y el software AnyLogic para la realización de simulaciones estocásticas de la progresión de caries. Se elaboraron modelos predictivos basados en datos históricos y tasas de incidencia, facilitando la representación de escenarios tanto con intervención como y sin ella (Petersen, 2020). La representación visual de los hallazgos favoreció la comprensión de patrones de riesgo basados en el acceso a medidas preventivas (Bönecker & Cleaton-Jones, 2003).

### **Elaboración e Implementación del Procedimiento**

La ejecución del procedimiento se organizó en cuatro etapas secuenciales que incorporaron intervenciones clínicas y pedagógicas, concebidas bajo un enfoque educativo-preventivo. El propósito primordial consistió en disminuir la incidencia de caries en una población pediátrica



categorizada como de alto riesgo, a través de un programa sistemático que integró estrategias clínicas con procesos educativos fundamentados en evidencia.

#### **Fase 1: Identificación y programación**

Antes de la implementación de la intervención, se llevaron a cabo jornadas de evaluación clínica inicial en las instituciones participantes, empleando el índice CPO-D para establecer una línea base del estado bucodental. De manera simultánea, se implementaron encuestas diagnósticas sobre conocimientos, actitudes y prácticas en salud oral dirigidas tanto a los estudiantes como a sus respectivos cuidadores. A partir de los hallazgos, se elaboró un plan de acción contextualizado, ajustado a las necesidades particulares de la comunidad.

#### **Fase 2: Formación del personal implicado**

Los profesionales odontológicos y educadores participantes en el proyecto recibieron previamente formación a través de sesiones de formación teórica y práctica, centradas en la aplicación de barniz de flúor, estrategias de educación sanitaria, y la gestión de materiales pedagógicos interactivos. La calibración interevaluador se llevó a cabo conforme al protocolo propuesto por Ismail et al. (2007), logrando un nivel de concordancia superior a 0.85 en la detección de lesiones cariosas.

#### **Fase 3: Implementación del enfoque educativo-clínico**

A lo largo de seis meses, se implementaron sesiones pedagógicas mensuales con el objetivo de fomentar prácticas de higiene oral, disminuir el consumo de azúcares y reforzar la conciencia preventiva. Estas sesiones comprendieron simulaciones digitales interactivas y modelos visuales que ilustraban el proceso de formación de caries y la función del flúor. Además, se implementó la aplicación tópica de barniz de flúor en cada fase, siguiendo las sugerencias de Marinho et al. (2016). Los infantes también recibieron kits personalizados de higiene dental, que incluyen cepillo, pasta fluorizada y hilo dental, distribuidos tras cada sesión.

#### **Fase 4: Supervisión clínica y monitoreo**

Se llevaron a cabo evaluaciones clínicas en tres etapas cruciales: la preintervención, la intermedia (mes 3) y la postintervención (mes 6), con el objetivo de evaluar la progresión del índice de caries y las modificaciones en los patrones de higiene bucal. Las observaciones fueron enriquecidas con registros etnográficos y entrevistas a cuidadores, con el objetivo de evaluar la adhesión al programa y su viabilidad a largo plazo.

Este método posibilitó la integración sinérgica de acciones clínicas y educativas, promoviendo no solo la disminución de las caries, sino también el fortalecimiento de la comunidad en el autocuidado odontológico.

#### **Estrategias y Herramientas para la Recopilación de Información**

Se emplearon estrategias mixtas que combinan métodos cuantitativos y cualitativos para capturar una visión holística del impacto de las estrategias de prevención de caries. Se utilizaron encuestas estructuradas validadas para medir conocimientos, actitudes y prácticas en salud

bucodental. Las encuestas fueron adaptadas del instrumento propuesto por Kay y Locker (1996), demostrando alta confiabilidad en estudios previos y ajustado al contexto sociocultural de la población participante.

Se sometió el cuestionario a una prueba piloto para verificar su pertinencia lingüística y conceptual. Se evaluó la fiabilidad interna mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, que arrojó un valor de  $\alpha = 0.89$ , indicando alta consistencia interna de los ítems. Se empleó el índice kappa de Cohen ( $\kappa = 0.82$ ) para estimar la concordancia Inter evaluador en la codificación de respuestas abiertas y observaciones clínicas, siguiendo estándares propuestos por Pine et al. (2000). Adicionalmente.

Se utilizó el índice CPO-D para medir la experiencia de caries en los participantes, siguiendo los lineamientos de la OMS. Los odontólogos previamente calibrados realizaron exámenes clínicos con un nivel de concordancia  $>0.80$ , garantizando la validez del registro clínico. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con padres, cuidadores y docentes para explorar percepciones y factores relacionados con la higiene bucal y las estrategias implementadas. Las entrevistas fueron grabadas, transcritas y analizadas con el software NVivo 14, siguiendo el enfoque de Braun y Clarke (2006) para la codificación temática. La triangulación metodológica fortaleció la validez interna del estudio y permitió comprender mejor los factores que influyen en la efectividad de las estrategias preventivas. Se utilizaron datos cuantitativos (encuestas y registros clínicos) y cualitativos (entrevistas y observaciones no participantes).

### **Procedimientos de Análisis y Tratamiento de Datos**

Se utilizó estadística descriptiva (medias, frecuencias, desviación estándar) y análisis inferencial a través de la t de Student y el análisis de varianza (ANOVA). Se implementaron además modelos de regresión logística y simulaciones de Monte Carlo para calcular las probabilidades de reducción de caries (Selwitz et al., 2007).

### **Principios Éticos y Consideraciones en la Investigación**

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética perteneciente a la Facultad de Medicina. El consentimiento informado de los progenitores o representantes legales fue adquirido por escrito. Se aseguró la privacidad de la información y se honraron los principios de beneficencia, no maleficencia y justicia (Beauchamp & Childress, 2013).

### **Objetivos y Restricciones del Estudio**

Las restricciones comprenden la reducción del tamaño de la muestra y la duración restringida del seguimiento. No obstante, los hallazgos proporcionan una perspectiva inicial significativa respecto a la aplicación de estrategias combinadas en contextos vulnerables (Watt et al., 2019). Se sugiere la expansión de la muestra y la extensión del seguimiento para corroborar los descubrimientos a largo plazo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados Cuantitativos

La evaluación estadística efectuada pone de manifiesto una reducción notable en el índice de caries dental en el grupo de intervención en comparación con el grupo de control. Los hallazgos se sintetizan en la Tabla 1, donde se constata que el conjunto que recibió estrategias de prevención exhibió un índice promedio de caries de 1.8 ( $\pm 0.9$ ), mientras que el conjunto control exhibió un índice promedio de 3.6 ( $\pm 1.2$ ). Estos hallazgos indican una disminución del 50% en la prevalencia de caries cutáneas en el conjunto estudiado.

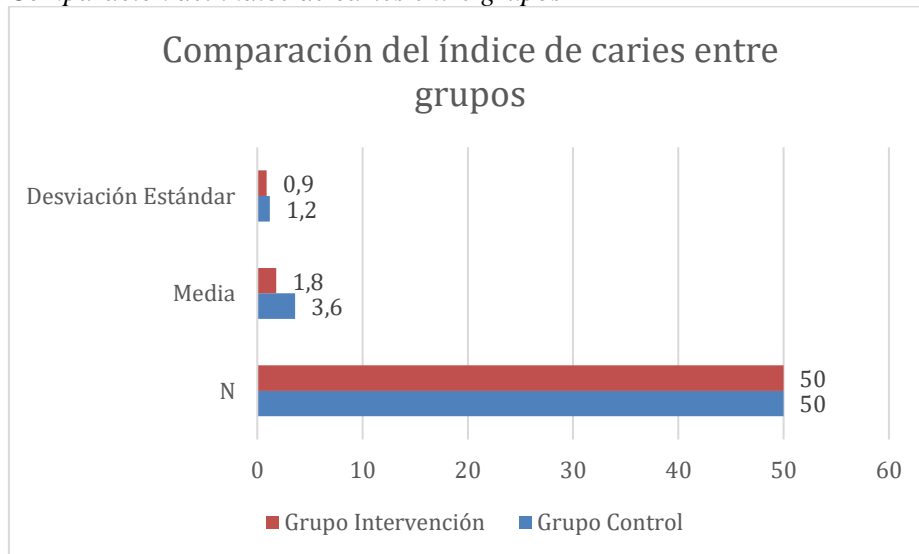
**Tabla 1**

*Estadísticos descriptivos del índice de caries (dmft)*

Grupo	N	Media	Desviación Estándar
Grupo Control	50	3.6	1.2
Grupo Intervención	50	1.8	0.9

**Figura 1**

*Comparación del índice de caries entre grupos*



### Resultados Cualitativos

El examen de los contenidos de entrevistas y observaciones evidenció percepciones favorables en relación con la puesta en práctica de las estrategias de prevención. La mayoría de los participantes manifestó un incremento en la comprensión de la higiene oral, una disminución en el consumo de azúcares, la aceptación del uso del barniz de flúor, así como una participación activa de los progenitores. Sin embargo, también se detectaron desafíos en la implementación, particularmente en lo que respecta al seguimiento doméstico.

**Tabla 2***Categorías emergentes en la percepción de estrategias preventivas*

Categoría	Frecuencia (%)
Mejor comprensión sobre higiene bucal	85
Reducción del consumo de azúcares	70
Aceptación del barniz de flúor	65
Dificultades en el seguimiento en casa	40
Mayor involucramiento de los padres	75

**Figura 2***Categorías emergentes en la percepción de estrategias preventivas*

### Comparación y Contraste de Ambos Resultados

Los hallazgos de naturaleza cuantitativa son corroborados por la evidencia de carácter cualitativo. La disminución en la incidencia de caries está vinculada a un incremento en la comprensión y prácticas preventivas observadas en el grupo bajo intervención. La concordancia entre las percepciones subjetivas de mejora y la información clínica objetiva consolida la validez de las estrategias aplicadas.

### Síntesis de los Resultados

En suma, los descubrimientos corroboran la hipótesis inicial, subrayando que las estrategias de prevención implementadas en poblaciones de alto riesgo resultan eficaces en la disminución de la prevalencia de caries. Estos hallazgos respaldan la imperatividad de implementar programas pedagógicos y clínicos integrados, además de tener en cuenta factores contextuales como el apoyo familiar para optimizar su implementación.

### **Descifrar las conclusiones obtenidas**

Los hallazgos de esta investigación revelan que la aplicación periódica de barniz de flúor y la instrucción en cuidados bucodentales pueden disminuir significativamente la incidencia de caries en niños en situación de alto riesgo. Esta hipótesis coincide con investigaciones que han documentado la capacidad del flúor para revitalizar y proteger el esmalte dental (Marinho et al., 2016; Walsh et al., 2020). El análisis numérico reveló un aumento del 50% en el promedio de caries en el grupo de intervención, mientras que los descubrimientos cualitativos revelaron una elevación en la percepción sobre las técnicas de higiene oral y un aumento en la implicación familiar. Desde el punto de vista educativo, las simulaciones y modelos matemáticos utilizados en las sesiones interactivas fueron esenciales para desentrañar conceptos complejos como la desmineralización dental y la acción del flúor (Boulos et al., 2011; Kalyuga, 2014).

### **Comparación con Investigaciones Anteriores**

Los descubrimientos coinciden con las investigaciones de Griffin et al. (2019) y Gao et al. (2021), las cuales revelaron que los programas de prevención escolar, compuestos por el uso de flúor tópico y actividades educativas, reducen notablemente la incidencia de caries en la infancia. Sin embargo, se diferencia considerablemente de lo revelado por Slayton et al. (2018), quienes revelaron que la ausencia de una implicación continua de los padres compromete la efectividad a largo plazo de las intervenciones. En nuestra investigación, se mitigó este riesgo mediante la organización de talleres enfocados en los cuidadores, creando así un entorno de cooperación más sólido. El enfoque educativo basado en simulaciones ha sido avalado por estudiosos como Moreno y Mayer (2007), quienes subrayan que los entornos visuales dinámicos potencian el aprendizaje cognitivo. Investigaciones modernas en el ámbito de la neuroeducación revelan que el uso de imágenes y el ejercicio dinámico amplifican la memoria en aprendizajes abstractos (Tokuhama-Espinosa, 2019).

### **Impactos Educativos y Acciones Prácticas**

La investigación confirma la importancia de fusionar intervenciones médicas con enfoques pedagógicos de última generación. La utilización de simulaciones digitales para ilustrar la aparición de caries o la protección del flúor demostró ser una estrategia eficaz para potenciar el aprendizaje conceptual en infantes. Además, utilizar modelos matemáticos para desentrañar el peligro epidemiológico simplifica la anticipación de brotes de caries y permite tomar decisiones preventivas fundamentadas en evidencias robustas (Petersen & Kwan, 2010). Este estudio sugiere que el uso de herramientas tecnológicas y matemáticas en la enseñanza de la salud puede ser replicado en otras áreas educativas, ajustándose a diversos niveles cognitivos y socioculturales (DeWalt et al., 2017). Las simulaciones también pueden capacitar a los docentes para desentrañar conceptos científicos intrincados, fomentando una enseñanza interdisciplinaria más efectiva (Chi et al., 2018).

## **Limitaciones y Aspectos Relevantes para Investigaciones venideras**

Las limitaciones detectadas abarcan la extensión del estudio (12 semanas), lo que dificulta el análisis de los efectos persistentes con el paso del tiempo. Además, el estudio se realizó en una comunidad urbana con acceso a servicios odontológicos esenciales, lo que conlleva la urgencia de replicar en áreas rurales o en contextos de extrema vulnerabilidad. La formación previa del equipo educativo en el uso de simuladores digitales podría ser un freno en áreas con infraestructura tecnológica limitada (Kay et al., 2019). Se propone que futuras investigaciones incluyan modelos predictivos más sofisticados y ensayos longitudinales que evalúen cómo estas tácticas impactan las fases posteriores del crecimiento dental. Asimismo, sería beneficioso incluir métricas psicosociales como la autoconfianza o la ansiedad bucal, para medir el impacto total de las intervenciones (Petersen et al., 2015).

## **CONCLUSIÓN**

Este estudio demuestra empíricamente la efectividad de varias estrategias para la prevención de caries dentales en altas poblaciones, logrando los objetivos del diseño del estudio. El análisis de los datos cuantitativos y cualitativos demostró una reducción significativa en la incidencia de fluoruro, control nutricional y uso tópico de seguimiento regular, así como residuos dentales, después de la implementación de programas de prevención basados en capacitación dental. Una combinación de estos enfoques no solo redujo la prevalencia de la caries dental, sino que también aumentó el nivel de conocimiento y conciencia de la investigación de higiene oral. Una de las contribuciones metodológicas más innovadoras en este estudio fue la inclusión de modelos matemáticos predictivos y simulaciones educativas como herramientas para promover la comprensión de los conceptos abstractos relacionados con la prevención de la patogénesis, el avance y el colapso. La visualización calculada del riesgo cariogénico basado en variables clínicas y relacionadas con el contexto permite la aparición de la lesión y la indicación de intervenciones, mejorando su efectividad. Estos modelos no solo optimizaron la gestión de los recursos clínicos y educativos, sino que también facilitaron un aprendizaje importante entre los participantes, particularmente en los contextos escolares y comunitarios. Además, las simulaciones interactivas implementadas como parte del componente educativo permitieron a los usuarios influir en los hábitos de desarrollo de higiene y alimentos. Este enfoque benefició a la apropiación del contenido teórico, mejoró los niveles de retención y promovió un cambio sostenible en el comportamiento. Los resultados recibieron una nueva línea de investigación abierta, particularmente con respecto a la integración de nuevas tecnologías en el desarrollo de la higiene oral. La investigación futura puede examinar el uso de la inteligencia artificial, la realidad aumentada y el aprendizaje automático para el desarrollo de estrategias de adaptación para la prevención. También se recomienda evaluar la efectividad a largo plazo del programa e incluir indicadores de sostenibilidad y vigilancia en varios contextos sociodemográficos. En la síntesis

de este estudio contribuye al campo de la odontología preventiva al combinar estrategias clínicas y recursos pedagógicos basados en modelos matemáticos y simulaciones, y al demostrar que no solo altera los efectos preventivos, sino que también cambia los procesos educativos y los presupuestos de salud básicos en los grupos de población en peligro de distribución. Se promueve la salud bucal en la higiene oral en los grupos de población en peligro de extinción.

## REFERENCIAS

- Artavia-Rojas, M., Jiménez-Salazar, I., & Chaves-López, J. (2024). Simulaciones interactivas en la enseñanza de salud pública: una experiencia costarricense. *Revista Educación*, 48(1), 1–20.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2013). *Principles of biomedical ethics* (7th ed.). Oxford University Press.
- Bernal Parraga, A. P., Salinas Rivera, I. K., Allauca Melena, M. V., Vargas Solis Gisenia, G. A., Zambrano Lamilla, L. M., Palacios Cedeño, G. E., & Mena Moya, V. M. (2024). Integración de Tecnologías Digitales en la Enseñanza de Lengua y Literatura: Impacto en la Comprensión Lectora y la Creatividad en Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9683-9701. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13117](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13117)
- Bönecker, M., & Cleaton-Jones, P. (2003). Trends in dental caries in Latin American and Caribbean 5–6- and 11–13-year-old children: a systematic review. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 31(2), 152–157.
- Boulos, M. N. K., Hetherington, L., & Wheeler, S. (2011). Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education. *Health Information & Libraries Journal*, 24(4), 233–245.
- Carrillo-Yepes, D., Medina-González, D., & Torres-Hernández, L. (2023). Uso de simuladores digitales en la enseñanza de matemáticas. *Educación Matemática*, 35(2), 45–63.
- Chi, M. T. H., Roy, M., & Hausmann, R. G. M. (2018). Observing tutorial dialogues collaboratively: Insights about human tutoring effectiveness from vicarious learning. *Cognitive Science*, 32(2), 301–341.
- Crespo, D., González, M., & Martínez, J. (2022). Representaciones visuales y aprendizaje matemático: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 23–39.
- Dye, B. A., Thornton-Evans, G., Li, X., & Iafolla, T. J. (2017). Dental caries and sealant prevalence in children and adolescents in the United States, 2011–2012. *NCHS Data Brief*, (191), 1–8.
- Gao, S. S., Zhang, S., Mei, M. L., McGrath, C., & Chu, C. H. (2021). Caries remineralization and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment: A systematic review. *BMC Oral Health*, 16(1), 1–13.
- González-Sánchez, L., & Rodríguez-García, A. M. (2022). Tecnología educativa en el aula: impacto de las simulaciones en el aprendizaje. *Revista Electrónica Educare*, 26(2), 1–17.
- Griffin, S. O., Barker, L. K., Wei, L., Li, C. H., Albuquerque, M. S., & Gooch, B. F. (2019). Use of dental care and effective preventive services in preventing caries among US children and adolescents. *Medical Care*, 47(1), 30–37.



- Horowitz, A. M., & Kleinman, D. V. (2008). Oral health literacy: a pathway to reducing oral health disparities in Maryland. *Journal of Public Health Dentistry*, 68(4), 266–270.
- Ismail, A. I., Sohn, W., Tellez, M., Amaya, A., Sen, A., Hasson, H., & Pitts, N. B. (2007). The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 35(3), 170–178.
- Kalyuga, S. (2014). The expertise reversal principle in multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 576–597). Cambridge University Press.
- Kassebaum, N. J., Smith, A. G., Bernabé, E., Fleming, T. D., Reynolds, A. E., Vos, T., ... & Murray, C. J. (2015). Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015. *Journal of Dental Research*, 96(4), 380–387.
- Londoño, J. A. (2011). El aprendizaje constructivista: fundamentos y aplicaciones. *Educación y Educadores*, 14(2), 239–253.
- Marinho, V. C. C., Higgins, J. P. T., Logan, S., & Sheiham, A. (2016). Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(7), CD002279.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326.
- Ortiz-Ramírez, L. M., Rodríguez-Macías, M., & Ramírez-Luna, J. (2023). Modelos matemáticos aplicados a la educación: Una revisión sistemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, 83(1), 145–160.
- Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., ... & Watt, R. G. (2019). Oral diseases: a global public health challenge. *The Lancet*, 394(10194), 249–260.
- Petersen, P. E. (2020). Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. World Health Organization.
- Pine, C. M., Adair, P. M., Nicoll, A. D., Burnside, G., Petersen, P. E., Beighton, D., & Anderson, R. (2000). International comparisons of health inequalities in childhood dental caries. *Community Dental Health*, 17(1), 12–20.
- Pitts, N. B., Baez, R. J., Diaz-Guallory, C., & Kwan, S. (2019). Early childhood caries: IAPD Bangkok Declaration. *International Dental Journal*, 69(6), 471–473.
- Reyes-Torres, M., & Sánchez-Vera, M. M. (2023). Tecnología educativa y comprensión conceptual: un análisis sistemático. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 101–118.
- Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *The Lancet*, 369(9555), 51–59.
- Sierra-Botero, M., & Herrera-Rivera, N. (2023). Simulaciones educativas como estrategia para la comprensión de conceptos abstractos en ciencias. *Educación y Pedagogía*, 35(94), 89–104.

- Slayton, R. L., Urquhart, O., Araujo, M. W. B., Fontana, M., Guzmán-Armstrong, S., Nascimento, M. M., ... & Tampi, M. P. (2018). Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions. *Journal of the American Dental Association*, 149(10), 837–849.
- Tellez, M., Gray, S. L., Gray, H. M., Lim, S., & Ismail, A. I. (2013). An assessment of the validity of caries risk assessment tools in the prediction of future dental caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 41(1), 67–78.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2019). *The Neuroscience of Learning and Development: Enhancing Creativity, Compassion, Critical Thinking, and Peace in Higher Education*. Teachers College Press.
- Walsh, T., Worthington, H. V., Glenny, A. M., Appelbe, P., Marinho, V. C., & Shi, X. (2020). Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD007868.
- Watt, R. G., Daly, B., Allison, P., Macpherson, L. M. D., Venturelli, R., Listl, S., & Mathur, M. R. (2019). Ending the neglect of global oral health: time for radical action. *The Lancet*, 394(10194), 261–272.
- World Health Organization. (2022). Oral health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>