UNIVERSIDAD HEMISFERIOS

Facultad de Ciencias de la Salud

Tema:

Eficacia antimicrobiana de dentífricos pediátricos: estudio comparativo entre seis marcas comerciales.

Artículo para la obtención del Título de Especialista en Odontopediatría

Presentada por:

Jessica Consuelo Rosero Guerrero

Tutor:

Ing. Boris Hernán Villacrés Granda, M. Sc.

Quito, abril de 2025

Resumen

Las pastas dentales son esenciales para la salud bucal, ya que ayudan a prevenir la caries, fortalecer el esmalte y reducir la placa bacteriana. Su uso regular, junto con una buena técnica de cepillado, contribuye a la prevención de enfermedades dentales y al mantenimiento de una higiene oral óptima. El presente estudio *in vitro* evaluó el efecto antimicrobiano de seis pastas dentales pediátricas contra las cepas bacterianas *Streptococcus mutans* ATCC 25175 y *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, principales microorganismos involucrados en el proceso de caries dental. Se analizaron dos pastas dentales de distribución mundial avaladas por la ADA y cuatro comercializadas en Ecuador. La metodología empleó el método de difusión en pozos de agar, con mediciones por triplicado de los halos de inhibición, realizadas bajo condiciones anaerobias controladas a 37.5°C. Los resultados revelaron que frente a *L. acidophilus* ATCC 43556, Denture Kids® y Oral B Stage® exhibieron la mayor actividad inhibitoria, con halo de inhibición de 20.37 mm y 20.28 mm respectivamente. Para *S. mutans* ATCC 25175, Crest Kid´s Cavity Protection® y Blendy Cool® mostraron la mayor efectividad, con halo de inhibición de 20.03 mm y 19.52 mm. El análisis estadístico demostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las marcas evaluadas. Se encontró que la composición química, especialmente los sistemas de humectantes y conservantes, influyeron significativamente en la actividad antimicrobiana. Las pastas que contienen sorbitol como único humectante (Denture kids® y Blendy Cool®), mostraron un patrón de efectividad diferente a aquellas que combinaban sorbitol y glicerina. Las diferencias en la actividad antimicrobiana entre las pastas dentales evaluadas fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$), confirmando que la elección de la pasta dental puede tener un impacto relevante en el control microbiológico de la cavidad oral.

Palabras clave: DENTÍFRICOS; STREPTOCOCCUS MUTANS; LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS; AGENTES ANTIBACTERIANOS; CARIES DENTAL; ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA.

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Jessica Consuelo Rosero Guerrero

Firmado electrónicamente por:
JESSICA CONSUELO
ROSERO GUERRERO

1719922054

Dedicatoria

A Dios, a la virgen de Guadalupe y al divino niño, por su bondad y su plan perfecto que han tenido conmigo, ya que me han permitido sobresalir ante todas las adversidades y son quienes me han guiado y han dado luz a mi camino.

A mi madre Consuelo Guerrero quien ha sido la mujer más ejemplar, llena de fuerzas y virtudes, dispuesta a sacarme hacia delante. A mi hermana Cristina, mi segunda madre, una mujer luchadora quien ha generado el apoyo en toda mi carrera, ha sido el pilar fundamental y ejemplo de lucha durante mi vida, para así formarme personal, académica y profesionalmente. A mi hermana Fernanda, mi amiga incondicional, gracias por las aventuras que compartimos juntas y por la enseñanza que nos ha dejado cada una de ellas, por ser quien ha formado mi carácter, por cada uno de los consejos para guiarme por el sendero correcto; a mi hermano Juan y a mis sobrinos Danniel, Isaac, Jacobo, Jana y a Doménica por su Amor incondicional y desear siempre lo mejor para mí.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Boris Villacreses por su apoyo incondicional durante este proceso. Su guía y compromiso fueron clave para el desarrollo de esta tesis. Gracias por su paciencia, conocimientos y motivación constante.

Índice

Resumen.....2

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos 4

Dedicatoria.....5

Índice.....6

Índice De Tablas 7

Índice De Figuras.....8

Resumen.....9

Abstract.....10

Introducción 11

Metodología 24

Hallazgos.....29

Análisis del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos respecto a *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356.....29

Análisis del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos respecto a Streptococcus mutans ATCC 25175.....35

Discusión.....39

Conclusiones.....42

Referencias.....44

Índice De Tablas

Tabla 1. Análisis detallado de la composición química en pastas dentales pediátricas. 25

Tabla 2. Medición del halo de inhibición de crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 frente a pastas dentales pediátricas: se muestra el valor promedio del halo de inhibición medido en cultivos de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 (n = 162). 30

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para halo de inhibición inhibitorio del crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 32

Tabla 4. Prueba ANOVA para halo de inhibición de crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 frente a pastas dentales pediátricas. 32

Tabla 5. Comparaciones múltiples del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos frente a Lactobacillus acidophilus ATCC 4356, con el método Games-Howell. 33

Tabla 6. Medición del halo de inhibición de crecimiento de Streptococcus mutans ATCC 25175 frente a pastas dentales pediátricas (n = 162) 35

Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes para el análisis del efecto antimicrobiano de diferentes marcas de pastas dentales pediátricas frente a Streptococcus mutans ATTC 25175. 37

Tabla 8. Comparaciones por parejas de los halos inhibitorios producidos por pastas dentales frente Streptococcus mutans ATCC 25175. 38

Índice De Figuras

Figura 1. Pruebas piloto: Prueba de medios de cultivo y metodologías para análisis de inhibición microbiana. Se observan los halos de inhibición generados por discos embebidos en las pastas dentales (2) y por perforaciones en el agar con aplicación directa de la pasta (3). .27

Figura 2. Evaluación de la actividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frente a Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 y Streptococcus mutans ATCC 25175. 29

Figura 3. Diámetro de halo inhibitorio (mm) 31

Figura 4. Diferencias en las medias de inhibición entre las distintas marcas de pastas 33

Figura 5. Evaluación de la efectividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frente a Streptococcus mutans ATCC 25175. 36

EFICACIA ANTIMICROBIANA DE DENTÍFRICOS PEDIÁTRICOS: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE SEIS MARCAS COMERCIALES.

Jessica Consuelo Rosero Guerrero

jcroserog@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

Las pastas dentales son esenciales para la salud bucal, ya que ayudan a prevenir la caries, fortalecer el esmalte y reducir la placa bacteriana. Su uso regular, junto con una buena técnica de cepillado, contribuye a la prevención de enfermedades dentales y al mantenimiento de una higiene oral óptima. El presente estudio *in vitro* evaluó el efecto antimicrobiano de seis pastas dentales pediátricas contra las cepas bacterianas *Streptococcus mutans* ATCC 25175 y *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, principales microorganismos involucrados en el proceso de caries dental. Se analizaron dos pastas dentales de distribución mundial avaladas por la ADA y cuatro comercializadas en Ecuador. La metodología empleó el método de difusión en pozos de agar, con mediciones por triplicado de los halos de inhibición, realizadas bajo condiciones anaerobias controladas a 37.5°C. Los resultados revelaron que frente a *L. acidophilus* ATCC 43556, Denture Kids® y Oral B Stage® exhibieron la mayor actividad inhibitoria, con halo de inhibición de 20.37 mm y 20.28 mm respectivamente. Para *S. mutans* ATCC 25175, Crest Kid´s Cavity Protection® y Blendy Cool® mostraron la mayor efectividad, con halo de inhibición de 20.03 mm y 19.52 mm. El análisis estadístico demostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las marcas evaluadas. Se encontró que la composición química, especialmente los sistemas de humectantes y conservantes, influyeron significativamente en la actividad antimicrobiana. Las pastas que contienen sorbitol como único humectante (Denture kids® y Blendy Cool®), mostraron un patrón de efectividad diferente a aquellas que combinaban sorbitol y glicerina. Las

diferencias en la actividad antimicrobiana entre las pastas dentales evaluadas fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$), confirmando que la elección de la pasta dental puede tener un impacto relevante en el control microbiológico de la cavidad oral.

Palabras clave: DENTÍFRICOS; STREPTOCOCCUS MUTANS; LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS; AGENTES ANTIBACTERIANOS; CARIES DENTAL; ODONTOLOGÍA PEDIÁTRICA.

Abstract

Toothpastes are essential for oral health, as they help prevent caries, strengthen enamel, and reduce bacterial plaque. Their regular use, together with a good brushing technique, contributes to the prevention of dental diseases and the maintenance of optimal oral hygiene. The present in vitro study evaluated the antimicrobial effect of six pediatric toothpastes against the bacterial strains Streptococcus mutans ATCC 25175 and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, the main microorganisms involved in the dental caries process. Two toothpastes of worldwide distribution endorsed by the ADA and four commercialized in Ecuador were analyzed. The methodology employed the agar well diffusion method, with measurements in triplicate of the inhibition halos, performed under controlled anaerobic conditions at 37.5°C. The results revealed that against L. acidophilus ATCC 43556, Denture Kids® and Oral B Stage® exhibited the highest inhibitory activity, with inhibition haloes of 20.37 mm and 20.28 mm, respectively. For S. mutans ATCC 25175, Crest Kid's Cavity Protection® and Blendy Cool® showed the highest effectiveness, with inhibition haloes of 20.03 mm and 19.52 mm. Statistical analysis showed significant differences ($p < 0.05$) between the brands evaluated. Chemical composition, especially wetting and preservative systems, was found to significantly influence antimicrobial activity. Pastes containing sorbitol as the sole humectant (Denture kids® and Blendy Cool®), showed a

different pattern of effectiveness than those combining sorbitol and glycerin. The differences in antimicrobial activity among the toothpaste evaluated were statistically significant ($p < 0.05$), confirming that the choice of toothpaste can have a relevant impact on the microbiological control of the oral cavity.

Keywords: DENTIFRICES; STREPTOCOCCUS MUTANS; LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS; ANTI-BACTERIAL AGENTS; DENTAL CARIES; PEDIATRIC DENTISTRY.

Introducción

La salud oral constituye un componente fundamental del bienestar general de una persona, siendo la prevención de enfermedades orales un aspecto crítico para mantener una buena calidad de vida (Walter de Aguiar et al., 2010). Las estrategias preventivas no solo ayudan a evitar problemas que afectan funciones básicas como la alimentación y el habla, sino que también influyen significativamente en aspectos sociales, psicológicos y económicos del individuo (Pardillo et al., 2014). La ausencia de afecciones bucales mejora notablemente el bienestar general y la calidad de vida de las personas (Walter de Aguiar et al., 2010).

El mantenimiento de la salud oral requiere un enfoque integral que incluye prácticas de higiene regular, revisiones dentales periódicas y un estilo de vida saludable. (Walter de Aguiar et al., 2010). La implementación temprana de estas prácticas preventivas es especialmente crucial durante la infancia, cuando se establecen los hábitos de salud oral que perdurarán durante toda la vida (Walter de Aguiar et al., 2010). Este enfoque preventivo no solo reduce el riesgo de desarrollar enfermedades bucales, sino que también establece una base sólida para la salud oral futura (Pardillo et al., 2014).

La eliminación mecánica de la biopelícula bacteriana, especialmente de la lengua, tiene un efecto positivo en la prevención de la caries, ya que reduce las unidades formadoras

de colonias de Streptococcus y el índice de placa en toda la boca (Pardillo et al., 2014). Los estudios sugieren que la higiene de la lengua debería formar parte de un protocolo integral de higiene bucal para los niños (Mosaico et al., 2024). El uso de productos innovadores de higiene bucal ha demostrado efectos significativos en la alteración del metabolismo de los microorganismos formadores de placa y la reducción de la producción de ácido (Palanisamy, 2024).

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha identificado la salud oral como un aspecto esencial de la salud pública, especialmente en comunidades marginadas donde el acceso a servicios dentales es limitado; el informe sobre el estado de la salud bucal mundial de 2022 revela una cifra alarmante: aproximadamente 3.500 millones de personas padecen enfermedades bucales, con una prevalencia especialmente alta en países de ingresos medios (OMS, 2022).

La caries de la primera infancia (ECC) representa un desafío particular a nivel mundial, con una prevalencia que varía significativamente entre regiones (Uribe et al., 2021). Los estudios sistemáticos han revelado tasas de prevalencia del 48 % a nivel global, con variaciones notables: África (30 %), América (48 %), Asia (52 %), Europa (43 %) y Oceanía (82 %) (Uribe et al., 2021). Estas diferencias reflejan la desigualdad en el acceso a la atención dental y las variaciones en las políticas de salud pública entre regiones.

La negligencia dental, que está estrechamente relacionada con la caries no tratada, tiene una prevalencia que oscila entre el 34 % y el 56 % a nivel mundial. (Uribe et al., 2021). En algunos estudios, la caries no tratada se ha reportado entre el 38.9 % y el 99 % de los casos (Khalid et al., 2022). Estos hallazgos destacan la naturaleza persistente y generalizada de la caries dental entre los niños de todo el mundo.

En Ecuador, la situación es particularmente preocupante en la población infantil. Estudios recientes indican que aproximadamente el 70 % de los niños entre 8 y 10 años presentan caries dental, lo que evidencia la magnitud del problema en el ámbito de la salud oral pediátrica (Parise-Vasco et al., 2020). Esta alta prevalencia subraya la urgente necesidad de implementar iniciativas integrales de salud bucal en el país.

Además, las disparidades socioeconómicas en el acceso a servicios dentales representan un desafío significativo en Ecuador (Parise-Vasco et al., 2020). Los factores socioeconómicos y la caries dental están estrechamente relacionados con la calidad de vida, y las investigaciones indican que las personas con un nivel socioeconómico más bajo tienden a tener una salud bucal más deficiente (Knorst et al., 2021).

La caries dental se define como una enfermedad oral crónica multifactorial caracterizada por la desmineralización progresiva de los tejidos duros del diente, resultante de la interacción compleja entre el microbiota cariogénico, los carbohidratos fermentables de la dieta y factores del huésped (Chen et al., 2021). Esta condición se distingue por la producción de ácidos orgánicos por parte de bacterias específicas que metabolizan los azúcares, lo que resulta en la pérdida de minerales de la estructura dental y la eventual formación de cavidades (Astasov-Frauenhoffer & Kulik, 2021).

En términos de su desarrollo, la caries dental sigue un proceso dinámico que alterna entre períodos de desmineralización y remineralización (Chen et al., 2021). Cuando el equilibrio se inclina hacia la desmineralización debido a períodos prolongados de pH bajo (por debajo de 5.5) en la biopelícula dental, se inicia la pérdida de minerales del esmalte; este proceso puede revertirse en sus etapas iniciales si se restablecen las condiciones favorables de pH y se dispone de suficientes iones de calcio, fosfato y fluoruro en el entorno oral (Chen et al., 2021).

Las manifestaciones clínicas de la caries dental varían según su estado de desarrollo y localización (Chen et al., 2021). Las lesiones iniciales se presentan como áreas de desmineralización sin cavitación, visibles como manchas blancas opacas en el esmalte. A medida que la enfermedad progresa, se pueden desarrollar cavitaciones que eventualmente pueden alcanzar la dentina, causando sensibilidad y dolor; sin tratamiento, la caries puede progresar hasta afectar la pulpa dental, resultando en complicaciones más severas como infecciones y pérdida dental (Zaror et al., 2022).

La patogénesis de la caries dental implica la alteración de la homeostasis microbiana oral, lo que lleva a la acumulación de biopelículas cariogénicas caracterizadas por especies acidógenas y tolerantes a los ácidos (Zaror et al., 2022). La exposición prolongada a ambientes de pH bajo favorece a estos microorganismos oportunistas, resultando en el cambio de una biopelícula benigna a una patógena (Chen et al., 2021).

La etiología de la caries dental implica la interacción de tres factores principales: bacterias cariogénicas (principalmente *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus spp*.), sustrato (carbohidratos fermentables) y factores del huésped (anatomía dental, composición salival, higiene oral); estos elementos, conocidos clásicamente como la tríada de Keyes, interactúan en un período específico, creando las condiciones necesarias para el inicio y progresión de las lesiones cariosas (Baker et al., 2021).

La progresión de la enfermedad está influenciada por múltiples factores, incluyendo la dieta, la higiene oral y las condiciones ambientales de la cavidad oral (Zaror et al., 2022). La alteración de cualquiera de estos factores puede modificar el curso de la enfermedad, lo que subraya la importancia de un enfoque preventivo integral (Chen et al., 2021).

La microbiota oral representa un ecosistema complejo que comprende hasta 1000 especies de bacterias, hongos, virus, arqueas y protozoos, desempeñando un papel crucial en

el mantenimiento de la salud oral y sistémica a través de interacciones dinámicas con el huésped (Radaic & Kapila, 2021). Estos microorganismos forman comunidades de biopelículas polimicrobianas en las superficies dentales, influenciadas por la genética del huésped, la dieta, la higiene bucal y los factores ambientales (Sedghi et al., 2021).

La composición del microbioma oral varía con la edad y el estado de salud dental, observándose diferencias significativas en los niños con caries graves en la primera infancia, en comparación con los niños sin caries (Zaror et al., 2022). El *Streptococcus mutans* es más prevalente en la placa dental de los niños con caries graves de primera infancia, ya que su alta capacidad de adhesión y producción de ácido favorece la desmineralización del esmalte y la progresión de la enfermedad. (De Jesus et al., 2021).

La interacción entre las comunidades microbianas y las respuestas inmunitarias del huésped es crucial, ya que ciertos marcadores inmunológicos del hospedador están elevados en las personas con caries, lo que sugiere una interacción compleja entre el microbioma y la inmunidad del hospedador (Baker et al., 2021). El papel de la microbiota oral va más allá de la salud bucal local, ya que puede influir en las enfermedades sistémicas al desencadenar una desregulación inmunológica y una señalización proinflamatoria (Khor et al., 2021).

Streptococcus mutans es reconocido como un patógeno primario en la iniciación y desarrollo de la caries dental, destacándose por su capacidad para formar biopelículas y producir ácidos; esta bacteria grampositiva es particularmente eficiente en la fermentación de azúcares y la producción de ácido láctico, contribuyendo significativamente a la desmineralización de los dientes (Baker et al., 2021). Su prevalencia en la placa dental infantil alcanza el 69 % entre las cepas aisladas, lo que indica su influencia en el microbiota oral (Soni, 2015).

Los mecanismos de virulencia de *S. mutans* son diversos y sofisticados; la bacteria produce vesículas de membrana que contienen glucano-sintasas insolubles y ADN extracelular, que promueven la unión inicial y la colonización de otras bacterias como *Actinomyces oris*, estabilizando la estructura de la biopelícula (Mizuta & Suzuki, 2024). La matriz de la biopelícula, compuesta por sustancias poliméricas extracelulares, protege a la colonia bacteriana de amenazas externas y está influenciada por nutrientes ambientales como la sacarosa (Waldman et al., 2023).

La capacidad de *S. mutans* para adherirse a las superficies dentales y formar biopelículas se debe principalmente a la producción de glucanos a través de glucosiltransferasas, que facilitan la agregación y adhesión bacteriana (Gao et al., 2024). Esta característica, junto con su capacidad para prosperar en ambientes ácidos, lo convierte en un agente clave en la patogénesis de la caries.

Lactobacillus acidophilus es conocido por su acidogenicidad y aciduricidad, características cruciales en el contexto de la caries dental (Baker et al., 2021). Los ácidos producidos por estas bacterias pueden reducir significativamente el pH del entorno bucal, provocando la desmineralización del esmalte dental y la progresión de la caries dental (Chopra et al., 2022). Las investigaciones han demostrado que las especies de *Lactobacillus* se encuentran comúnmente en las caries dentales activas, indicando su importante papel en la progresión de la actividad cariosa (Reis et al., 2021).

Las especies de *Lactobacillus*, como *L. fermentum*, se han asociado con índices de caries más altos en niños, reforzando su papel en la progresión de la caries dental (Lapirattanakul et al., 2020). Los lactobacilos son pobladores oportunistas que prosperan en nichos específicos, como cavidades cariadas, donde condiciones como el pH bajo y la

disponibilidad de carbohidratos son favorables; esta adaptación al nicho es crucial para su colonización y persistencia en la cavidad oral (Caufield et al., 2015).

La interacción entre *S. mutans y L. acidophilus* puede potenciar los efectos cariogénicos. Se ha demostrado que la presencia simultánea de estas bacterias puede incrementar la producción de polisacáridos extracelulares insolubles, fundamentales para la formación y estabilidad de la biopelícula, promoviendo aún más la progresión de la caries dental (Baker et al., 2021). Los estudios han revelado que la combinación de *L. acidophilus* con *S. mutans* aumenta la profundidad de las lesiones cariosas (Santos et al., 2021). La dinámica competitiva entre *S. mutans* y los estreptococos comensales, particularmente *Streptococcus sanguinis*, juega un papel crucial en la microecología oral. Mientras que *S. mutans* prospera en ambientes ácidos debido a su aciduricidad y producción de bacteriocinas, los estreptococos comensales producen sustancias alcalinas y antibacterianas que inhiben el crecimiento de *S. mutans*, manteniendo el equilibrio microbiano (Ye et al., 2024).

La interacción entre estas comunidades bacterianas y el sistema inmune del huésped es compleja y bidireccional. La presencia de estos microorganismos puede desencadenar respuestas inmunes específicas que influyen en la progresión de la enfermedad, mientras que las condiciones del huésped pueden afectar la colonización y proliferación bacteriana (Baker et al., 2021).

La selección específica de las cepas bacterianas *S. mutans* ATCC 25175 y L. *acidophilus* ATCC 4356 para este estudio se basó en su rol establecido en la patogénesis de la caries dental. *S. mutans* es reconocido como un patógeno primario en la iniciación de la caries, con capacidad demostrada para formar biopelículas y producir ácidos que desmineralizan el esmalte dental (Gao et al., 2024). Por su parte, *L. acidophilus* contribuye

significativamente a la progresión de las lesiones cariosas debido a sus propiedades acidogénicas y acidúricas (Chopra et al., 2022).

Los orígenes de la pasta dental se remontan a varios miles de años, con las primeras formas consistiendo en materiales rudimentarios como cáscaras de huevo o cenizas trituradas. Las primeras menciones de productos de higiene dental, incluyendo los polvos dentales, se encuentran en tabletas de arcilla de Mesopotamia que datan de hace 5000 años (Gurudath et al., 2012). Estas prácticas formaban parte de un conjunto más amplio de medidas de higiene bucal que incluían palillos y bastones de mascar, utilizados por civilizaciones antiguas como los egipcios, mesopotámicos, grecorromanos, hindúes y chinos (Gurudath et al., 2012).

El aumento de la caries dental durante el período neolítico, atribuido al incremento de los alimentos vegetales ricos en carbohidratos, probablemente impulsó el desarrollo de estos primeros productos para el cuidado dental (Forrai, 2009). Con el tiempo, la formulación de los dentífricos evolucionó significativamente, impulsada por la necesidad de combatir la placa, que es la principal causa de caries, mal aliento y enfermedades periodontales (Davies et al., 2010).

El siglo XX fue testigo de avances significativos con la introducción del flúor y otros componentes específicos, lo que refleja una adaptación continua a las necesidades de los usuarios (Davies et al., 2010). Esta evolución desde los polvos simples hasta las formulaciones complejas actuales pone de relieve la permanente preocupación por mejorar la eficacia de estos productos en la prevención de enfermedades orales (Brevet, 2017).

Las pastas dentales modernas incorporan diversos ingredientes activos para mejorar su eficacia, incluyendo calcio y flúor, que son cruciales para prevenir enfermedades dentales al mejorar las propiedades remineralizantes de la saliva y proporcionar efectos anticaries

(Успенская et al., 2019). La inclusión de enzimas mejora el efecto limpiador al descomponer la matriz orgánica de la placa y ejercer efectos bacteriostáticos, siendo particularmente beneficiosos para personas con caries muy graves (Abdrashitova et al., 2022).

Los componentes abrasivos en las pastas dentales, como las arcillas minerales y el carbonato de calcio, son fundamentales para mantener la integridad de la superficie del esmalte dental sin afectar significativamente su suavidad o pulido (Gonçalves et al., 2024). La incorporación de componentes naturales como el aloe vera y extractos de plantas ha mostrado efectos antimicrobianos prometedores contra bacterias orales específicas (Ordu & Aguma, 2024).

Las innovaciones recientes han introducido elementos como la nanohidroxiapatita (NhAP), que cumple una doble función en la remineralización y la actividad antibacteriana, particularmente cuando se combina con extractos de zinc y otros componentes naturales (Dobrota et al., 2024). El uso de extractos de plantas naturales, como las hojas de neem y guayaba, que poseen propiedades antibacterianas y antisépticas, ofrece alternativas herbales que compiten eficazmente con las marcas comerciales en términos de mantener la higiene bucal y prevenir la caries dental (Prashant et al., 2024).

Las regulaciones internacionales establecidas por la Asociación Dental Americana (ADA) y la Federación Dental Mundial (FDI) enfatizan la importancia del flúor como componente esencial de dentífricos; para las pastas dentales pediátricas, se recomienda una concentración de flúor entre 1000 ppm y 1500 ppm, un rango que busca equilibrar la eficacia en la prevención de caries con la minimización del riesgo de fluorosis dental (Parra Hidalgo et al., 2024).

Los estándares de calidad y seguridad son desarrollados y aplicados por diversos organismos reguladores, incluyendo la Administración de Alimentos y Medicamentos y el

Reglamento Europeo de Dispositivos Médicos; la norma internacional EN ISO 13485 juega un papel crucial en la definición de los requisitos de gestión de la calidad para los fabricantes, enfatizando un enfoque orientado a procesos que incluye la responsabilidad de la gestión, la gestión de riesgos y la vigilancia posterior a la comercialización (Harer & Schröttner, 2023).

En el caso específico de las pastas dentales pediátricas, las regulaciones son particularmente estrictas debido a la vulnerabilidad de la población infantil (Parra Hidalgo et al., 2024). Los estudios en Brasil y México han demostrado que las regulaciones permiten el uso de pastas dentales con concentraciones de flúor que no siempre coinciden con la mejor evidencia disponible, lo que subraya la necesidad de armonizar las regulaciones nacionales con las recomendaciones internacionales basadas en evidencia (Leite et al., 2023).

Los estudios *in vitro* proporcionan ventajas significativas en la investigación de agentes antimicrobianos, incluyendo la capacidad de controlar las condiciones experimentales y evaluar rápidamente la eficacia de los productos contra cepas microbianas específicas. Estas investigaciones utilizan diversas metodologías, como los ensayos de difusión en pozos de agar, difusión en disco y Time-Kill, que permiten evaluar el potencial de los extractos naturales y los compuestos puros para inhibir el crecimiento microbiano (Kurhekar et al., 2019a). Los modelos *in vitro* pueden simular condiciones farmacocinéticas, lo que permite evaluar las combinaciones de productos y sus interacciones, aspecto crucial para desarrollar tratamientos efectivos contra patógenos orales (Ding et al., 2014). Sin embargo, es importante reconocer que estos estudios tienen limitaciones inherentes, como la incapacidad de reproducir completamente el complejo entorno fisiológico de la cavidad oral, lo que puede afectar a la precisión de la predicción de la eficacia *in vivo* (Nussbaumer-Pröll & Zeitlinger, 2020).

El método de difusión en pozos de agar se ha establecido como una técnica estándar para evaluar las propiedades antimicrobianas de las pastas dentales; esta metodología permite la medición de zonas de inhibición alrededor de los pozos que contienen las muestras de pasta dental, proporcionando una medida cuantificable de la actividad antimicrobiana (Whiliki, et al., 2024). Esta eficacia puede variar significativamente según la concentración de los ingredientes activos y el tipo de microorganismo evaluado. Las evaluaciones *in vitro* de pastas dentales pediátricas han revelado que incluso con concentraciones más bajas de flúor, estas formulaciones muestran actividad antimicrobiana significativa contra patógenos orales específicos (Malhotra & Shashikiran, 2017). La comparación entre diferentes marcas y formulaciones requiere condiciones experimentales estandarizadas para garantizar la validez de los resultados comparativos.

Los estudios con modelos de biopelícula multiespecie proporcionan información adicional sobre la eficacia de las pastas dentales en condiciones que se asemejan más al ambiente oral natural. Estos modelos permiten evaluar no solo la actividad antimicrobiana directa sino también los efectos sobre la formación y estructura de las biopelículas (Christina Viju John et al., 2024). La interpretación de los resultados *in vitro* requiere una consideración cuidadosa de las limitaciones inherentes a estos estudios. Aunque proporcionan información valiosa sobre las propiedades mecánicas y bioquímicas de las pastas dentales, estos resultados deben correlacionarse con estudios clínicos para establecer su relevancia práctica (Bhatavadekar et al., 2020).

En odontología pediátrica, los estudios *in vitro* sobre la abrasividad de las pastas dentales han revelado que las formulaciones que contienen flúor pueden reducir significativamente la erosión del esmalte, lo que subraya su relevancia clínica para proteger los dientes de los niños (Passos et al., 2021). Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la selección de productos apropiados en la práctica clínica.

La extrapolación de resultados *in vitro* a la situación clínica debe realizarse con cautela, considerando las complejas interacciones que ocurren en el ambiente oral; la presente investigación se fundamenta en la necesidad crítica de evaluar y comparar la eficacia antimicrobiana de pastas dentales pediátricas disponibles tanto a nivel mundial como en el mercado ecuatoriano (Knorst et al., 2021). Esta necesidad se hace particularmente evidente, considerando la alta prevalencia de caries dental en la población infantil ecuatoriana, donde aproximadamente el 70 % de los niños entre 8 y 10 años presentan esta condición (Parise-Vasco et al., 2020).

La importancia de este estudio se magnifica al considerar las disparidades existentes en el acceso a servicios dentales y productos de higiene oral de calidad (Parise-Vasco et al., 2020). Las investigaciones indican que las personas con un nivel socioeconómico más bajo tienden a tener una salud bucal más deficiente, independientemente de la clasificación económica del país (Knorst et al., 2021). Esta realidad subraya la necesidad de identificar productos efectivos y accesibles para la población. La evaluación comparativa de productos comercialmente disponibles proporcionará información vital para profesionales de la salud dental, padres y cuidadores en la selección de productos efectivos para la prevención de la caries; este aspecto es particularmente relevante considerando que la caries de la primera infancia tiene un impacto significativo en la calidad de vida tanto de los niños, como de sus familias (Zaror et al., 2022).

Los resultados de esta investigación buscan influir en múltiples niveles del cuidado de la salud oral. A nivel clínico, proporcionarán evidencia científica para guiar las recomendaciones de productos por parte de los profesionales de la salud dental. A nivel de salud pública, los hallazgos podrían informar políticas y estrategias preventivas, particularmente en el contexto ecuatoriano donde la caries dental representa un problema significativo de salud pública. La identificación de productos efectivos y accesibles es

crucial, considerando que la prevención de la caries dental requiere un enfoque integral que incluye el uso regular de productos de higiene oral apropiados.

Las implicaciones de este estudio se extienden más allá del contexto inmediato de la investigación. Los hallazgos podrían servir como base para futuras investigaciones sobre la formulación y desarrollo de pastas dentales más efectivas, específicamente diseñadas para las necesidades de la población pediátrica local. Además, la metodología empleada podría servir como modelo para evaluaciones similares en otros contextos geográficos o con diferentes productos dentales.

Los resultados de esta investigación contribuirán al conocimiento científico sobre la eficacia de las pastas dentales pediátricas y proporcionarán información útil para profesionales de la salud dental, padres y cuidadores en la selección de productos apropiados para la higiene oral infantil. Además, los hallazgos podrían tener implicaciones para el desarrollo de futuras formulaciones de pastas dentales y políticas de salud ppublica enfocadas en evitar la aparición de caries en niños.

Este estudio resulta de gran interés tanto en el ámbito académico como en el profesional, ya que aborda el efecto antimicrobiano de seis pastas dentales para niños, dos de ellas avaladas por la Asociación Dental Americana (ADA) y cuatro comercializadas en Ecuador. La investigación se centra en evaluar su actividad antimicrobiana frente a *Streptococcus mutans* ATCC 27175 y *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 mediante un estudio in vitro. Los hallazgos obtenidos proporcionan un sustento científico robusto que puede optimizar la toma de decisiones clínicas en odontopediatría, promoviendo una selección adecuada de agentes profilácticos. Esto, a su vez, repercute directamente en el éxito terapéutico y en la mejora de los protocolos de prevención y tratamiento de la caries dental.

Metodología

El presente estudio se enmarca en un diseño experimental *in vitro*, de tipo transversal, Su carácter experimental se fundamenta en la manipulación controlada de variables independientes (pastas dentales) para evaluar su efecto sobre variables dependientes (actividad antimicrobiana) en condiciones de laboratorio estrictamente controladas. El componente experimental se establece a través de la medición sistemática y documentación de los halos de inhibición de crecimiento microbiano, mientras que su naturaleza epidemiológica se refleja en el análisis de patrones de efectividad antimicrobiana en diferentes marcas comerciales.

Para el estudio se seleccionaron seis pastas dentales comercialmente disponibles: Colgate Cavity Protection ®, Crest Kid's Cavity Protection ®, Denture Kids ®, Blendy Cool ®, Oral-B Stages ® y Colgate Zero ®. La composición química de cada pasta dental fue documentada y analizada detalladamente, encontrando que todas contenían sílice hidratada como principal agente abrasivo. Los humectantes variaron entre las marcas, con Colgate Cavity Protection ®, Crest Kid's Cavity Protection ®, Oral-B Stages ® y Colgate Zero ® utilizando una combinación de sorbitol y glicerina, mientras que Denture Kids y Blendy Cool contenían únicamente sorbitol (Tabla 1).

En cuanto a los conservantes, se identifica una diferencia notable entre las marcas. Colgate Cavity Protection ® contiene metilparabeno y propilparabeno; Crest Kid's ® utiliza sorbato de potasio; Oral-B Stages ® emplea una combinación de benzoato de sodio y sorbato de potasio; mientras que Colgate Zero ® incorpora alcohol bencílico. Los espesantes y fijadores también muestran variaciones, con Colgate Cavity Protection ® utilizan carboximetilcelulosa, Crest Kid's ® emplean carragenina, y las demás marcas usan goma de

celulosa. Es importante destacar que todas las pastas comparten el lauril sulfato de sodio como agente detergente principal (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis detallado de la composición química en pastas dentales pediátricas.

Componente	**Colgate Cavity Protection ®**	**Crest Kid´s Cavity Protection ®**	**Denture Kids ®**	**Blendy Cool ®**	**Oral-B Stages ®**	**Colgate Zero ®**
Abrasivos	Sílice Hidratada	Sílice Hidratada	Sílice Hidratada	Sílice Hidratada	Sílice Hidratada	Sílice Hidratada
Humectantes	Sorbitol, Glicerina	Sorbitol, Glicerina	Sorbitol	Sorbitol	Sorbitol, Glicerina	Sorbitol, Glicerina
Conservantes	Metilparabeno, Propilparabeno	Sorbato de potasio	No especificado	No especificado	Benzoato de sodio, sorbato de potasio	Alcohol bencílico
Espesantes y Fijadores	Carboximetilcelulosa	Carragenina	Goma de celulosa	Goma de celulosa	Goma de celulosa	Goma de celulosa
Detergentes	Lauril sulfato de sodio	Lauril sulfato de sodio	Lauril sulfato de sodio	Lauril sulfato de sodio	Lauril sulfato de sodio	Lauril sulfato de sodio
Saborizantes	Aroma	Aroma	Sabor	Sabor	Aroma	Aroma
Edulcorantes	Xilitol, sacarina sódica	Xilitol, sacarina sódica	Xilitol, sacarina sódica	Xilitol, sacarina sódica	Xilitol, sacarina sódica	Sorbitol, xilitol, sacarina sódica
Colorantes	CI 19140/42090	CI 42090	FD&C no. 1, mica, dióxido de titanio	Blue 1, mica, dióxido de titanio	CI 42090	No especificado
Agentes antibacterianos	Fluoruro de sodio 1100 ppm	Fluoruro de sodio 1100 ppm	Mono fluoruro de sodio 1000ppm	Fluoruro de sodio 1100ppm	Fluoruro de sodio 1100ppm	Fluoruro de sodio 1100ppm
Excipientes	PEG-8, Trietanolamina	PEG-6	PEG-12	Carbómero, fosfato trisódico	Carbómero, fosfato trisódico, ácido cítrico	PEG-12

Las cepas bacterianas utilizadas en el estudio fueron obtenidas de fuentes certificadas. La cepa de *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 fue adquirida de MEDIBAC INC S.A. en Quito, mientras que la cepa de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 fue proporcionada por los laboratorios de Microbiología General de la Universidad Hemisferios. Para su activación, se implementó un protocolo específico que incluyó la preparación de medios de cultivo diferenciados: para *L. acidophilus* se utilizó caldo MRS y Agar MRS, mientras que para *S. mutans* se empleó Agar sangre base enriquecido con 5 % de sangre de cordero desfibrilada. El caldo MRS fue sometido a un período de incubación de 24 horas, mientras que los agares se mantuvieron bajo refrigeración durante el mismo período (Suetenkov et al., 2022b).

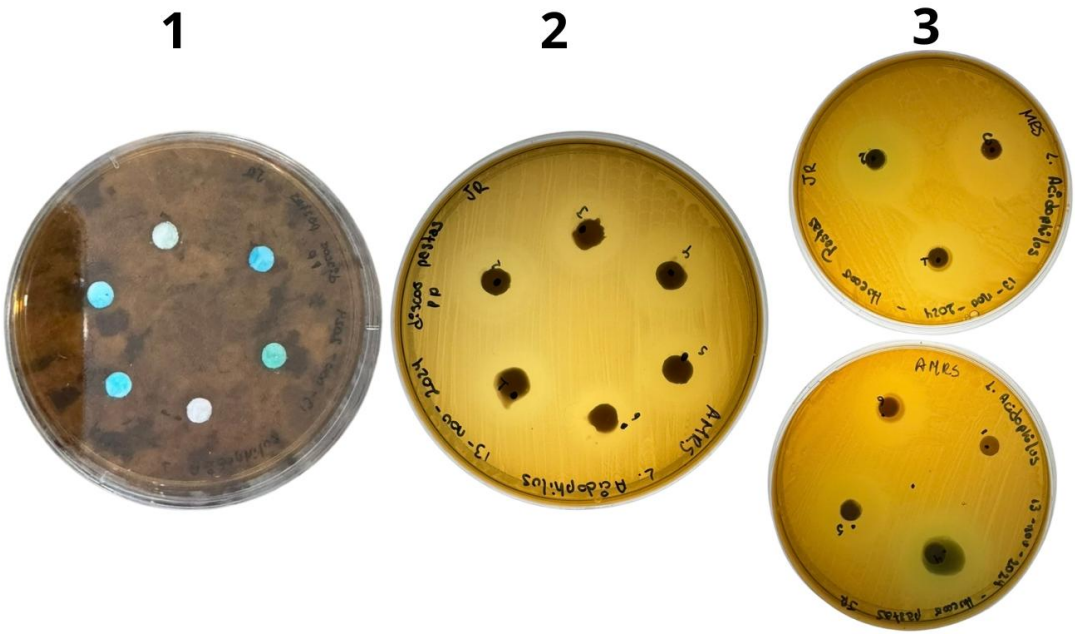
Las cepas de *L. acidophilus* ATCC 4356 y *S. mutans* ATCC 25175 fueron activadas bajo condiciones controladas, la primera en caldo y agar MRS, y la segunda en agar sangre, siguiendo protocolos microbiológicos estándar.

Para cultivar *L. acidophilus*, se preparó y esterilizó caldo y agar MRS, luego se enfrió y dispensó en condiciones estériles. En el caso del agar sangre, se diluyeron 40 g de polvo base en 1000 ml de agua purificada tipo II, siguiendo el mismo proceso de esterilización. Una vez alcanzada la temperatura adecuada, se agregó sangre hasta llegar a una concentración del 5 %.

La identificación y caracterización de las cepas se realizó mediante una serie de pruebas bioquímicas. La tinción Gram, que resultó positiva, constituyó el primer paso en la caracterización morfológica de las bacterias. Posteriormente, se realizaron múltiples pruebas metabólicas que incluyeron catalasa, oxidasa, citrato, coagulasa, ureasa, SIM e índole, todas con resultados negativos, confirmando así la identidad de las cepas estudiadas. Se observó la morfología microbiana bajo el microscopio, para diferenciar cocos de bacilos de *S. mutans y L. acidophilus* respectivamente (Wu et al., 2022).

Inicialmente se realizaron pruebas piloto para analizar la actividad antimicrobiana. a través de dos metodologías: el uso de discos estériles empapados con las pastas dentales y el método de perforación en agar (Figura 1). Los resultados de esta prueba piloto llevaron a la selección del método de perforación en agar como la técnica más apropiada para el estudio principal. Las condiciones de incubación fueron cuidadosamente controladas, manteniendo una temperatura constante de 37.5 °C en un ambiente anaerobio, logrado mediante el uso de jarras de anaerobiosis con bolsas Oxid AnaeroGen 2.5 L. Los tiempos de incubación fueron diferenciados según la especie bacteriana: 72 horas para *S. mutans* y 48 horas para *L. acidophilus.* Los resultados de esta fase piloto fueron determinantes para la selección del método definitivo a utilizar en el estudio principal.

Figura 1. Pruebas piloto: Prueba de medios de cultivo y metodologías para análisis de inhibición microbiana. Se observan los halos de inhibición generados por discos embebidos en las pastas dentales (2) y por perforaciones en el agar con aplicación directa de la pasta (3).



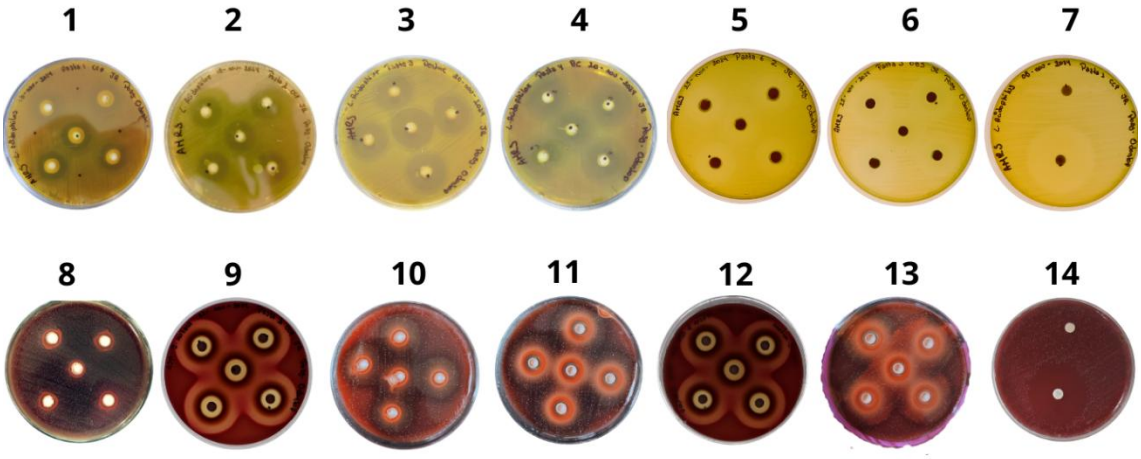
La fase experimental se llevó a cabo utilizando un total de 324 ensayos, de los cuales fueron 54 muestras por tratamientos, divididas entre agar MRS y agar sangre, que fueron destinadas al cultivo de *L. acidophilus* y *S. mutans*, respectivamente. Inicialmente, a partir de colonias microbianas, se prepararon suspensiones celulares McFarland 0,5. Luego, se

sembraron masivamente 100 µl de cada suspensión, con la ayuda de un asa de Drigalsky estéril asegurando una distribución uniforme de las bacterias. A continuación, en cada placa se realizaron perforaciones, siguiendo un protocolo estandarizado que consistió en utilizar socavados estériles para crear pozos de 6 mm de diámetro y 4 mm de profundidad en el agar, donde posteriormente se colocó 0.1 ml de las pastas dentales a evaluar. La incubación se realizó en jarras de anaerobiosis con bolsas de Oxid AnaeroGen, manteniendo una temperatura constante de 37.5 °C por 48 horas y 72 horas para *L. acidophilus* y *S. mutans*, respectivamente.

De esta manera, los tratamientos diseñados para analizar el efecto antimicrobiano de dentífricos pediátricos contra *L. acidophilus* y *S. mutans* fueron: tratamiento 1, Colgate Cavity Protection ®; tratamiento 2, Crest Kid's Cavity Protection ®; tratamiento 3, Denture Kids ®; tratamiento 4, Blendy Cool ®; tratamiento 5, Oral-B Stages ®; tratamiento 6, Colgate Zero ®; además se utilizó azitromicina como control positivo para *S. mutans* y tetraciclina para para *L. acidophilus*; como control negativo se empleó agua tipo II estéril.

La medición de los halos de inhibición se realizó mediante un procedimiento meticuloso que garantizó la precisión y reproducibilidad de los resultados. Bajo condiciones de iluminación adecuada, se utilizó un calibrador Vernier digital para medir el diámetro de las zonas de inhibición, incluyendo el de la perforación en la medición. Se realizaron tres mediciones por halo de inhibición para obtener un promedio confiable, registrando los valores en milímetros con dos decimales de precisión. Todas las mediciones fueron documentadas tanto en fichas físicas como fotográficamente (Figura 2), y posteriormente transferidas a una base de datos digital en Microsoft Excel.

Figura 2. Evaluación de la actividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frente a Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 y Streptococcus mutans ATCC 25175.



Se analizaron seis pastas dentales pediátricas: Colgate Cavity Protection® (1,8), Crest Kid's Cavity Protection® (2,9), Denture Kids® (3,10), Blendy Cool® (4,11), Oral-B Stages® (5,12) y Colgate Zero® (6,13), frente a *L. acidophilus* (1-7) y *S. mutans* (8-14). En conclusión, las pastas con mayor efecto antimicrobiano contra *Lactobacillus acidophilus* fueron Denture Kids® (3), Oral-B Stage® (5) y Blendy Cool® (4), mientras que contra *Streptococcus mutans* destacaron Crest Kid's Cavity Protection® (9) y Blendy Cool® (11).

Para el análisis de los resultados, se empleó el programa estadístico SPSS versión 26, implementando una serie de análisis estadísticos que incluyeron el establecimiento de intervalos de confianza para las proporciones, pruebas t-Student para el contraste de promedios, y pruebas de independencia mediante chi-cuadrado para evaluar la asociación entre variables.

Hallazgos

Análisis del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos respecto a *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356

La Tabla 2 muestra la estadística descriptiva del halo de inhibición para el análisis de la actividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frente a *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 (n = 162). Los datos muestran que la marca de pasta dental con el valor promedio más alto de halo de inhibición inhibitorio es Denture Kids ® (20.37 mm), seguida de Oral B Stage ® (20.28 mm) y Blendy Cool ® (19.03 mm). La marca de pasta de dientes con el valor promedio más bajo de halo de inhibición es Colgate Zero (17.44 mm).

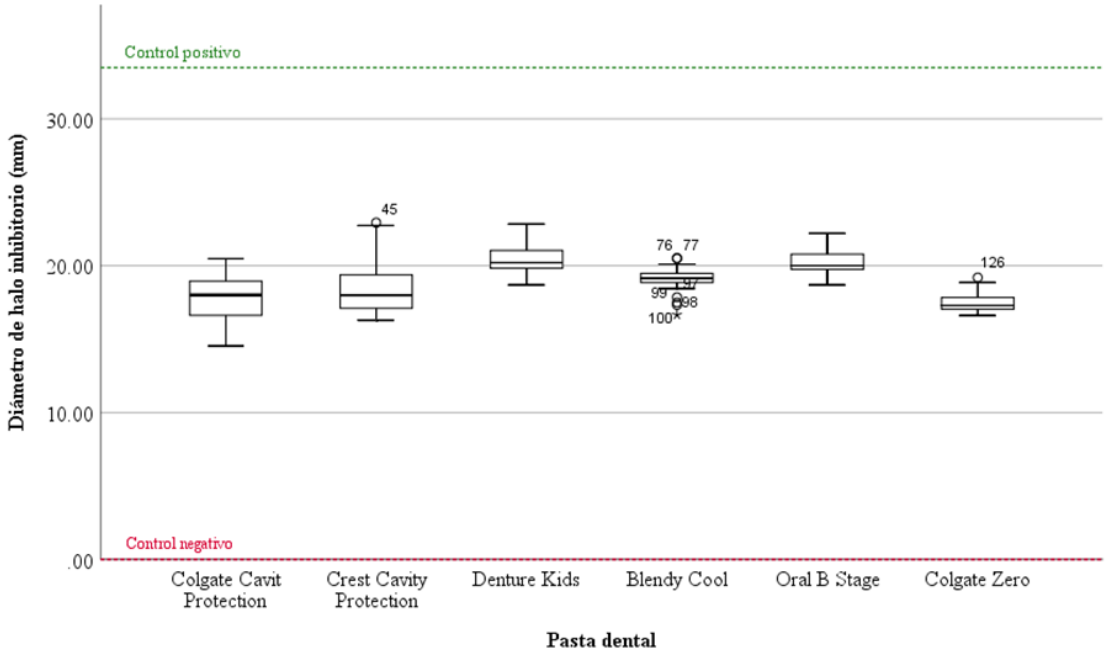
Tabla 2. Medición del halo de inhibición de crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 frente a pastas dentales pediátricas: se muestra el valor promedio del halo de inhibición medido en cultivos de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 (n = 162).

Tratamientos	**Media (mm)**	**Med. (mm)**	**Mín. (mm)**	**Máx. (mm)**	**DE (mm)**
Colgate Cavity Protection ®	17.73	18.00	4.53	20.48	1.69
Crest Kid´s Cavity Protection ®	18.65	17.99	16.29	22.93	1.92
Denture Kids ®	20.37	20.20	18.70	22.84	1.07
Blendy Cool ®	19.03	19.14	16.66	20.53	0.92
Oral-B Stage ®	20.28	20,00	18.69	22.20	0.91
Colgate Zero ®	17.44	17.29	16.62	19.20	0.67
Control Positivo (tetraciclina)	33.49	33.49	33.49	33.49	0.00
Control Negativo (agua)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Además, en la Figura 3 también muestra la dispersión y el rango de los datos para cada marca, mediante los diagramas de caja. Se denota que existen diferencias importantes en la variabilidad de los resultados entre las marcas que mostraron los halos de inhibición más amplios (Denture Kids ® y Oral B Stage ®).

Además, se observa que la mediana de Denture Kids ® se encuentra en un nivel más alto que las demás, o que indica un halo de inhibición ligeramente mayor en comparación con las otras, destacando su desempeño superior en la inhibición de *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. Por el contrario, Colgate Zero ® exhibe la mediana más baja, lo que confirma su rendimiento inferior en comparación con las demás marcas (Figura3).

Figura 3. Diámetro de halo inhibitorio (mm)



Evaluación de la efectividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frene a microorganismos cariogénicos. Se analizó la capacidad antimicrobiana de diferentes pastas dentales pediátricas frente a *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, mediante la medición de halo de inhibición, con el objetivo de determinar su efectividad en la prevención de la caries dental. Las pastas con mayor efecto antimicrobiano fueron Denture Kids®, Oral-B Stage® y Blendy Cool®.

La Tabla 3 muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, con valores de 0.00; por tanto, estos valores p inferiores a 0.05 indican que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, considerando lo expuesto para este caso, se utilizó una prueba alternativa, como el método de comparaciones múltiples de Games-Howell, el cual no requiere este supuesto.

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para halo de inhibición inhibitorio del crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356

Valor promedio del halo de inhibición Inhibitorio (mm)	**Estadístico de Levene**	**gl1**	**gl2**	**Sig.**
Se basa en la media	7.870	5	144	0,000
Se basa en la mediana	5.656	5	144	0,000
Se basa en la mediana y con gl ajustado	5.656	5	91.399	0,000
Se basa en la media recortada	7.357	5	144	0,000

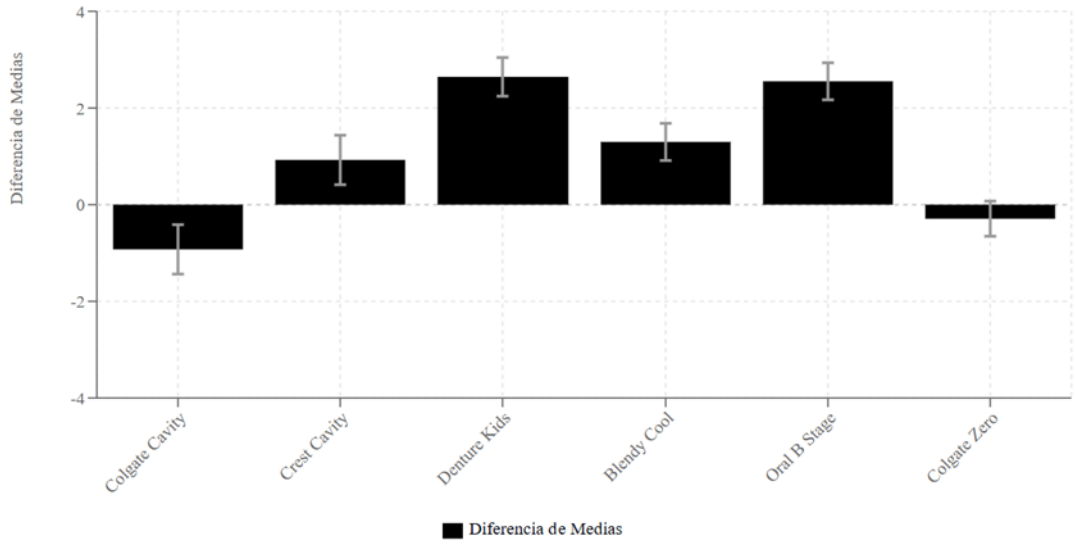
En la prueba de ANOVA (Tabla 4) se encontró una media cuadrática entre grupos de 38.28 y el estadístico F reportado fue de 23.408. Más importante aún, el valor p (Sig.) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Dado este valor, se concluyó que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa en los valores promedio del halo de inhibición entre las marcas de pasta dental analizadas.

Tabla 4. Prueba ANOVA para halo de inhibición de crecimiento de Lactobacillus acidophilus ATCC 4356 frente a pastas dentales pediátricas.

	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	191.407	5	38.281	23.408	0.000
Dentro de grupos	235.497	144	1.635		
Total	426.905	149			

La Figura 4 detalla las diferencias en las medias de inhibición entre las distintas marcas de pastas, encontrando diferencias notables para las marcas Denture Kids ® y Oral-B Stage ® que muestran una diferencia de medias positiva y relativamente elevada en comparación con el resto de las marcas.

Figura 4. Diferencias en las medias de inhibición entre las distintas marcas de pastas



Análisis de comparaciones múltiples del efecto inhibitorio de pastas dentales pediátricas sobre *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, con el método Games-Howell: Se determinaron diferencias significativas en la actividad antimicrobiana de las pastas dentales analizadas. Así, se observó que las marcas Denture Kids® y Oral-B Stage®, presentaron la mayor efectividad.

Tabla 5. Comparaciones múltiples del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos frente a Lactobacillus acidophilus ATCC 4356, con el método Games-Howell.

Comparación	**Diferencia de medias (mm)**	**Error estándar**	**Valor p**
Colgate Cavity ® vs:			
Crest Cavity ®	-0.92493	0.51182	0.471
Denture Kids ®	-2.64333	0.40016	0.00*
Blendy Cool ®	-1.29747	0.38454	0.02*
Oral B Stage ®	-2.552	0.38325	0.00*
Colgate Zero ®	0.29027	0.36301	0.965
Crest Cavity ® vs:			
Denture Kids ®	-1.7184	0.44049	0.005*
Blendy Cool ®	-0.37253	0.42635	0.95
Oral B Stage ®	-1.62707	0.42518	0.006*
Colgate Zero ®	1.2152	0.40703	0.057
Denture Kids ® vs:			

Blendy Cool ®	1.34587	0.28275	0.00*
Oral B Stage ®	0.09133	0.28098	0.999
Colgate Zero ®	2.9336	0.25268	0.00*
Blendy Cool ® vs:			
Oral B Stage ®	-1.25453	0.25825	0.00*
Colgate Zero ®	1.58773	0.22713	0.00*
Oral B Stage ® vs:			
Colgate Zero ®	2.84227	0.22493	0.00*

*p < 0.05

Los resultados del análisis de comparaciones múltiples mediante el método Games-Howell revelaron que Denture ® Kids y Oral B Stage ® demostraron el mejor efecto inhibitorio entre todas las pastas dentales evaluadas, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambas (p = 0.999). Estas pastas exhibieron halos de inhibición significativamente mayores cuando se compararon con Colgate Cavity Protection ®, Crest Cavity Protection ®, Blendy Cool ® y Colgate Zero ® (p < 0.05 en todas estas comparaciones). Específicamente, Denture Kids ® superó a Colgate Cavity Protection ® por 2.64 mm, a Crest Cavity Protection ® por 1.72 mm, a Blendy Cool ® por 1.35 mm y a Colgate Zero ® por 2.93 mm. De manera similar, Oral B Stage ® mostró valores superiores a Colgate Cavity Protection ® por 2.55 mm, a Crest Cavity Protection ® por 1.63 mm, a Blendy Cool ® por 1.25mm y a Colgate Zero ® por 2.84mm.

En un segundo nivel de efectividad, se ubicó Blendy Cool, seguida por Crest Cavity Protection ® y Colgate Zero ®; mientras que Crest Cavity Protection ®, Colgate Cavity Protection ® y Colgate Zero ®, en un tercer nivel, presentaron los menores efectos antimicrobianos, sin diferencias significativas entre estas últimas, posicionándolas como las opciones menos efectivas en términos de actividad inhibitoria contra los microorganismos evaluados.

Análisis del efecto inhibitorio de dentífricos pediátricos respecto a Streptococcus mutans ATCC 25175

Los datos presentados en la Tabla 6 muestran la estadística descriptiva del efecto de las pastas dentales para inhibir el crecimiento de *Streptococcus mutans* ATCC 25175. La marca Crest Kid's Cavity Protection ® destaca con el mayor valor promedio de halo de inhibición (20.04 mm), seguida de Blendy Cool ® (19.52 mm). Ambos productos demuestran una notable capacidad inhibitoria contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175, evidenciando su superior eficacia antimicrobiana frente al resto de dentífricos. Este hallazgo se corrobora con los análisis estadísticos presentados en la Tabla 7, donde las diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) confirman la existencia de variaciones estadísticamente relevantes entre al menos uno de los pares de marcas comparadas. En el extremo opuesto, las pastas Colgate Zero ® y Colgate Cavity Protection ® presentan los valores promedios más bajos (12.25 mm y 10.01 mm respectivamente), lo que sugiere una eficacia menor para inhibir a *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

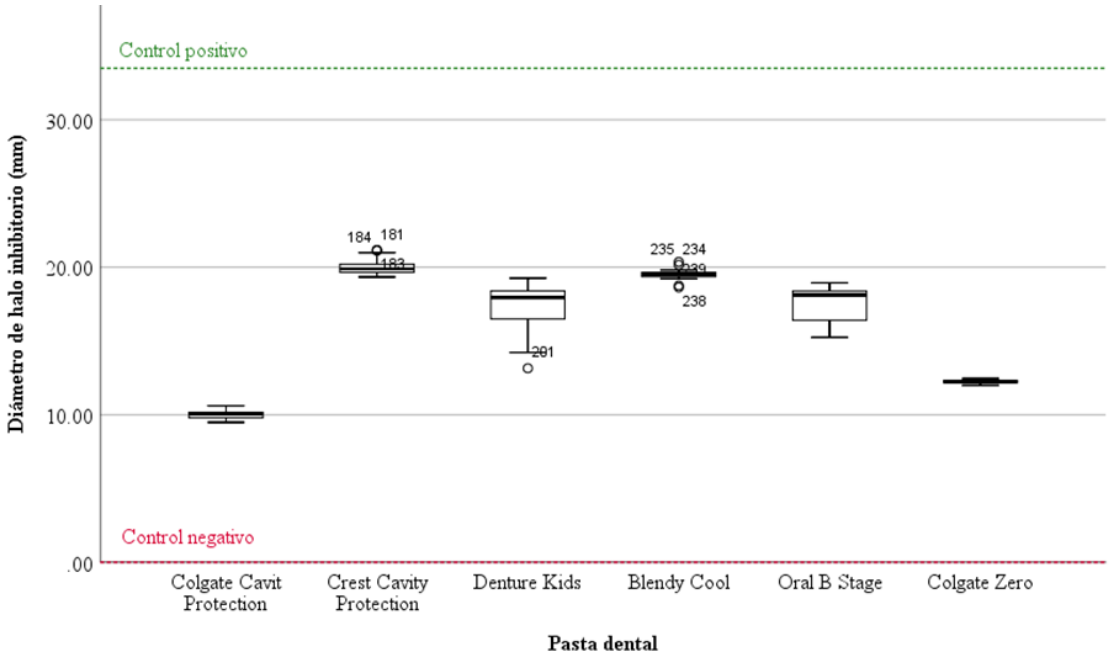
Las otras marcas, como Denture Kids ® y Oral-B Stage ®, exhiben resultados intermedios, con valores promedio de 17.25 mm, 17.58 mm y 12.25 mm respectivamente. Cabe resaltar la variabilidad observada en algunos productos, como Denture Kids ® y Oral-B Stage ®.

Tabla 6. Medición del halo de inhibición de crecimiento de Streptococcus mutans ATCC 25175 frente a pastas dentales pediátricas (n = 162)

Tratamientos	Media (mm)	Med. (mm)	Mín. (mm)	Máx. (mm)	DE (mm)
Colgate Cavit Protection ®	10.01	10.06	9.48	10.61	0.31
Crest Kid´s Cavity Protection ®	20.03	19.90	19.34	21.17	0.59
Denture Kids ®	17.25	17.95	13.15	19.26	1.76
Blendy Cool ®	19.52	19.50	18.64	20.36	0.36
Oral-B Stage ®	17.58	18.12	15.25	18.94	1.24
Colgate Zero ®	12.25	12.25	12.00	12.45	0.10
Control positivo (azitromicina)	33.49	33.49	33.49	33.49	0.00
Control negativo (agua)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La Figura 5 muestra diferencias encontradas en los halos de inhibición en función de su variabilidad, la pasta Crest Kid´s Cavity Protection ® exhibe la mediana más alta (19.90 mm), posicionándola como la más efectiva contra este patógeno cariogénico. Blendy Cool ® muestra una mediana similar (19.50 mm), confirmando su destacada actividad antimicrobiana. Un segundo grupo de efectividad intermedia incluye a Oral-B Stage ® y Denture Kids ®, con medianas de 18.12 mm y 17.95 mm respectivamente. Colgate Zero ® (mediana=12.25 mm) y especialmente Colgate Cavity Protection ® (mediana=10.06 mm) presentan valores medianos sustancialmente inferiores, indicando una capacidad inhibitoria significativamente menor. Además, su rango intercuartílico es más amplio, sugiriendo una mayor variabilidad en los resultados.

Figura 5. Evaluación de la efectividad antimicrobiana de pastas dentales pediátricas frente a Streptococcus mutans ATCC 25175.



Se midieron los halos de inhibición de crecimiento producidos, con el objetivo de determinar su efectividad en la prevención de la caries dental. las pastas con mayor efecto antimicrobiano contra *Streptococcus mutans* fueron Crest Kid´s Cavity Protection® y Blendy Cool®.

Antes de realizar las comparaciones entre las diferentes marcas de pasta dental, fue importante evaluar si los datos cumplen con el supuesto de normalidad. La prueba de Kolmogorov-Smirnov mostró que los datos del valor promedio del halo de inhibición inhibitorio no siguen una distribución normal, con un p - valor de 0.00, inferior al nivel de significancia de 0.05.

Debido a este incumplimiento del supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para realizar las comparaciones entre las marcas de pasta dental. Los resultados de esta prueba (Tabla 7) indican que existen diferencias estadísticamente significativas en al menos uno de los pares de marcas comparados, con un p-valor inferior a 0.05.

Para identificar específicamente entre qué pares de marcas se dan estas diferencias, se realizaron comparaciones múltiples (Tabla 7), utilizando la prueba post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni. Los hallazgos de este análisis demuestran lo siguiente:

Estos resultados mostraron la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el efecto antimicrobiano frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175 entre la mayoría de las marcas de pasta dental analizadas. Crest Kid´s Cavity Protection ® y Colgate Cavity Protection ® se perfilan como los extremos, con una mejor y menor efectividad, a las estadísticas de prueba se ajustan para empates respectivamente.

Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes para el análisis del efecto antimicrobiano de diferentes marcas de pastas dentales pediátricas frente a Streptococcus mutans ATTC 25175.

N total	150
Estadístico de prueba	136.969[a]
Grado de libertad	5
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00

Tabla 8. Comparaciones por parejas de los halos inhibitorios producidos por pastas dentales frente Streptococcus mutans ATCC 25175.

Comparación	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.
Colgate Cavity ® vs:				
Crest Cavity ®	-119.44	12.288	-9.72	0.000*
Denture Kids ®	-61.68	12.288	-5.02	0.000*
Blendy Cool ®	-104.72	12.288	-8.522	0.000*
Oral B Stage ®	-64.16	12.288	-5.221	0.000*
Colgate Zero ®	-25	12.288	-2.035	0.042*
Colgate Zero ® vs:				
Denture Kids ®	36.68	12.288	2.2985	0.003*
Blendy Cool ®	79.72	12.288	6.488	0.000*
Oral B Stage ®	39.16	12.288	3.187	0.001*
Crest Kid´s Cavity Protection ®	94.44	12.288	7.686	0.000*
Denture Kids ® vs:				
Blendy Cool ®	-43.04	12.288	-3.503	0.000*
Oral B Stage ®	-2.48	12.288	-0.202	0.84
Crest Kid´s Cavity Protection ®	57.76	12.288	4.701	0.000*
Oral B Stage ® vs				
Blendy Cool ®	40.56	12.288	3.301	0.001*
Crest Kid´s Cavity Protection ®	55.28	12.288	4.499	0.000*
Blendy Cool ® vs:				
Crest Kid´s Cavity Protection ®	14.72	12.288	1.198	0.231

*p < 0.05

El análisis de las pruebas de efectividad antimicrobiana contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175 muestra que las pastas dentales estudiadas se clasifican en cuatro grupos según su capacidad inhibitoria. El grupo más efectivo lo conforman Crest Kid´s Cavity Protection ® y Blendy Cool ®, con halos de inhibición de 20.04 mm y 19.52 mm respectivamente, sin diferencias significativas entre sí (p = 0.231). En un nivel intermedio se encuentran Denture Kids ® (17.25 mm) y Oral B Stage ® (17.58 mm), también con efectividad comparable (p = 0.840). Finalmente, Colgate Zero ® (12.25 mm) y especialmente Colgate Cavity Protection ® (10.01 mm) demostraron la menor capacidad inhibitoria, con una diferencia marginalmente significativa entre ambas (p = 0.042). Las diferencias entre estos cuatro grupos son

estadísticamente significativas, siendo especialmente notable la diferencia entre Colgate Cavity Protection ® y Crest Kid´s Cavity Protection ® (estadístico= -9.720, $p < 0.001$).

Discusión

La propiedad antimicrobiana observada frente a *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 mostró que Denture Kids ® (20.37 mm) y Oral B Stage ® (20.28 mm) demostrando que tienen mayor efecto antimicrobiano. Estos valores son relevantes considerando que *L. acidophilus* ha sido identificado como un microorganismo clave en la progresión de las lesiones cariosas, debido a sus propiedades acidogénicas y acidúricas (Chopra et al., 2022). El rendimiento superior de Denture Kids ® podría atribuirse a su formulación específica, que utiliza sorbitol como único humectante, a diferencia de otras marcas que emplean una combinación de sorbitol y glicerina.

Respecto a *Streptococcus mutans* ATCC 25175, las diferencias en la propiedad antimicrobiana fueron más marcadas. Crest Kid´s Cavity Protection ® demostró la mayor efectividad con un halo de inhibición de 20.03 mm, seguido por Blendy Cool ® con 19.52 mm. Este resultado es relevante dado que *S. mutans* es reconocido como un patógeno primario en la iniciación de la caries, con una prevalencia del 69 % entre las cepas aisladas en la placa dental infantil (Soni, 2015). A pesar de que Crest Kid´s Cavity Protection ® y Blendy Cool ® contienen la misma concentración de 1100 ppm de flúor que otras pastas dentales, su mayor rendimiento podría estar relacionado con la presencia de fluoruro de sodio y, en el caso de Cavity Protection ®, con su sistema específico de conservantes basado en sorbato de potasio.

Las variaciones observadas en la efectividad antimicrobiana entre las diferentes marcas pueden explicarse por sus distintas composiciones químicas. La presencia universal de sílice hidratada, como agente abrasivo, sugiere que las diferencias en la actividad

antimicrobiana posiblemente estén relacionadas con otros componentes. Por ejemplo, los conservantes variaron significativamente: Colgate Cavity Protection ® utiliza metilparabeno y propilparabeno, mientras que Oral-B Stage ® emplea una combinación de benzoato de sodio y sorbato de potasio. Estas diferencias en la formulación podrían afectar no solo la actividad antimicrobiana sino también la estabilidad y biodisponibilidad de los ingredientes activos.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre las marcas para ambos microorganismos; sin embargo, no se encontró que una marca sea la más efectiva contra las dos bacterias estudiadas. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que han demostrado que la eficacia antimicrobiana puede variar considerablemente según la formulación específica del producto (Suetenkov et al., 2022b). Es notable la variabilidad en la respuesta de cada microorganismo a las diferentes pastas dentales. Esta observación se alinea con estudios que han demostrado que *S. mutans y L. acidophilus* exhiben diferentes susceptibilidades a los agentes antimicrobianos debido a sus características metabólicas específicas. Similarmente, se ha documentado que la presencia simultánea de estas bacterias puede potenciar los efectos cariogénicos, lo que subraya la importancia de que las pastas dentales sean efectivas contra ambos microorganismos (Santos et al. 2021).

Los sistemas de humectantes empleados en las diferentes formulaciones merecen especial atención. Las pastas que contenían únicamente sorbitol (Denture Kids ® y Blendy Cool ®) mostraron patrones de efectividad distintos a aquellas que combinaban sorbitol y glicerina. Este hallazgo podría explicarse por la influencia de los humectantes en la liberación y biodisponibilidad de los agentes antimicrobianos, un fenómeno documentado en estudios recientes sobre formulaciones de pastas dentales (Dobrota et al., 2024).

La presencia de agentes antibacterianos específicos en las formulaciones también influyó en los resultados. Las pastas que contenían fluoruro de sodio o como Colgate Cavity

Protection ®, Crest Kid's Cavity Protection ®, Blendy Cool ®, Oral-B Stages ® a excepción de Colgate Zero ® mostraron generalmente una mayor actividad antimicrobiana, lo cual es consistente con la literatura que respalda la efectividad del flúor en el control de bacterias cariogénicas. Este hallazgo se alinea con las recomendaciones internacionales sobre las concentraciones óptimas de flúor en pastas dentales pediátricas (Parra Hidalgo et al., 2024).

La metodología empleada, basada en el método de difusión en pozos de agar, permitió una evaluación estandarizada de la actividad antimicrobiana. Sin embargo, es importante reconocer que los resultados *in vitro* pueden no reflejar completamente la complejidad del ambiente oral. Como señalan Bhatavadekar et al. (2020), la interpretación de los resultados *in vitro* requiere una consideración cuidadosa de las limitaciones inherentes a estos estudios.

Las pastas dentales que incorporan una combinación específica de conservantes y agentes antibacterianos como Crest Kid's Cavity Protection ®, Denture Kids ® y Oral-B Stages ® mostraron una mayor actividad inhibitoria. Este hallazgo sugiere que la sinergia entre diferentes componentes puede ser un factor crucial en la eficacia general del producto, como lo han sugerido investigaciones recientes sobre formulaciones de pastas dentales (Gonçalves et al., 2024).

Es importante considerar que la variabilidad en la respuesta a diferentes pastas dentales podría estar relacionada con los mecanismos específicos de virulencia de cada microorganismo. Por ejemplo, la capacidad de *S. mutans* para formar biopelículas y producir ácidos, junto con su habilidad para prosperar en ambientes ácidos, podría influir en su susceptibilidad a diferentes agentes antimicrobianos (Gao et al., 2024). De manera similar, las propiedades acidogénicas y acidúricas de *L. acidophilus* podrían afectar su respuesta a diferentes formulaciones.

La presencia de valores atípicos en algunas mediciones sugiere que factores como la difusión del producto en el medio de cultivo y la interacción entre componentes podrían influir en la actividad antimicrobiana.

Conclusiones

Las seis pastas dentales evaluadas demostraron actividad antimicrobiana frente a *S. mutans* ATCC 25175 y *L. acidophilus* ATCC 4356, aunque con diferencias significativas en su efectividad. Para *L. acidophilus*, Denture Kids ® (20.37 mm) y Oral B Stage ® (20.28 mm) mostraron la mayor actividad inhibitoria, mientras que para *S. mutans*, Crest Kid´s Cavity Protection ® (20.03 mm) y Blendy Cool ® (19.52 mm) fueron las más efectivas.

Existe una variabilidad significativa en la susceptibilidad de las cepas bacterianas analizadas, frente a las diferentes pastas dentales pediátricas. *S. mutans* mostró mayor sensibilidad; sin embargo, no se observan diferencias significativas entre Crest Kid´s Cavity Protection ® y Blendy Cool ®. Por otro lado, L. acidophilus fue más sensible, pero no presentó diferencias significativas con Denture Kids ® y Oral-B Stage ®. Estos resultados sugieren que la efectividad antimicrobiana es específica para cada microorganismo.

En la evaluación de la actividad antimicrobiana frente a *Lactobacillus acidophilus*, los resultados obtenidos con las diferentes pastas dentales muestran halos de inhibición que indican una actividad moderada a fuerte. Los valores obtenidos fueron: Colgate Cavity Protection ® con 17.73 mm, Crest Kid's Cavity Protection ® con 18.65 mm, Denture Kids ® con 20.37 mm, Blendy Cool ® con 19.08 mm, Oral-B Stages ® con 20.28 mm, y Colgate Zero ® con 17.44 mm. Según la escala de Duraffourd, estas pastas muestran una actividad antimicrobiana moderada a fuerte, con Denture Kids ® y Oral-B Stages ® destacándose en la categoría de actividad fuerte (halo superior a 20 mm).

Por otro lado, en las pruebas con *Streptococcus mutans*, los halos de inhibición varían entre una actividad baja a moderada. Los valores fueron: Colgate Cavity Protection ® con 10.01 mm, Crest Kid's Cavity Protection ® con 20.03 mm, Denture Kids ® con 17.25 mm, Blendy Cool con 19.52 mm, Oral-B Stages ® con 17.58 mm y Colgate Zero ® con 12.25 mm. Según la escala de Duraffourd, Crest Kid's Cavity Protection ® mostró una actividad antimicrobiana fuerte (halo superior a 20 mm), mientras que las otras pastas presentaron una actividad baja a moderada.

La presencia de agentes antibacterianos específicos como el fluoruro de sodio y el monofluorofosfato de sodio se correlacionó positivamente con una mayor actividad antimicrobiana, respaldando la importancia de estos componentes en las formulaciones de pastas dentales pediátricas.

Se recomienda realizar estudios adicionales que incluyan evaluaciones clínicas y consideren otros factores como la formación de biopelículas y la interacción con otros microorganismos orales para obtener una comprensión más completa de la efectividad de las pastas dentales pediátricas.

Referencias

Abdrashitova, A., Gaynullina, D., & Morozova, L. (2022). Analysis of toothpastes used as the basic oral care products: Literature review. Actual Problems in Dentistry, 17(4), 5-12. https://doi.org/10.18481/2077-7566-21-17-4-5-12

Astasov-Frauenhoffer, M., & Kulik, E. M. (2021). Cariogenic biofilms and caries from birth to old age. In S. Eick (Ed.), Monographs in Oral Science (Vol. 29, pp. 53-64). S. Karger AG. https://doi.org/10.1159/000510200

Baker, J. L., Morton, J. T., Dinis, M., Alvarez, R., Tran, N. C., Knight, R., & Edlund, A. (2021). Deep metagenomics examines the oral microbiome during dental caries, revealing novel taxa and co-occurrences with host molecules. Genome Research, 31(1), 64-74. https://doi.org/10.1101/gr.265645.120

Bhatavadekar, N. B., Gharpure, A. S., Balasubramanium, N., & Scheyer, E. T. (2020). In vitro surface testing methods for dental implants-Interpretation and clinical relevance: A review. Compendium of Continuing Education in Dentistry, 41(3), e1-e9.

Brevet, A. (2017). L'histoire du dentifrice : De ses débuts à nos jours [Unpublished doctoral dissertation]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01561779

Caufield, P. W., Schön, C. N., Saraithong, P., Li, Y., & Argimón, S. (2015). Oral lactobacilli and dental caries: A model for niche adaptation in humans. Journal of Dental Research, 94(9 Suppl), 110S-118S. https://doi.org/10.1177/0022034515576052

Chen, X., Daliri, E. B.-M., Tyagi, A., & Oh, D.-H. (2021). Cariogenic biofilm: Pathology-related phenotypes and targeted therapy. Microorganisms, 9(6), 1311. https://doi.org/10.3390/microorganisms9061311

Chopra, A., Saha, S., Kamath, S., & Sivaraman, K. (2022). Can acids produced from probiotics demineralize the tooth and cause progression of caries: A critical review. Cumhuriyet Dental Journal, 25(1), 83-90. https://doi.org/10.7126/cumudj.963086

John, C. V., Pawane, S. S., Marchande, S. S., Shinde, N. S., Patil, A. C., Machale, R. D., & Patil, S. D. (2024). Formulation and evaluation of moringa and neem herbal toothpaste for comprehensive oral care. World Journal of Advanced Research and Reviews, 23(1), 649-661. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.1.2034

Davies, R., Scully, C., & Preston, A. J. (2010). Dentifrices: An update. Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal, 15(6), e976-e982. https://doi.org/10.4317/medoral.15.e976

De Jesus, V. C., Khan, M. W., Mittermuller, B.-A., Duan, K., Hu, P., Schroth, R. J., & Chelikani, P. (2021). Characterization of supragingival plaque and oral swab microbiomes in children with severe early childhood caries. Frontiers in Microbiology, 12, 683685. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.683685

Ding, X., Liu, W., Weiss, A., Li, Y., Wong, I., Griffioen, A. W., Van Den Bergh, H., Xu, H., Nowak-Sliwinska, P., & Ho, C.-M. (2014). Discovery of a low order drug-cell response surface for applications in personalized medicine. Physical Biology, 11(6), 065003. https://doi.org/10.1088/1478-3975/11/6/065003

Dobrota, C. T., Florea, A. D., Carpa, R., Soritau, O., Tomoaia, G., Horovitz, O., Mocanu, A., Rosoiu, C. L., & Tomoaia-Cotisel, M. (2024). Antimicrobial effect of toothpastes containing birch extract and nano-hydroxyapatites. Annals of the Academy of Romanian Scientists Series on Biological Sciences, 13(1), 66-80. https://doi.org/10.56082/annalsarscibio.2024.1.66

Edgar, L. J. (2023). We are stronger together. The Journal of the American Dental Association, 154(10), 869-870. https://doi.org/10.1016/j.adaj.2023.08.004

Ellen, R. P., Banting, D. W., & Fillery, E. D. (1985). Clinical science longitudinal microbiological investigation of a hospitalized population of older adults with a high

root surface caries risk. Journal of Dental Research, 64(12), 1377-1381. https://doi.org/10.1177/00220345850640121001

Forrai, J. (2009). The beginnings of dental caries and its treatments. [Publication details not complete in the original source]

Gao, Z., Chen, X., Wang, C., Song, J., Xu, J., Liu, X., Qian, Y., & Suo, H. (2024). New strategies and mechanisms for targeting Streptococcus mutans biofilm formation to prevent dental caries: A review. Microbiological Research, 278, 127526. https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127526

Goenka, S., & Lee, H.-M. (2023). Effect of commercial children's mouthrinses and toothpastes on the viability of neonatal human melanocytes: An in vitro study. Dentistry Journal, 11(12), 287. https://doi.org/10.3390/dj11120287

Gonçalves, I. M. C., Da Silva, J. A., Aguiar, F. H. B., & Lima, D. A. N. L. (2024). Development of toothpaste formulations containing mineral clays as abrasive agents and their effects on the physical properties of dental enamel. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 36(6), 901-910. https://doi.org/10.1111/jerd.13208

Gurudath, G., Vijayakumar, K., & Arun, R. (2012). Oral hygiene practices: Ancient historical review. Journal of Orofacial Research, 2, 225-227. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10026-1047

Guven, Y., Ustun, N., Tuna, E. B., & Aktoren, O. (2019). Antimicrobial effect of newly formulated toothpastes and a mouthrinse on specific microorganisms: An in vitro study. European Journal of Dentistry, 13(02), 259-264. https://doi.org/10.1055/s-0039-1695655

Harer, J., & Schröttner, J. (2023). Quality management requirements in compliance with European regulations. In C. Baumgartner, J. Harer, & J. Schröttner (Eds.), Medical

Devices and In Vitro Diagnostics (pp. 1-25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98743-5_12-1

Harshitha, B. N., Peethambar, P., Konde, S., Agarwal, M., & Prasad, S. (2023). Comparative evaluation of remineralization and antimicrobial efficacy of maximum fluoride containing toothpastes available in India—In-vivo study. International Journal of Research and Review, 10(6), 515-525. https://doi.org/10.52403/ijrr.20230664

Hasan, M. R., Ghazali, M. S. M., & Mohtar, N. F. (2024). Antibacterial activity of natural-based toothpaste incorporated with nanohydroxyapatite from fish bone against dental caries bacteria. Food Research, 8(2), 265-272. https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(2).119

Jiménez Chaves, V. E. (2021). Triangulación metodológica cualitativa y cuantitativa. Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico, 14, 76-81. https://doi.org/10.70833/rseisa14item276

Jurakova, V., Farková, V., Kucera, J., Dadakova, K., Zapletalova, M., Paskova, K., Reminek, R., Glatz, Z., Holla, L. I., Ruzicka, F., Lochman, J., & Linhartova, P. B. (2023). Gene expression and metabolic activity of Streptococcus mutans during exposure to dietary carbohydrates glucose, sucrose, lactose, and xylitol. Molecular Oral Microbiology, 38(5), 424-441. https://doi.org/10.1111/omi.12428

Khalid, G., Metzner, F., & Pawils, S. (2022). Prevalence of dental neglect and associated risk factors in children and adolescents—A systematic review. International Journal of Paediatric Dentistry, 32(3), 436-446. https://doi.org/10.1111/ipd.12923

Khor, B., Snow, M., Herrman, E., Ray, N., Mansukhani, K., Patel, K. A., Said-Al-Naief, N., Maier, T., & Machida, C. A. (2021). Interconnections between the oral and gut microbiomes: Reversal of microbial dysbiosis and the balance between systemic

health and disease. Microorganisms, 9(3), 496. https://doi.org/10.3390/microorganisms9030496

Knorst, J. K., Sfreddo, C. S., De F. Meira, G., Zanatta, F. B., Vettore, M. V., & Ardenghi, T. M. (2021). Socioeconomic status and oral health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. Community Dentistry and Oral Epidemiology, 49(2), 95-102. https://doi.org/10.1111/cdoe.12616

Kurhekar, J., Tupas, G. D., & Otero, M. C. B. (2019). In-vitro essays for antimicrobial assessment. In S. Kumar & C. Egbuna (Eds.), Phytochemistry: An in-silico and in-vitro Update (pp. 279-298). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6920-9_15

Lapirattanakul, J., Nomura, R., Okawa, R., Morimoto, S., Tantivitayakul, P., Maudcheingka, T., Nakano, K., & Matsumoto-Nakano, M. (2020). Oral lactobacilli related to caries status of children with primary dentition. Caries Research, 54(2), 194-204. https://doi.org/10.1159/000506468

Leite, K. L. L. D. F., Martins, M. L., Dias, M. D. O., Tavares, F. O. M., Justino, I. B. D. S., Cabral, L. M., Neves, A. D. A., Cavalcanti, Y. W., & Maia, L. C. (2023). In vitro and in situ caries-preventive effect of a new combined fluoride and calcium experimental nanocomposite solution. Brazilian Dental Journal, 34(3), 119-128. https://doi.org/10.1590/0103-6440202305460

Lorusso, B., Cortellini, P., & Parrini, S. (1999). Oral disease prevention. In T. M. Lotti, L. C. Parish, & R. S. Rogers (Eds.), Oral Diseases (pp. 349-352). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59821-0_23

Maden, E. A., Altun, C., Ozmen, B., & Başak, F. (2018). Antimicrobial effect of toothpastes containing fluoride, xylitol, or xylitol-probiotic on salivary Streptococcus mutans and Lactobacillus in children. Nigerian Journal of Clinical Practice, 21(2), 97-101.

Malhotra, R., & Shashikiran, N. (2017). Comparison of antimicrobial activity of child formula dentifrices at different concentrations: An in vitro study. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 10(2), 131-135. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1422

Mardiah, A., Nuraskin, C. A., & Reca, R. (2023). The effectiveness of toothpaste containing sodium lauryl sulfate on dental plaque in primary school students. EAS Journal of Dentistry and Oral Medicine, 5(2), 34-37. https://doi.org/10.36349/easjdom.2023.v05i02.002

Martignon, S., Pitts, N. B., Goffin, G., Mazevet, M., Douglas, G. V. A., Newton, J. T., Twetman, S., Deery, C., Doméjean, S., Jablonski-Momeni, A., Banerjee, A., Kolker, J., Ricketts, D., & Santamaria, R. M. (2019). CariesCare practice guide: Consensus on evidence into practice. British Dental Journal, 227(5), 353-362. https://doi.org/10.1038/s41415-019-0678-8

Mayasari, Y., & Kusuma, L. R. I. (2023). Kandungan sodium lauryl sulfate pada pasta gigi serta kaitannya dengan pH saliva dan tingkat kematangan plak (Tinjauan Pustaka) [Sodium lauryl sulfate content in toothpaste and its relation to saliva pH and plaque maturity level (Literature Review)]. Cakradonya Dental Journal, 13(1), 63-71. https://doi.org/10.24815/cdj.v13i1.20917

Palanisamy, S. (2024). Innovations in oral hygiene tools: A mini review on recent developments. Frontiers in Dental Medicine, 5, 1442887. https://doi.org/10.3389/fdmed.2024.1442887

Parra-Hidalgo, W. P., Rodas-Barrera, P. V., & Terreros-Peralta, A. C. (2024). Optimal fluoride levels in pediatric toothpastes: A review of the literature. World Journal of Advanced Research and Reviews, 22(1), 1645-1653. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1173

Passos, V. F., Sousa, R. B. R. A., De Melo, M. A. S., Gomes, E. A. B., Santiago, S. L., & Lima, J. P. M. (2021). In vitro the effect of children's toothpaste on brushing abrasion of eroded primary enamel. European Archives of Paediatric Dentistry, 22(2), 157-162. https://doi.org/10.1007/s40368-020-00536-8

Radaic, A., & Kapila, Y. L. (2021). The oralome and its dysbiosis: New insights into oral microbiome-host interactions. Computational and Structural Biotechnology Journal, 19, 1335-1360. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.02.010

Reis, A. C. M., Bezerra, D. D. S., Hart-Chú, E. N. S., Stipp, R. N., Guedes, S. F. D. F., Neves, B. G., & Rodrigues, L. K. A. (2021). Quantification and gene expression of Lactobacillus casei group species associated with dentinal lesions in early childhood caries. The Saudi Dental Journal, 33(2), 69-77. https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.01.006

Santos, V. R. D., Valdez, R. M. A., Danelon, M., Souza, J. A. S., Caiaffa, K. S., Delbem, A. C. B., & Duque, C. (2021). Effect of S. mutans combinations with bifidobacteria/lactobacilli on biofilm and enamel demineralization. Brazilian Oral Research, 35, e030. https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0030

Satti, M. K., Rais, F., Qasim, Z., Malik, Z., Maqsood, M., & Asdaq, K. N. (2023). A comparative antimicrobial analysis of commercially available toothpaste: An in-vitro study. Pakistan Journal of Medicine and Dentistry, 12(4), 45-50. https://doi.org/10.36283/PJMD12-4/009

Sedghi, L., DiMassa, V., Harrington, A., Lynch, S. V., & Kapila, Y. L. (2021). The oral microbiome: Role of key organisms and complex networks in oral health and disease. Periodontology 2000, 87(1), 107-131. https://doi.org/10.1111/prd.12393

Soni, H. (2015). Distribution of S. mutans and S. sorbinus in caries active and caries free children by PCR approach. International Journal of Oral and Craniofacial Science, 1(1), 27-30. https://doi.org/10.17352/2455-4634.000005

Suetenkov, D. E., Sukhorukova, M. D., Petrova, A. P., & Sayutina, L. V. (2022). Antimicrobial activity of toothpastes against early childhood caries. Saratov Medical Journal, 3(1), e0104. https://doi.org/10.15275/sarmj.2022.0104

Mizuta, M., & Suzuki, I. (2024). Streptococcus mutans membrane vesicles, containing insoluble glucan synthase and extracellular DNA, contribute to the promotion of initial attachment and colonization of Actinomyces oris. International Journal of Oral-Medical Sciences, 22(2), 57-68. https://doi.org/10.5466/ijoms.22.57

Mosaico, G., Pinna, M., Grassi, R., Orrù, G., Scribante, A., Maiorani, C., Casu, C., Nardi, G. M., & Butera, A. (2024). Oral health and caries prevention: How tongue hygiene helps maintain balance of microbiota and overall health in pediatric patients. Children, 11(7), 816. https://doi.org/10.3390/children11070816

Thongthai, P., Sivavong, P., Osathanon, T., Tantilertanant, Y., Sakoolnamarka, R., Singthong, T., Uttasen, S., Boonsuth, B., Monmaturapoj, N., & Nantanapiboon, D. (2023). Fluoride concentration, antibacterial effect, and cytotoxicity in children's toothpaste: In vitro study. European Journal of General Dentistry, 12(3), 199-208. https://doi.org/10.1055/s-0043-1775829

Uribe, S. E., Innes, N., & Maldupa, I. (2021). The global prevalence of early childhood caries: A systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria. International Journal of Paediatric Dentistry, 31(6), 817-830. https://doi.org/10.1111/ipd.12783

Valadas, L. A. R., Sena, N. J. C., Júnior, F. J. G., Lotif, M. A. L., Passos, V. F., & Squassi, A. (2023). Fluoride content in paediatric dentifrices commercialized in Brazil.

International Journal of Dental Hygiene, 21(1), 165-171. https://doi.org/10.1111/idh.12638

Waldman, L. J., Butera, T., Boyd, J. D., & Grady, M. E. (2023). Sucrose-mediated formation and adhesion strength of Streptococcus mutans biofilms on titanium. Biofilm, 6, 100143. https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2023.100143

Walter de Aguiar, A. S., Vasconcelos Guimarães, M., Peixoto de Morais, R. M., & Araújo Saraiva, J. L. (2010). Atenção em saúde bucal em nível hospitalar: Relato de experiência de integração ensino/serviço em odontologia [Oral health care at the hospital level: Teaching/service integration experience report]. Revista de Odontologia da UNESP, 39(3), 185-190.

Whiliki, O., Ehwarieme, A., & Dowe, E. (2024). Evaluation of the antimicrobial activity of some commonly used toothpastes against some pathogenic microorganisms. Nigerian Journal of Science and Environment, 22(1), 1-16. https://doi.org/10.61448/njse221241

Wu, J., Jiang, X., Yang, Q., Zhang, Y., Wang, C., & Huang, R. (2022). Inhibition of Streptococcus mutans biofilm formation by the joint action of oxyresveratrol and Lactobacillus casei. Applied and Environmental Microbiology, 88(9), e02436-21. https://doi.org/10.1128/aem.02436-21

Ye, D., Liu, Y., Li, J., Zhou, J., Cao, J., Wu, Y., Wang, X., Fang, Y., Ye, X., Zou, J., & Ma, Q. (2024). Competitive dynamics and balance between Streptococcus mutans and commensal streptococci in oral microecology. Critical Reviews in Microbiology, 50(2), 1-12. https://doi.org/10.1080/1040841X.2024.2389386

Zanini, M., Tenenbaum, A., & Azogui-Lévy, S. (2022). La caries dental, un problema de salud pública [Dental caries, a public health problem]. EMC - Tratado de Medicina, 26(1), 1-8. https://doi.org/10.1016/S1636-5410(22)46042-9

Zaror, C., Matamala-Santander, A., Ferrer, M., Rivera-Mendoza, F., Espinoza-Espinoza, G., & Martínez-Zapata, M. J. (2022). Impact of early childhood caries on oral health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Dental Hygiene, 20(1), 120-135. https://doi.org/10.1111/idh.12494

Успенская, О. А., Трефилова, О. В., & Левкович, Е. Н. (2019). Сравнительная характеристика эффективности зубных паст, имеющих в своем составе кальций и фтор [Comparative characteristics of the effectiveness of toothpastes containing calcium and fluoride]. Эндодонтия Today, 17(4), 8-11. https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-8-11