



Facultad De Ciencias De La Salud

**Tema:**

**Caracterización In Vitro De Dos Materiales De Obturación De Conductos  
Radiculares Elaborados Con Yoduro De Sodio Y Aceites Esenciales Como Potencial  
Aplicación Clínica En Dientes Temporales.**

**Trabajo De Titulación Para La Obtención Del Título De Odontopediatra**

**Presentada por:**

Pamela Aracelly Valle Tejada

**Tutor:**

Dra. Camila Álvarez

**Quito, mayo, 2025**

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar dos pastas de obturación a base de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaI, lanolina y aceites esenciales (eucalipto o ishpingo) mediante pruebas físico-químicas y microbiológicas para determinar la capacidad antimicrobiana de dichas pastas en los conductos radiculares. Se analizaron la solubilidad, fluidez, espesor, viscosidad y la actividad antimicrobiana frente a *S. mutans* y *E. faecalis* mediante pruebas *in vitro*. Los resultados mostraron que las formulaciones no presentaron diferencias significativas con la pasta comercial VIOPEX®. La pasta con aceite de ishpingo mostró mayor homogeneidad y baja viscosidad, facilitando su aplicación, mientras que la de eucalipto fue más viscosa, dificultando su fluidez. Ambas pastas demostraron eficacia antimicrobiana, destacándose la pasta con ishpingo, que presentó mayor actividad. Este compuesto mejora la eficacia frente a bacterias grampositivas y gramnegativas. En conclusión, las pastas formuladas son prometedoras, especialmente la de ishpingo, sugiriendo su potencial aplicación en tratamientos odontológicos.

**Palabras clave:** ACEITES ESENCIALES, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y FISICOQUÍMICAS OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

### **Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad de 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.

Pamela Aracelly Valle Tejada

1804855342

### **Dedicatoria**

A Dios, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.

A mi compañero de vida, gracias por tu amor, colaboración, paciencia y comprensión a lo largo de este viaje académico. Este logro es nuestro, en equipo.

A mi Valentina, eres la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Gracias por ser ese motor que me permitió seguir adelante, gracias por llenar mi mundo de amor y dulzura.

Un profundo agradecimiento a mis queridos padres, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Gracias por seguirme apoyando en todos los pasos que doy en mi vida.

## Índice

Resumen.....	2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos .....	3
Dedicatoria.....	4
Índice.....	5
Índice De Tablas .....	7
Índice De Figuras.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	10
Metodología .....	15
Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales .....	16
Ensayo de difusión en agar .....	16
Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (MIC) .....	17
Preparación de las pastas .....	17
Características fisicoquímicas.....	18
Solubilidad .....	18
Fluidez.....	19
Espesor de la película.....	20
Tratamiento endodóntico en dientes de resina.....	20
Prueba antimicrobiana .....	21

Análisis estadísticos .....	21
Hallazgos Propiedades fisicoquímicas.....	21
Solubilidad .....	21
Fluidez.....	22
Espesor de la película.....	23
Propiedades reológicas.....	24
Viscosidad y comportamiento elastoplástico.....	24
Tratamiento Endodóntico en dientes de resina .....	27
Evaluación de la capacidad de relleno de raíces .....	27
Unidad de colonias en las pastas evaluadas .....	28
Actividad antimicrobiana.....	32
Discusión y conclusiones .....	33
Referencias.....	38

## Índice De Tablas

<b>Tabla 1.</b> Solubilidad de las pastas de obturación .....	22
<b>Tabla 2.</b> Fluidez de las pastas obturadoras.....	22
<b>Tabla 3.</b> Espesor promedio de las pastas evaluadas.....	23
<b>Tabla 4.</b> Unidad de colonias en las pastas evaluadas en SM. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Comparación de las unidades de colonias en las pastas evaluadas.....	29
<b>Tabla 6.</b> Unidad de colonias en las pastas evaluadas en EF .....	30
<b>Tabla 7.</b> Comparación de las unidades de colonias en las pastas evaluadas en EF .....	31
<b>Tabla 8.</b> Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales (SM).....	32
<b>Tabla 9.</b> Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales (EF).....	33

## Índice De Figuras

<b>Figura 1.</b> Preparación de pastas .....	18
<b>Figura 2.</b> Solubilidad.....	19
<b>Figura 3.</b> Fluidez .....	19
<b>Figura 4.</b> Espesor de la película .....	20
<b>Figura 5.</b> Esfuerzo de cizalla vs gradiente de velocidad en eucalipto .....	24
<b>Figura 6.</b> Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto .....	24
<b>Figura 7.</b> Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en isphingo .....	25
<b>Figura 8.</b> Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto .....	25
<b>Figura 9.</b> Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en VIOPEX .....	26
<b>Figura 10.</b> Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto .....	26
<b>Figura 11.</b> Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en L5.....	27
<b>Figura 12.</b> Viscosidad vs gradiente de velocidad en L5 .....	27
<b>Figura 13.</b> Evaluación de la capacidad de relleno de raíces .....	28
<b>Figura 14.</b> Rangos negativos y positivos .....	30
<b>Figura 15.</b> Unidad de colonias .....	32
<b>Figura 16.</b> Actividad antimicrobiana .....	33

# CARACTERIZACIÓN DE TRES MATERIALES DE OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES ELABORADOS A BASE DE YODURO DE SODIO Y ACEITES ESENCIALES PARA SU APLICACIÓN CLÍNICA EN DIENTES TEMPORALES MEDIANTE PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS. ESTUDIO IN VITRO.

Pamela Aracelly Valle Tejada

pame\_at\_19@hotmail.com

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar dos pastas de obturación a base de Ca (OH)<sub>2</sub>, NaI, lanolina y aceites esenciales (eucalipto o ishpingo) mediante pruebas físico-químicas y microbiológicas para determinar la capacidad antimicrobiana de dichas pastas en los conductos radiculares. Se analizaron la solubilidad, fluidez, espesor, viscosidad y la actividad antimicrobiana frente a *S. mutans* y *E. faecalis* mediante pruebas *in vitro*. Los resultados mostraron que las formulaciones no presentaron diferencias significativas con la pasta comercial VIOPEX®. La pasta con aceite de ishpingo mostró mayor homogeneidad y baja viscosidad, facilitando su aplicación, mientras que la de eucalipto fue más viscosa, dificultando su fluidez. Ambas pastas demostraron eficacia antimicrobiana, destacándose la pasta con ishpingo, que presentó mayor actividad. Este compuesto mejora la eficacia frente a bacterias grampositivas y gramnegativas. En conclusión, las pastas formuladas son prometedoras, especialmente la de ishpingo, sugiriendo su potencial aplicación en tratamientos odontológicos.

**Palabras clave:** ACEITES ESENCIALES, PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

## Abstract

The aim of this study was to characterize two filling pastes based on Ca (OH)<sub>2</sub>, NaI, lanolin and essential oils (eucalyptus or ishpingo) by means of physicochemical and microbiological tests to determine the antimicrobial capacity of these pastes in root canals. Solubility, fluidity, thickness, viscosity and antimicrobial activity against *S. mutans* and *E. faecalis* were analyzed by in vitro assays. The results showed that the formulations did not differ significantly from the commercial VIOPEX® paste. The ishpingo oil paste showed greater homogeneity and low viscosity, facilitating its application, while the eucalyptus paste was more viscous, hindering its flowability. Both pastes showed antimicrobial efficacy, being the paste with ishpingo, the one that showed greater activity. This compound improves efficacy against gram-positive and gram-negative bacteria. In conclusion, the formulated pastes are promising, especially the one containing ishpingo, suggesting its potential application in dental treatments.

**Keywords:** essential oils, microbiological and physicochemical tests root canal obturation

## Introducción

La odontología pediátrica ha enfrentado un desafío crucial en la selección y aplicación de materiales de obturación para el tratamiento endodóntico de dientes temporales (Khvalevich et al., 2021). A pesar de su carácter transitorio, estos dientes desempeñan un papel fundamental en el desarrollo bucodental infantil, por lo que su conservación garantiza una salud oral óptima a largo plazo (Orellana, 2021).

Los estudios de Caeiro et al. (2022), Vittoba (2016), y Kanjevac, et al. (2020) han destacado la importancia de los dientes temporales en el desarrollo infantil, subrayando su función en la masticación, el desarrollo del habla, la apariencia estética y la preservación del

espacio necesario para la erupción adecuada de los dientes permanentes, así como en el desarrollo regular de los maxilares.

Los dientes temporales pueden presentar infecciones de la pulpa, principalmente a causa de la invasión bacteriana y su proliferación en los conductos radiculares y en la cámara pulpar, pudiendo desarrollarse de manera aguda o crónica según el microorganismo presente (Thomas et al., 2019).

El microbiota que se encuentra en los conductos radiculares infectados se origina en la cavidad oral. La presencia de estos microorganismos constituye factores cruciales en el desarrollo de la infección endodóntica (Gomes et al., 2004).

En los conductos radiculares de los dientes temporales las infecciones que afectan a la pulpa son de tipo polimicrobiano. Los conductos radiculares de los dientes primarios diagnosticados con necrosis pulpar a nivel molecular muestran mayor prevalencia de *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* (Lemos et al., 2019).

*S. mutans* es un anaerobio Grampositivo facultativo que juega un papel importante en la etiología de las caries y, eventualmente, en las infecciones sistémicas. A menudo se encuentra en conductos radiculares infectados (Machado y Reyes, 2021). Su virulencia como patógeno dental reside principalmente en la capacidad para adherirse y formar biopelículas en las superficies de los dientes, produciendo grandes cantidades de ácidos orgánicos, y tolerando condiciones ambientales adversas como pH bajo y estrés oxidativo (Lemos et al., 2019).

Su comportamiento invasivo facilita su persistencia en la cavidad oral, a pesar de las condiciones adversas del medio como las defensas del huésped, los antibióticos administrados y la eliminación mecánica/química (Miller et al., 2015). La presencia de *S. mutans* en los tejidos pulpares podría aumentar el riesgo de bacteriemia, especialmente durante el tratamiento del conducto radicular (Barbosa et al., 2018).

*E. faecalis* es también un anaerobio facultativo Gram positivo, el cual se presenta solitario, en pares o en cadenas cortas, y puede crecer en condiciones extremas (Rocas et al., 2004). Tiene gran capacidad de adaptación y tolerancia a condiciones ambientales adversas, lo que dificulta su erradicación (Raouf et al., 2019). Ha sido vinculado a diversas condiciones patológicas orales, como lesiones de la mucosa oral en individuos inmunocomprometidos, infecciones secundarias en periodontitis, y de manera destacada, a infecciones persistentes en los conductos radiculares, lo que constituye un desafío clínico en endodoncia (Blancas et al., 2021).

Un microorganismo de este tipo situado en partes inaccesibles de los conductos radiculares de los dientes temporales con pulpa necrótica puede ser difícil de erradicar debido a la compleja morfología del conducto radicular (Tulsani et al., 2014).

Al presentarse una pulpitis o necrosis pulpar, se requieren tratamientos como la pulpotomía o la pulpectomía (Donnermeyer et al., 2023). Estos procedimientos implican la eliminación de la pulpa inflamada y las bacterias (Valarezo y Torres, 2020), siendo necesario un diagnóstico preciso, una adecuada limpieza y conformación del conducto, y una obturación hermética para asegurar el éxito del tratamiento (Khoda, 2021).

En este contexto, la Academia Estadounidense de Odontología Pediátrica (American Academy of Pediatric Dentistry, 2020), ha destacado que la compleja morfología de los conductos radiculares en dientes temporales puede dificultar la instrumentación mecánica, la irrigación y la desinfección, por lo que recomienda el uso de materiales de obturación con propiedades antimicrobianas para aumentar las probabilidades de éxito en el tratamiento endodóntico. Por lo tanto, la selección de un material de obturación adecuado implica una comprensión profunda de sus propiedades físicas y químicas para que se adapte de manera óptima a cada situación clínica (Hachem et al., 2022).

Durante mucho tiempo, el óxido de zinc eugenol (ZOE) fue el material más utilizado pero su uso se redujo debido a su limitada acción antimicrobiana, una reabsorción más lenta en comparación con la de los dientes temporales, y su capacidad para generar una reacción de tipo cuerpo extraño si el material desborda el ápice de la raíz (Amro et al., 2013). Por ende, ha aumentado el uso de otros materiales de relleno, principalmente aquellos que contienen hidróxido de calcio con yodoformo, ya que poseen una acción antimicrobiana pronunciada. Se absorben fácilmente cuando desbordan el ápice del diente, son radiopacos y se pueden adquirir como una pasta premezclada para una fácil aplicación (Zacharczuk et al., 2019).

Cortázar et al. (2013) evaluaron la citotoxicidad de materiales endodónticos que contienen yodoformo, concluyendo que en altas concentraciones de este material de obturación radicular es citotóxico sobre los macrófagos y las células epiteliales, y en bajas concentraciones induce a la proliferación celular, lo cual tiene relación con la reabsorción radicular precoz.

Se han propuesto alternativas para sustituir los efectos citotóxicos del yodoformo, por lo que Park et al. (2024) proponen la formulación de una pasta obturadora de conductos a base de hidróxido de calcio, yoduro de sodio, lanolina, y aceite de silicona.

Los materiales comercializados actualmente para obturar las endodoncias en dientes temporales contienen yodoformo, lo cual se puede considerar una problemática de gran relevancia en la odontopediatría. El uso de elementos naturales que cumplan con propiedades físicas y químicas adecuadas sería una opción innovadora y que debe contemplarse como reemplazo a sustancias químicas.

Los aceites esenciales son líquidos aromáticos extraídos de diferentes partes de plantas como cortezas, brotes, flores, frutos, semillas y raíces (Manion & Widder, 2017). Se han explorado ampliamente como fuentes potenciales de nuevos agentes antimicrobianos, conservantes de alimentos y tratamientos alternativos para enfermedades infecciosas debido a

sus propiedades antifúngicas, antiparasitarias, antibacterianas y antivirales (Chouhan et al., 2017).

Se han estudiado durante muchos años como posibles agentes antimicrobianos se utilizan en diversos campos médicos, incluida la odontología, debido a la necesidad de terapias alternativas para patologías del microbioma oral (Thosar et al., 2013). Según la Organización Mundial de la Salud, alrededor del 80% de la población utiliza hierbas medicinales y su industrialización ha aumentado considerablemente (Leherbauer & Stappen, 2020).

Los eucaliptos se clasifican como plantas aromáticas y medicinales y pertenecen a la familia de los mirtos. El aceite esencial de varias especies de eucalipto se caracteriza por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas y se utiliza a menudo en la industria farmacéutica y cosmética (Almas et al., 2021).

Muchos estudios demuestran las propiedades antimicrobianas del aceite esencial (AE) de eucalipto y su capacidad de inhibir el crecimiento de una amplia gama de microorganismos (Santos et al., 2012). En odontología, el aceite de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) ha sido explorado en tratamientos endodónticos (Siraparapu et al., 2024). Algunos estudios sugieren que el AE podría inhibir el crecimiento de microorganismos, convirtiéndolo en una opción para prevenir tanto la caries como la reinfeción endodóntica (Abdulrahman & Rasha, 2023).

La especie ecuatoriana Ishpingo (*Ocotea quixos*), conocida por su intenso aroma a canela, es un árbol nativo que crece en la región amazónica entre 0 y 1000 m sobre el nivel del mar (Gilardoni et al., 2021). Se utilizan habitualmente partes de la planta, como la corteza y las hojas, que también se caracterizan por un aroma parecido al de la canela (Jorgensen & Leon-Yanez, 1999). Ha demostrado actividades biológicas, como antimicrobiana, antioxidante, antiplaquetaria, antiinflamatoria (Ballabeni et al., 2007).

Por tanto, el objetivo de este estudio es caracterizar dos pastas de obturación a base de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaI, lanolina y aceites esenciales (eucalipto o ishpingo) mediante pruebas físico - químicas y microbiológicas para determinar la capacidad antimicrobiana de dichas pastas en los conductos radiculares.

Las estrategias incluyen: (1) la identificación de la concentración mínima inhibitoria (MCI) de los aceites esenciales (eucalipto e ishpingo) contra *S. mutans* y *E. faecalis*; (2) evaluación del efecto antimicrobiano de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaI y lanolina frente a *S. mutans* y *E. faecalis*; (3) comparar la eficiencia antimicrobiana de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaI, lanolina mezclados con el MCI (concentración inhibitoria mínima) de los 2 aceites esenciales (eucalipto e ishpingo) frente a *S. mutans* y *E. faecalis*; (4) establecer las características fisicoquímicas del nuevo material de obturación. Al final se espera que las dos pastas formuladas con los aceites esenciales de eucalipto e ishpingo tengan una mayor actividad antimicrobiana contra *E. faecalis* y *S. mutans* con respecto a la pasta comercial con yodoformo VIOPEX®.

## Metodología

### Microrganismos y aceites esenciales

Para este estudio se emplearon las cepas *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 y *Streptococcus mutans* ATCC 25175. Las dos bacterias fueron adquiridas del cepario del laboratorio de Microbiología de la Universidad Hemisferios. La cepa de *E. faecalis* fue reactivada en agar Mueller Hinton (TM Media, Titan Biotech Ltd, Delhi, India) a 37 °C por 24 h, mientras que la cepa de *S. mutans* se sembró en agar sangre (BD, Becton, Dickinson and Company, Nueva Jersey, USA) a 37 °C con  $\text{CO}_2$  por 72 h.

Para la formulación de las pastas fueron empleados dos aceites puros: ishpingo (*Ocotea quixos*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que fueron adquiridos de AROMAVIDA S.A. (Quito, Ecuador). Los aceites esenciales fueron almacenados en un ambiente fresco y oscuro, a temperatura ambiente hasta su uso.

## Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales

### *Ensayo de difusión en agar*

El procedimiento para la evaluación de la actividad antimicrobiana de los dos aceites fue realizado mediante el método de difusión en agar según lo descrito anteriormente por Xin et al. (2020).

El primer paso fue la preparación de los discos con los aceites esenciales. Para cada uno de los aceites se empleó discos blancos (OXOID, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA) de 6 mm de diámetro, los cuales fueron cubiertos con 20 µL del aceite puro. Los discos con aceite se conservaron a temperatura ambiente por 1 h antes de su uso.

Se prepararon cajas Petri con 20 mL de agar Mueller Hinton para *E. faecalis* y con 20 mL de agar sangre para *S. mutans*. La siembra de las dos bacterias fue realizada a partir de una colonia mediante el método de siembra masiva con hisopo estéril. En cada caja inoculada se colocaron entre 3 a 4 discos de cada aceite y fueron incubadas a 37 °C por 24 h para *E. faecalis*, y con CO<sub>2</sub> por 72 h para *S. mutans*.

Finalmente, el diámetro de la zona de inhibición fue medido con pie de rey para expresar la actividad antimicrobiana de los aceites con la escala de Duraffourd (Rodríguez, 2021). Se utilizaron como control positivo Azitrimicina de 15 mcg (Bioanalyse, Ankara, Turquía) para *S. mutans*, y Ampicilina Sulbactam de 10 µg (BD BBL, Becton, Dickinson and Company, Nueva Jersey, USA) para *E. faecalis*, ya que estos antibióticos mostraron la mayor efectividad contra dichas cepas. Como control negativo se emplearon discos blancos con agua destilada estéril.

### ***Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (MIC)***

Inicialmente, se suspendió 16 µL del aceite esencial en 984 µL de DMSO (Loba Chemie Pvt. Ltd., Maharashtra, India) estéril para *S. mutans*, y 50 µL del aceite esencial en 950 µL de DMSO estéril para *E. faecalis*.

En tubos de vidrio estériles de 5 mL se colocó 1 mL de caldo de infusión cerebro corazón (BD BBL, Becton, Dickinson and Company, Nueva Jersey, USA). Se realizaron 4 diluciones partiendo de la solución madre. Posteriormente, en microtubos de 1,5 mL se procedió a colocar 100 µL de cada dilución más 100 µL de la bacteria a una escala 0.5 de McFarland y fueron incubadas a 37 °C por 24 h para *E. faecalis*, y con CO<sub>2</sub> por 72 h para *S. mutans*.

Se procedió a sembrar 100 µL de cada dilución en cajas con agar Mueller Hinton para *E. faecalis* y con agar sangre para *S. mutans*. Todas las cajas fueron incubadas a 37 °C por 24 h para *E. faecalis*, y con CO<sub>2</sub> por 72 h para *S. mutans*, y posteriormente se observó la presencia o ausencia de bacterias en las distintas cajas. Se emplearon clorhexidina al 2% y agua estéril como controles para las pruebas.

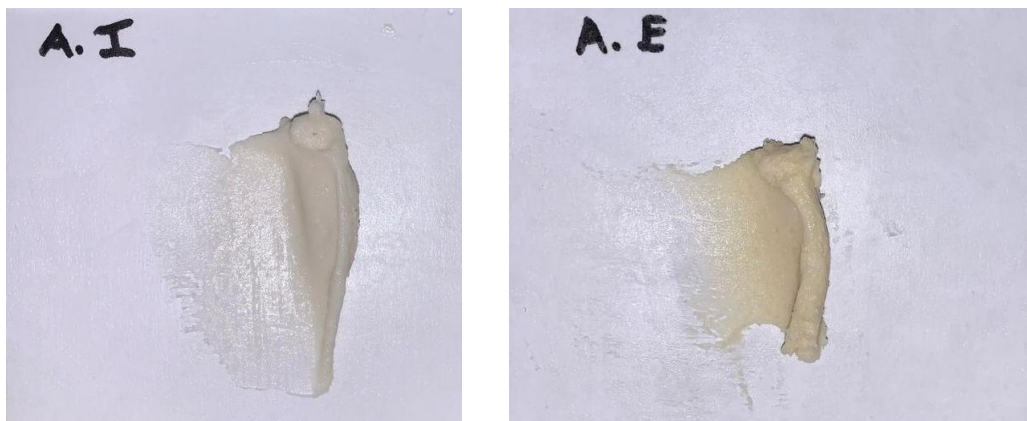
### **Preparación de las pastas**

Para la elaboración de las pastas de obturación de conductos radiculares de dientes temporales se utilizó la formulación descrita anteriormente por Park et al. (2024), con ciertas modificaciones.

La pasta para el estudio estuvo compuesta por 28,75% de hidróxido de calcio (SRL, SISCO RESEARCH LABORATORIES, Maharashtra, India), 28,75%, yoduro de sodio (Thermo Fisher SCIENTIFIC, Massachusetts, USA), 5% de lanolina (LABORATORIO CEVALLOS química aplicada a la vida, Guayaquil, Ecuador), 28,04% de aceite de silicona de baja densidad (RJS-201-305, RUISIL, China) y 9,46 % del aceite esencial de prueba a una concentración final de 12,5 µL/mL. Las pastas se prepararon mezclando todos los

componentes sobre una superficie de vidrio usando una espátula en condiciones estériles (ver Figura 1).

**Figura 1.** Preparación de pastas



*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio.

## **Características fisicoquímicas**

### ***Solubilidad***

Se llenaron 2 moldes impresos de acrílico en 3D con cada una de las pastas, cada molde con un diámetro interno de aproximadamente  $20 \pm 1$  mm y una altura de aproximadamente  $1,5 \pm 0,1$  mm. Se pesó el molde con la pasta y se registró como peso inicial (I0). Los moldes con las pastas se colocaron en placas de Petri, las cuales contenían  $45 \pm 1$  ml de agua destilada. Luego, estas muestras se almacenaron durante 24 h en una estufa a  $37 \pm 1$  °C de temperatura y 95% de humedad relativa. Después de este período, la solución se filtró en frascos estériles a través de un papel de filtro y la solución filtrada se secó en la estufa a  $80 \pm 2$  °C. El peso del recipiente vacío antes de ingresar a la estufa se registró como I1 y el peso del recipiente seco después de ingresar a la estufa se registró como I2. El porcentaje de solubilidad se calculó restando I1 de I2, dividiendo el resultado por el peso inicial de la muestra (I0) y multiplicando por 100 (ver Figura 2).

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{peso final del vaso (I2)} - \text{peso inicial del vaso (I1)}}{\text{peso inicial de la muestra (I0)}} \times 100 (\%)$$

**Figura 2.** Solubilidad

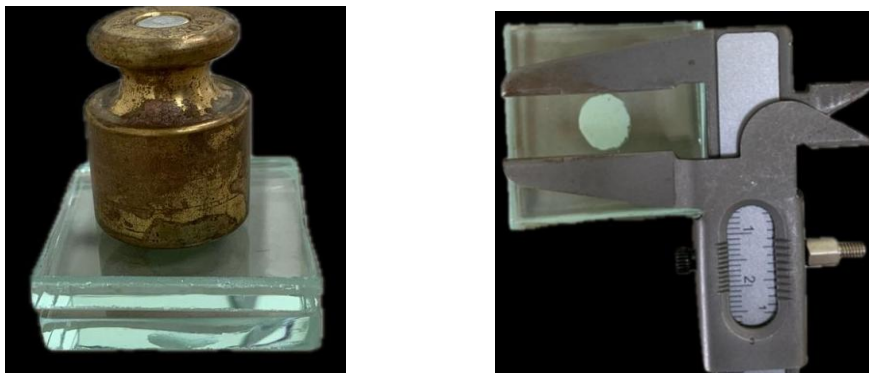


*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

### **Fluidez**

Se prepararon dos placas de vidrio con unas dimensiones de 40 mm x 40 mm x 6 mm. Se colocó una cantidad de 0,05 g de la pasta en el centro de una placa de vidrio y se dejó reposar por 3 minutos. Después, se colocó una placa de vidrio idéntica sobre la pasta, con un peso de 100 g encima. A los 10 minutos se retiró el peso y se midió con Pie de Rey el diámetro horizontal y vertical de la pasta. Si la diferencia entre estos diámetros estaba dentro de 1 mm, se calculó el valor promedio y se registró como valor de flujo (ver Figura 3).

**Figura 3.** Fluidez



*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

### ***Espesor de la película***

Se prepararon dos placas de vidrio, cada una con dimensiones de 15 mm x 15 mm y un espesor de 6 mm. El espesor inicial de las placas superpuestas se midió con medidor de espesor analógico de rango 0.01mm a 0-25mm. Se colocó 0,20 g de pasta en el centro de una placa y la otra placa se colocó encima. Después de un período de 3 minutos, este conjunto se colocó en un medidor de fuerza básico BFG 500N (Mecmesin Ltd., Inglaterra) y se aplicó una fuerza de  $150 \pm 3$  N. Se midió el espesor combinado de las dos placas y la pasta con el medidor de espesor analógico de rango 0.01mm a 0-25mm. Luego se calculó el espesor de la película restando el espesor inicial de las dos placas de vidrio sin la pasta del espesor final de las dos placas de vidrio con la pasta (ver Figura 4).

**Figura 4.** Espesor de la película



*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

### ***Tratamiento endodóntico en dientes de resina***

Para evaluar el manejo clínico de las pastas en el tratamiento de canal, se realizó la obturación de los conductos de dientes incisivos artificiales y se procedió a tomar radiografías periapicales para observar la capacidad que tiene cada pasta para sellar el conducto radicular.

### **Prueba antimicrobiana**

Para las pruebas antimicrobianas de las pastas se colocó 0,3 g de cada una en microtubos separados, y se les añadió 200 µL de una suspensión bacteriana de cada microorganismo, con una concentración final de  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL. Todos microtubos se colocaron durante 1 h en la incubadora a 37 °C con CO<sub>2</sub>. Luego, se procedió a realizar diluciones seriadas del cultivo pasta-bacteria, para posteriormente sembrar 100 µL de cada dilución en agar Mueller Hinton para *E. faecalis* y en agar sangre para *S. mutans*. Todos los cultivos se incubaron a 37 °C por 24 h para *E. faecalis*, y con CO<sub>2</sub> por 72 h para *S. mutans*. Al final se realizó un recuento de colonias para el cálculo de las unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL).

El grupo de control negativo contenía suspensión bacteriana sin pasta y el control positivo fue la pasta L5 desarrollada por Park et al. (2024).

### **Análisis estadísticos**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa estadístico SPSS versión 27, lo que permitió realizar estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, mínimo y máximo), y aplicar la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov para identificar la prueba estadística a utilizar. De tal modo, se empleó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para comparar entre las diferentes pastas de obturación las propiedades fisicoquímicas, la prueba paramétrica *t* de *student* para evaluar la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales (eucalipto e ishpingo), y para el análisis de las unidades formadoras de colonias se emplearon pruebas no paramétricas como la de Wilcoxon para su análisis.

### **Hallazgos Propiedades fisicoquímicas**

#### ***Solubilidad***

Se presenta los resultados del análisis descriptivo de la solubilidad correspondiente a las pastas de obturación evaluadas: SEU (Eucalipto), SISH (Ishpingo), SL5 (L5), y la pasta

comercial SVIOPEX. La Tabla 1 presenta análisis descriptivo de la solubilidad de las pastas de obturación.

**Tabla 1.** Solubilidad de las pastas de obturación

Pastas	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
FEU	1,1133	0,0257	1,0850	1,1350	0,0500
FISH	1,0883	0,0076	1,0800	1,0950	0,0150
FL5	1,0967	0,0176	1,0800	1,1150	0,0350
FVIOPEX	1,6300	0,0661	1,5550	1,6800	0,1250

*Nota.* Datos obtenidos del SPSS

Se observa que la pasta SVIOPEX presentó mayor solubilidad al tener la media más alta, mientras que las formulaciones experimentales mostraron valores más bajos estacándose el ishpingo con la media más bajo. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre las pastas obturadoras (SEU, SISH, SL5) con la pasta de control VIOPEX ( $p=.368$ ;  $p>.05$ ).

### **Fluidez**

Se presenta el análisis descriptivo de la propiedad fluidez correspondiente a las pastas obturadoras de conductos radiculares: Fluidez de la pasta de eucalipto (FEU), Fluidez de la pasta de ishpingo (FISH) y Fluidez de lanolina (FL5) y la pasta comercial VIOPEX (FVIOPEX). En la Tabla 2 se presenta la fluidez de las pastas obturadoras.

**Tabla 2.** Fluidez de las pastas obturadoras

Pastas	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
FEU	1,1133	0,0257	1,085	1,135	0,05
FISH	1,0883	0,0076	1,08	1,095	0,015
FL5	1,0967	0,0176	1,08	1,115	0,035
FVIOPEX	1,63	0,0661	1,555	1,68	0,125

*Nota.* Datos obtenidos del SPSS

Las tres pastas obturadas experimentales presentaron niveles de fluidez similares entre sí, con baja variabilidad y medias agrupadas en torno a 1,1%. Por su parte, la pasta comercial VIOPEX exhibe una fluidez mayor y más dispersa.

No obstante, los resultados obtenidos de la comparación de la fluidez entre las pastas obturadoras evidenciaron que no existen diferencias estadísticamente significativas en la fluidez entre las pastas de obturación experimentales y la pasta comercial VIOPEX ( $p=.368$ ;

$p > .05$ ). Esto indica que la fluidez de los materiales naturales es comparable a la del producto comercial.

### ***Espesor de la película***

Se evaluó el espesor promedio de tres formulaciones experimentales, a base de eucalipto (ESPEU), ishpingo (ESPISH) y L5 (ESPEL5), en comparación con un sistema comercial de referencia (ESPVIOPEX). Esta comparación permitió determinar si los sistemas naturales propuestos presentan un comportamiento similar o superior en cuanto a la uniformidad de la capa aplicada. Para ello, se presenta el espesor promedio de las pastas evaluadas en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Espesor promedio de las pastas evaluadas

<b>Pastas</b>	<b>Espeso promedio</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>IC 95% Inferior</b>	<b>IC 95% Superior</b>	<b>Rango</b>
Eucalipto (ESPEU)	140,00	10,00	115,16	164,84	20
Ishpingo (ESPISH)	136,67	15,27	98,72	174,61	30
L5 (ESPEL5)	93,33	15,27	55,39	131,28	30
VIOPEX (ESPVIOPEX)	73,33	15,27	35,39	111,28	30

*Nota.* Datos obtenidos del SPSS

Los resultados mostraron que el material a base de eucalipto presentó un mayor espesor en comparación con los demás elementos, mientras que VIOPEX registró menos espesor. Esta diferencia podría estar relacionada con una mayor fluidez del material comercial, lo cual favorecería su capacidad de penetración en estructuras finas del conducto radicular.

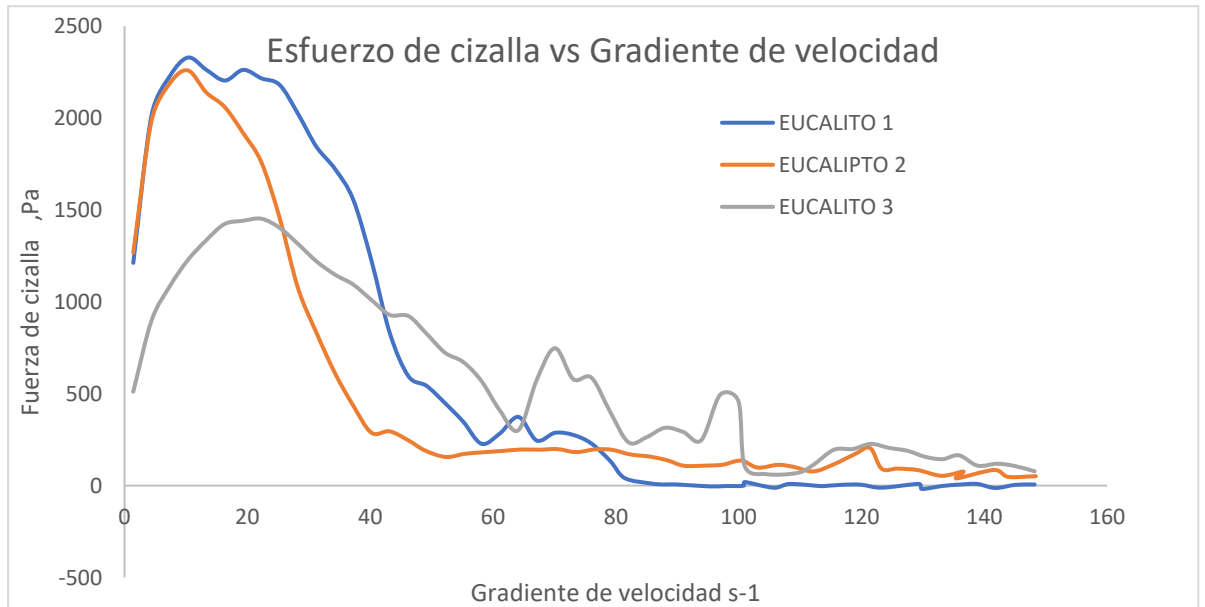
Sin embargo, los hallazgos comparativos denotaron que no existen diferencias significativas de las pastas de eucalipto, ishpingo y L5 en comparación con VIOPEX ( $p = .368$ ;  $p > .05$ ), denotando que el espesor es similar, al menos dentro del tamaño de la muestra disponible.

## Propiedades reológicas

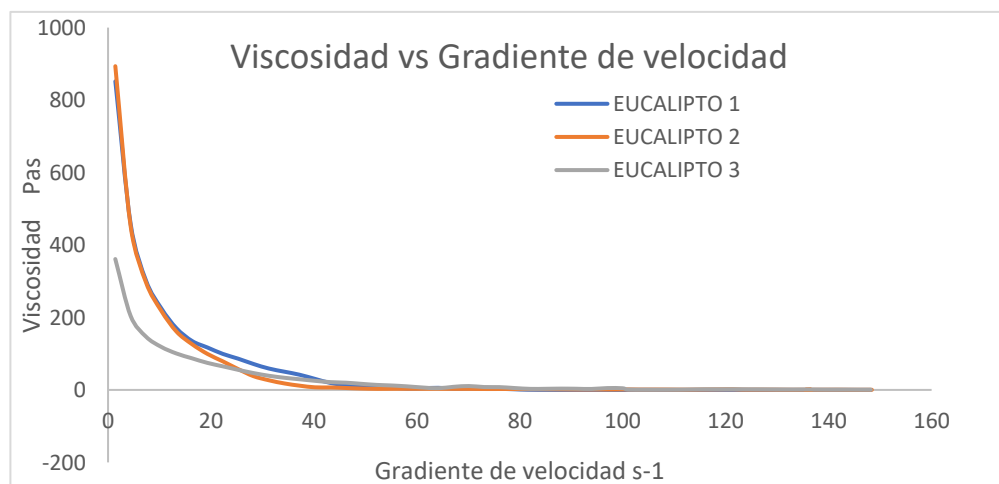
### *Viscosidad y comportamiento elastoplástico*

Las propiedades del eucalipto evaluadas (ver Figura 5 y Figura 6) demostraron que el material de eucalipto presenta los valores de viscosidad más altos entre los evaluados.

**Figura 5.** Esfuerzo de cizalla vs gradiente de velocidad en eucalipto



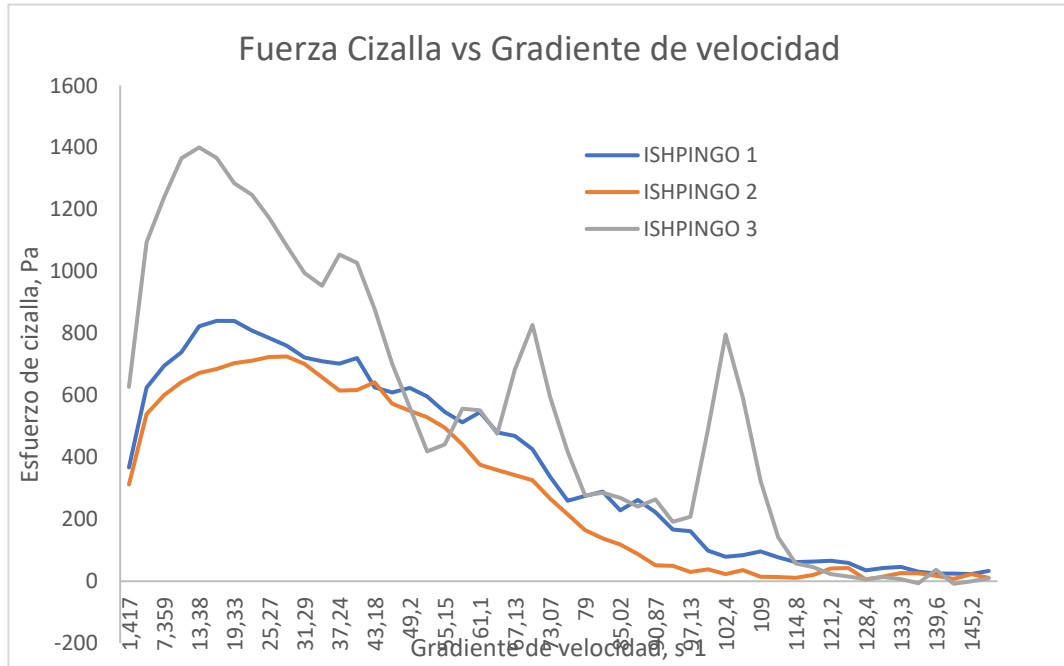
**Figura 6.** Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto



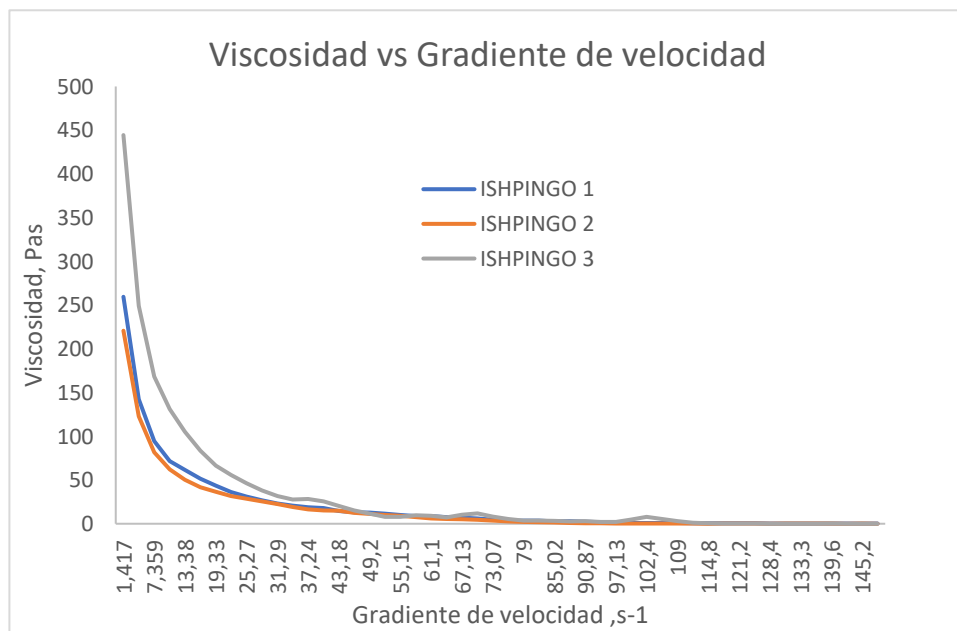
Por el contrario, las propiedades reológicas de la pasta elaborada con ishpingo (ver Figura 7 y Figura 8) demostraron que el material posee un valor de viscosidad intermedio y muestra un comportamiento elastoplástico con tendencia a la plasticidad. A partir de

esfuerzos de corte de 1000 Pa, se observa que la estructura interna comienza a desorganizarse, lo que se traduce en una mayor heterogeneidad y variabilidad en los valores medidos.

**Figura 7.** Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en ispingo

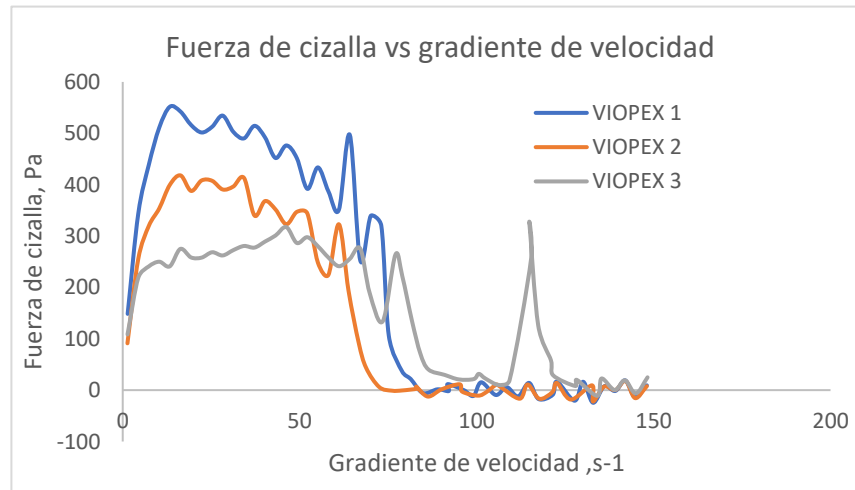


**Figura 8.** Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto

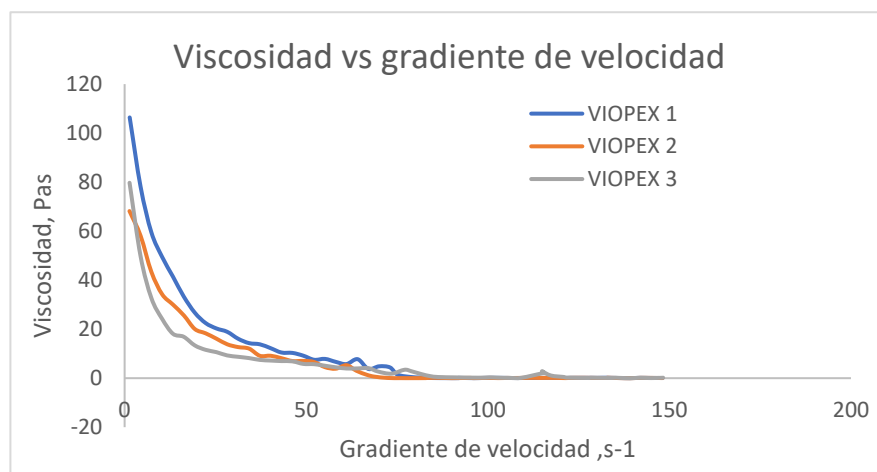


En el caso del VIOPEX® (ver Figura 9 y Figura 10), sus propiedades reológicas indican que esta pasta presenta una viscosidad baja, similar al sistema L5, pero su comportamiento es más heterogéneo.

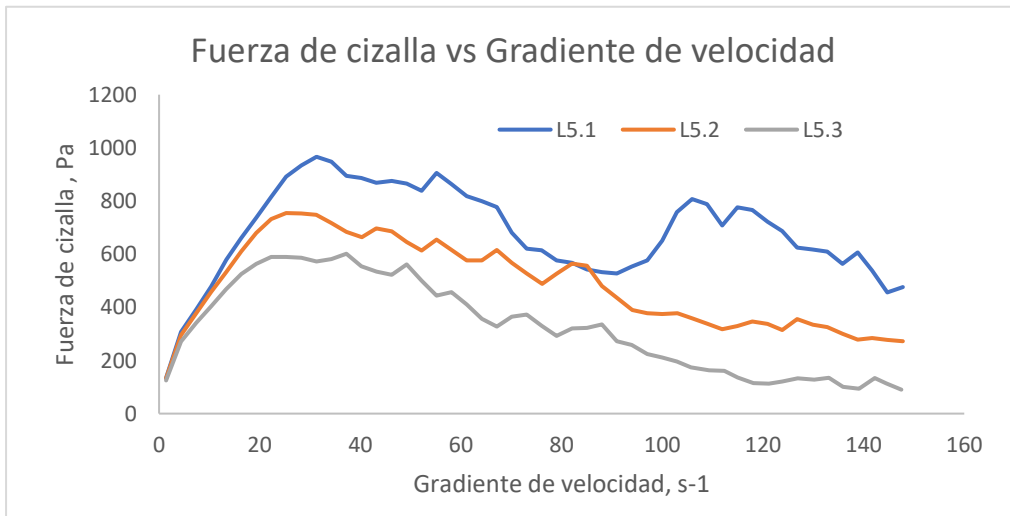
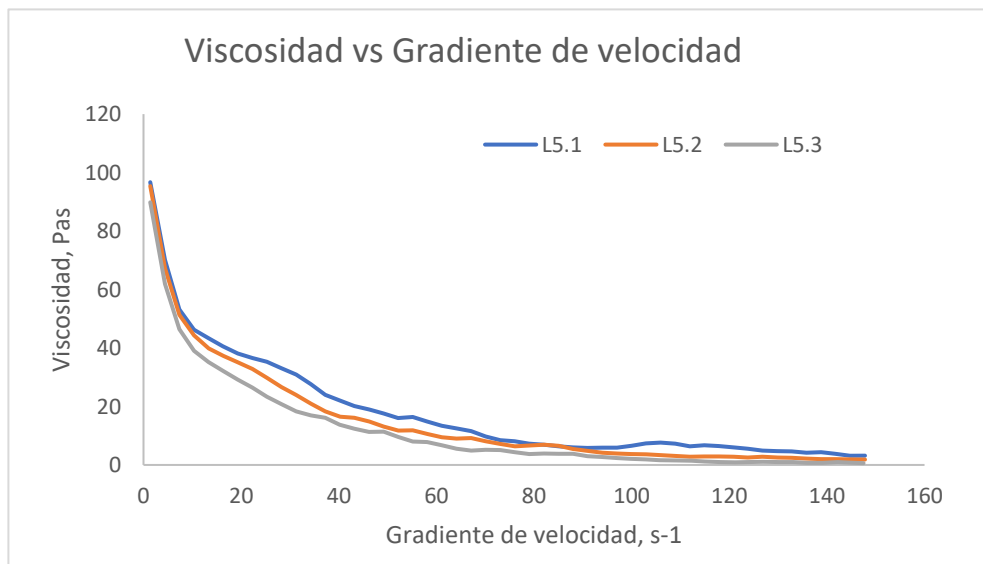
**Figura 9.** Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en VIOPEX



**Figura 10.** Viscosidad vs gradiente de velocidad en eucalipto



Para la pasta L5 desarrollada por Park et al. (2024), el material presenta una viscosidad baja y homogénea en las tres repeticiones, similar a la de VIOPEX. La homogeneidad de la viscosidad se respalda en su comportamiento consistente al aplicar el esfuerzo de cizalla, como se observa en las Figura 11 y Figura 12.

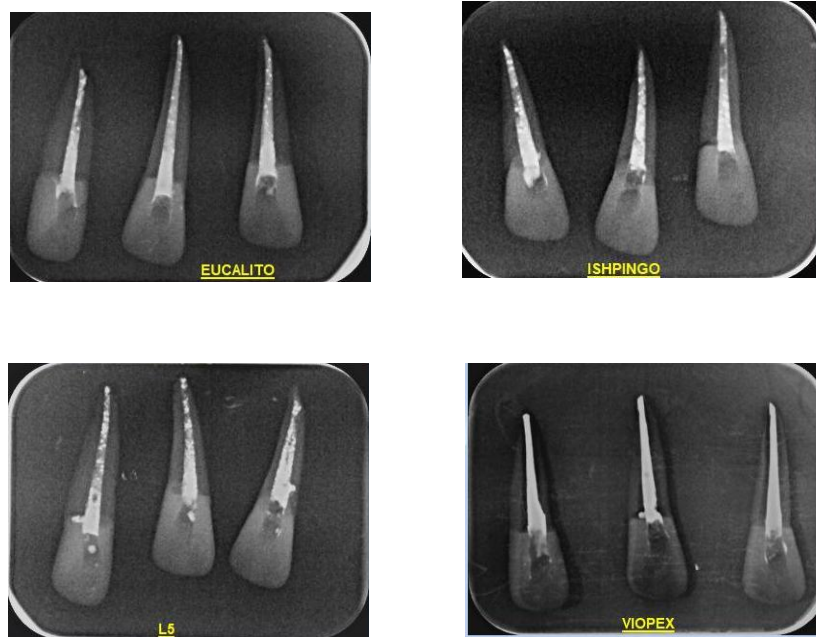
**Figura 11.** Fuerza cizalla vs gradiente de velocidad en L5**Figura 12.** Viscosidad vs gradiente de velocidad en L5

### **Tratamiento Endodónico en dientes de resina**

#### **Evaluación de la capacidad de relleno de raíces**

Imagen radiográfica indicando la capacidad de las pastas para sellar el conducto radicular de cada diente de resina, previamente preparados (ver Figura 13).

**Figura 13.** Evaluación de la capacidad de relleno de raíces



*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

### **Unidad de colonias en las pastas evaluadas**

Se evaluó las unidades formadoras de colonias de las pastas desarrolladas con aceites esenciales (eucalipto e ishpingo), L5, VIOPEX y grupo control.

Se muestra el número de colonias formadas de *S. mutans* en cada grupo: *aceite de eucalipto S. mutans* (SMEU), *aceite de ishpingo S. mutans* (SMISH), *pasta L5 S. mutans* (SML5), *pasta VIOPEX S. mutans* (SMVIOPEX) y *pasta control S. mutans* (SMCONTROL).

En cuanto al SMEU se encontró que todos los valores de este grupo fueron 0, lo que implica que no se ha formado ninguna colonia bacteriana bajo las condiciones probadas con eucalipto. Similar al grupo SME, el grupo SMISH también mostró valores de 0 para todas las métricas, lo que indicó que el ishpingo inhibió el crecimiento bacteriano.

Sin embargo, en los grupos SML5, SMVIOPEX y SMCONTROL, se hallaron proliferación de colonias de la bacteria *S. mutans* tal como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Unidad de colonias en las pastas evaluadas en SM.

Pastas	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
SML5	$9.46 \times 10^9$	$9.56 \times 10^9$	$3.90 \times 10^9$	$2.05 \times 10^{10}$
SMVIOPEX	$3.33 \times 10^{10}$	$5.69 \times 10^8$	$3.27 \times 10^{10}$	$3.38 \times 10^{10}$
SMCONTROL	$1.29 \times 10^{12}$	$1.61 \times 10^{12}$	$3.53 \times 10^{11}$	$3.15 \times 10^{12}$

*Nota.* Obtenido del programa SPSS

Los resultados mostraron que SML5 presenta una alta variabilidad, lo que indica grandes diferencias entre las muestras. SMVIOPEX mostró menor variabilidad y un rango más estrecho, sugiriendo mayor consistencia. Por último, SMCONTROL tiene la mayor media, pero con una gran dispersión, lo que indica una alta variabilidad de los valores.

La Tabla 5 presenta la comparación de las unidades de colonias en las pastas de obturación de conductos radiculares.

**Tabla 5.** Comparación de las unidades de colonias en las pastas evaluadas

Pastas	Rangos positivos	Rangos negativos	Z	Valor de significancia (bilateral)
SMVIOPEX vs SML5	0	3	-1,604	,109
SML5 vs SMCONTROL	0	3	-1,604	,109
SMVIOPEX vs SMCONTROL	0	3	-1,604	,109

*Nota.* Obtenido del programa SPSS

Los resultados obtenidos de las tres comparaciones entre las pastas no muestran diferencias estadísticamente significativas, ya que los valores de significancia (p-valor) son mayores que el umbral comúnmente aceptado de 0.05. En las comparaciones entre SMVIOPEX y SML5, SML5 y SMCONTROL, y SMVIOPEX y SMCONTROL, todos los valores de p fueron 0,109, lo que sugiere que no existen diferencias claras entre las pastas en cuanto a las unidades de colonias formadas.

Además, los rangos negativos y positivos son iguales en cada comparación, indicando que las diferencias observadas entre los grupos no son lo suficientemente marcadas como para que se considere que alguna pasta tiene un efecto significativamente diferente en la formación de colonias (ver Figura 14).

**Figura 14.** Rangos negativos y positivos

*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

Por otro lado, se examinaron cinco condiciones experimentales: aceite de eucalipto *E. faecalis* (EFEU), aceite de ishpingo *E. faecalis* (EFISH), pasta L5 *E. faecalis* (EFL5), pasta VIOPEX *E. faecalis* (EFVIOPEX) y pasta control *E. faecalis* (EFCONTROL) con la bacteria *E. faecalis*, tal como se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Unidad de colonias en las pastas evaluadas en EF

Pastas	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
EFEU	$1.39 \times 10^{19}$	$4.13 \times 10^{18}$	$1.15 \times 10^{19}$	$1.87 \times 10^{19}$
EFISH	$1.34 \times 10^{19}$	$1.67 \times 10^{18}$	$1.15 \times 10^{19}$	$1.45 \times 10^{19}$
EFL5	$1.59 \times 10^{13}$	$3.44 \times 10^{12}$	$1.20 \times 10^{13}$	$1.86 \times 10^{13}$
EFVIOPEX	$3.27 \times 10^{18}$	$5.66 \times 10^{18}$	$1.45 \times 10^{11}$	$9.81 \times 10^{18}$
EFCONTROL	$3.27 \times 10^{18}$	$5.66 \times 10^{18}$	$1.25 \times 10^{13}$	$9.81 \times 10^{18}$

*Nota.* Obtenido del programa SPSS

Los resultados de la tabla muestran diferencias en la cantidad de unidades de colonias entre las pastas evaluadas. EFEU y EFISH presentan medias similares; sin embargo, EFEU muestra una mayor dispersión de datos, lo que indica mayor variabilidad en sus muestras, mientras que EFISH presenta valores más homogéneos. En contraste, EFL5 exhibe una media significativamente menor con una variabilidad relativamente baja, lo que sugiere una menor presencia de colonias y mayor estabilidad en sus resultados. Por otro lado, EFVIOPEX y EFCONTROL presentan valores similares en su media, pero con una gran dispersión, lo

que indica fluctuaciones significativas en la cantidad de colonias entre las muestras analizadas.

Estas diferencias en la variabilidad sugieren que algunas pastas, como EFL5, podrían ser más consistentes en su comportamiento microbiológico, mientras que otras, como EFVIOPEX y EFCONTROL, presentan una mayor inestabilidad.

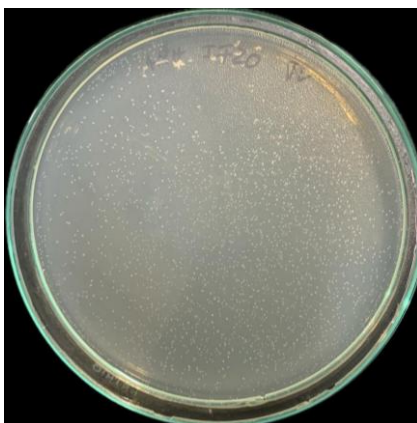
La Tabla 7 presenta las diferencias entre las unidades de colonias en las pastas de obturación evaluadas.

**Tabla 7.** Comparación de las unidades de colonias en las pastas evaluadas en EF

<b>Pastas</b>	<b>Rangos positivos</b>	<b>Rangos negativos</b>	<b>Z</b>	<b>Valor de significancia (bilateral)</b>
EFISH-EFEU	2	2	-,535 <sup>b</sup>	,593
EFL5 - EFEU	0	2	-1,604 <sup>b</sup>	,109
EVIOPREX - EFEU	0	2	-1,604 <sup>b</sup>	,109
EFONCTROL-EFEU	0	2	-1,604	,109
EFL5-EFISH	0	2	-1,604	,109
EFVIOPEX-FISH	0	2	-1,604	,109
EFCONTROL-EFISH	3	0	-1,604	,109
EVIOPREX-EFL5	1,50	300	.0000 <sup>b</sup>	1,000
EFCONTROL=EFL5	2,50	1,00	-1,609 <sup>b</sup>	,285
EFCONTROL- EFVIOPEX	,00	1,50	-1,342 <sup>b</sup>	,180

*Nota.* Obtenido del programa SPSS

Los resultados de las comparaciones entre las diferentes pastas evaluadas no muestran diferencias significativas. En todas las pruebas, los valores de significancia son mayores que el umbral 0,05, lo que indica que las diferencias observadas entre los grupos son aleatorias y no estadísticamente relevantes. Por lo tanto, no se puede concluir que existan efectos significativos entre las pastas evaluadas en términos de las unidades de colonias (ver Figura 15).

**Figura 15.** Unidad de colonias

*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

### Actividad antimicrobiana

Se evaluó la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalytus globulus*) e ishpingo (*Cinnamomum verum*) sobre *Streptococcus mutans* (SM) y *E. faecalis* (EF), mediante la medición de los halos de inhibición (ver Figura 16).

Los resultados del *Streptococcus mutans* se presentan en la Tabla 8 con su respectiva prueba estadística paramétrica dado que los datos presentaron una distribución normal. Los valores obtenidos indicaron que ambos aceites esenciales presentaron actividad antimicrobiana contra *Streptococcus mutans*. Sin embargo, sus halos de inhibición fueron significativamente menores al valor de referencia, lo que sugiere que su efectividad es inferior en comparación con el estándar establecido.

**Tabla 8.** Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales (SM)

Aceite esencial	Halo de Inhibición promedio (mm)	Desviación Estándar	Valor t	P (bilateral)
Eucalipto (SM)	15.46	1.88	-85.69	< 0.001
Ishpingo (SM)	21.31	2.03	-8.00	< 0.001

*Nota.* Valor de referencia de 33,16 mm.

A pesar de ello, el aceite esencial ishpingo mostró una mayor actividad microbiana que el eucalipto, lo que podría indicar una mayor efectividad relativa dentro de los compuestos evaluados.

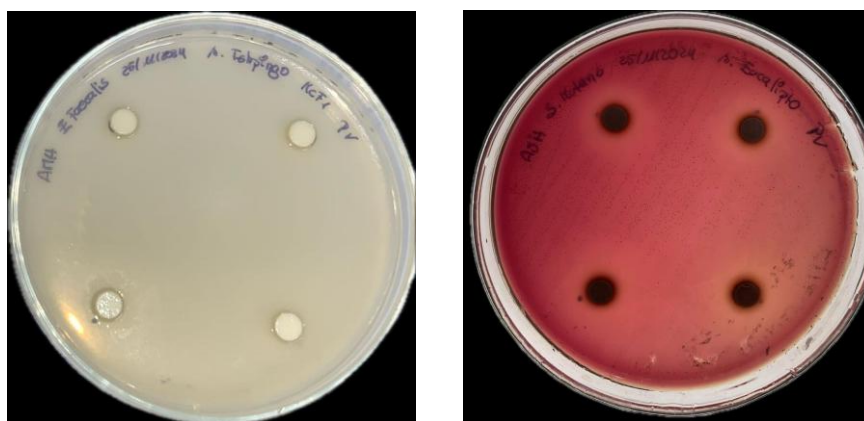
En el caso de *E. faecalis* (ver Tabla 9), los resultados indicaron que ambos aceites esenciales exhibieron actividad antimicrobiana, pero los halos de inhibición obtenidos fueron inferiores al valor de referencia, lo que sugieren diferencias estadísticamente significativas respecto al valor de referencia. Sin embargo, el aceite de ishpingo mostró mayor actividad antimicrobiana en comparación que el eucalipto.

**Tabla 9.** Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales (EF)

Aceite esencial	Halo de Inhibición promedio (mm)	Desviación Estándar	Valor t	P (bilateral)
Eucalipto (SM)	11.50	1.50	-13.94	< 0.001
Ishpingo (SM)	14.20	1.60	-11.23	< 0.001

*Nota.* Valor de referencia de 25,44 mm.

**Figura 16.** Actividad antimicrobiana



*Nota.* Muestras obtenidas durante la fase experimental del estudio

## Discusión y conclusiones

En este estudio, se buscó prevenir los efectos citotóxicos asociados al uso de yodoformo, una preocupación común en el campo de la odontopediatría, mediante el desarrollo y caracterización de dos formulaciones de obturación basadas en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaI,

lanolina y aceites esenciales de eucalipto e ishpingo. Para ello, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos y microbiológicos con el objetivo de evaluar el potencial de las formulaciones como alternativa biocompatible a la pasta convencional con yodoformo. Las pruebas incluyeron la determinación de solubilidad, fluidez, espesor de película, propiedades reológicas (como viscosidad y comportamiento elastoplástico), capacidad de obturación de conductos radiculares, recuento de unidades formadoras de colonias en las pastas evaluadas y ensayos de actividad antimicrobiana.

En término de solubilidad, fluidez y espesor de la película, los resultados obtenidos revelaron que no existieron diferencias significativas entre las formulaciones experimentales y la pasta comercial VIOPEX®. Este hallazgo es relevante, al indicar que las formulaciones naturales exhiben un comportamiento fisicoquímico comparable al de productos comerciales estandarizados.

Estos resultados coinciden con los reportes de Park et al. (2024), quienes demostraron que la formulación L5 presentó una solubilidad estable y una capacidad para estabilizar otras formulaciones, cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma ISO 6876. En línea con ello, la investigación de Sieniawska et al. (2019) evidenció que el aceite esencial de eucalipto, al ser vehiculizado en micro emulsiones, mostró una solubilidad adecuada y presentó propiedades antioxidantes, lo que refuerza su potencial como componente bioactivo en formulaciones odontológicas.

Además, Saavedra y Cabrera (2022) confirmaron que la pasta con aceite esencial de eucalipto actuó como un solvente eficaz, mostrando capacidad para disolver materiales sin efectos tóxicos, lo que lo posiciona como una opción viable en procedimientos endodónticos.

Respecto a las propiedades reológicas, se observó que la pasta con aceite esencial de eucalipto presentó una viscosidad superior a las demás formulaciones evaluadas. Esta elevada viscosidad favorece la desorganización más rápida de la estructura interna del material

cuando se somete a esfuerzos de cizalla, generando un comportamiento reológico no homogéneo (Goyal et al., 2022; Pal et al., 2023). En otras palabras, bajo la aplicación continua de cizalla, el material pierde progresivamente su orden estructural, lo que se traduce en una variabilidad en su respuesta al flujo.

En contraposición, la formulación L5 desarrollada por Park et al. (2024) exhibió una viscosidad baja y homogénea en todas las repeticiones, similar a VIOPEX®, lo que indica un comportamiento elastoplástico. Este comportamiento sugiere que la pasta L5 mantiene estabilidad y adaptabilidad durante la obturación, recuperando parcialmente su forma tras la deformación, aunque también presenta una deformación permanente cuando se somete a esfuerzos superiores.

Al revisar y comparar los valores de esfuerzo y viscosidad, se puede mencionar en términos de estabilidad y comportamiento, la pasta L5, al ser la más homogénea y elástica, tiene mayor capacidad para recuperar su forma rápidamente. Además, ofrece un mejor soporte frente a esfuerzos de cizalla o cualquier otro esfuerzo al que pueda estar sometida, como la inyección o aplicación de presión mediante un pistón. Su menor viscosidad le permite fluir más rápidamente, y su elasticidad facilita la cobertura e introducción en fisuras o poros (Alonso et al., 2020; Amorim et al., 2006; Anchava et al., 2024; Park et al., 2024).

El VIOPEX®, en la evaluación, mostró una baja viscosidad y un comportamiento reológico heterogéneo, caracterizado por propiedades elastoplásticas que tienden hacia la plasticidad. Su estructura interna se ve modificada de forma irregular bajo esfuerzo, generando variabilidad y falta de homogeneidad en su respuesta. En relación con esto, Park & Lee (2018) observaron que este tipo de material podría presentar una tasa de reabsorción significativamente alta, la cual ocurre a un ritmo más rápido que la reabsorción radicular, lo que puede llevar al fracaso del tratamiento endodóntico.

En comparación, la pasta con aceite esencial de eucalipto, debido a su mayor viscosidad, presenta una menor fluidez (Heilbrunn, 1958), lo que dificulta su aplicación mediante presión con pistón o inyección (Fidalgo et al., 2004) y limita su capacidad para cubrir fisuras o poros profundos debido a la mayor resistencia al flujo (Anchava et al., 2024).

Arya et al. (2022) argumentan que los aceites esenciales y sus compuestos activos, debido a su diversidad estructural y funcional, representan una fuente novedosa y continua de agentes con propiedades antimicrobianas, incluyendo actividad antibacteriana, antiviral, antifúngica y antiparasitaria. Sin embargo, su aplicación terapéutica está limitada por características como su volatilidad, inestabilidad química y escasa solubilidad, lo que dificulta su incorporación directa en productos farmacológicos.

En lo que respecta a la actividad antimicrobiana, los resultados obtenidos en este estudio demostraron que ambos aceites esenciales, el de eucalipto y el de ishpingo, exhibieron una capacidad inhibitoria frente a *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis*. No obstante, el aceite de ishpingo mostró una mayor eficacia antimicrobiana en comparación con el de eucalipto, destacándose como el más efectivo entre las formulaciones evaluadas.

Este hallazgo se alinea con los informes de Mosquera y Veloz (2011), quienes demostraron que el aceite esencial de hojas de ishpingo inhibe el crecimiento de *S. mutans* y *S. pyogenes*, evidenciando una alta susceptibilidad de estas bacterias al extracto natural. De manera similar, Gilardoni et al. (2021) destacaron que el aceite esencial de ishpingo, especialmente debido al compuesto (E)-cinamaldehído, exhibe una potente actividad antimicrobiana contra bacterias grampositivas y gramnegativas. Este compuesto actúa inhibiendo las porinas celulares y otros procesos como la ATPasa y la división celular, lo que refuerza su potencial terapéutico.

Por otro lado, los estudios de Magalhães et al. (2007), Park et al. (2023) y Assagaf et al. (2022), respaldan la acción del aceite esencial de eucalipto, atribuyéndole propiedades

antibacterianas, antiinflamatorias y su capacidad de disolver gutapercha, lo que lo convierte en un agente versátil dentro de la práctica endodóntica.

En conclusión, las formulaciones desarrolladas en este estudio, que incorporan aceites esenciales de eucalipto e ishpingo, presentan propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas comparables a las de productos comerciales estándar, como VIOPEX. Además, el aceite de ishpingo, con su mayor actividad antimicrobiana, muestra un gran potencial como alternativa natural en tratamientos odontológicos, destacándose como una solución viable y biocompatible para la odontopediatría.

A partir de los hallazgos obtenidos y considerando las limitaciones presentes en esta investigación, se propone que futuros estudios orienten sus esfuerzos hacia la optimización de la formulación del material de obturación. Una de las líneas sugeridas es la modificación de los componentes, específicamente mediante la variación de las concentraciones de los principios activos o la sustitución del aceite de silicona por aceite de ishpingo.

La evaluación de estas nuevas formulaciones debería incluir estudios de citotoxicidad in vitro en células gingivales humanas, para determinar la biocompatibilidad del producto y su seguridad para aplicaciones clínicas. Asimismo, se recomienda ampliar el rango de pruebas microbiológicas y fisicoquímicas para asegurar la estabilidad, eficacia y comportamiento del material en condiciones simuladas al entorno bucal. De ser prometedores los resultados, se podría avanzar hacia fases preclínicas y clínicas que permitan valorar su aplicabilidad en seres humanos, favoreciendo el desarrollo de materiales de obturación más eficaces, seguros y sostenibles para la práctica odontopediatría.

## Referencias

- Abdulrahman, B., & Rasha, A. (2023). Effect of eucalyptus oil on *Streptococcus mutans* and *Enterococcus faecalis* growth. *BDJ Open*, *9*(23).
- Almas, I., Innocent, E., Machumi, F., & Kisinza, W. (2021). Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. *Scientific African*, *12*, e00758. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00758>
- Alonso, C., Collini, I., Carrer, V., Barba, C., Martí, M., & Coderch, L. (2020). Permeation kinetics of active drugs through lanolin-based artificial membranes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *192*, 111024. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111024>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2020). Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. In *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. American Academy of Pediatric Dentistry. [https://www.aapd.org/media/Policies\\_Guidelines/BP\\_PulpTherapy.pdf](https://www.aapd.org/media/Policies_Guidelines/BP_PulpTherapy.pdf)
- Amorim, L., Toledo, O., Estrela, C., Decurcio, D., & Estrela, C. (2006). Antimicrobial analysis of different root canal filling pastes used in pediatric dentistry by two experimental methods. *Brazilian Dental Journal*, *17*(4), 317–322. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402006000400010>
- Amro, M., Nagwa, M., & Nevien, W. (2013). Evaluation of three root canal filling materials for primary teeth (in vivo and in vitro study). *Egyptian Dental Journal*, *59*(4).
- Anchava, J., Cortese, G., Garrofé, A., Picca, M., & Biondi, A. (2024). Resinas Bulk-Fill Flow vs Bulk-Fill en Dentición Primaria. *Revista de La Facultad de Odontología de La Universidad de Buenos Aires*, *39*(93). <https://doi.org/10.62172/revfouba.n93.a222>

- Arya, N., Rashmi, M., Vasanti, S., Tabassum, A., Munira, M., & Abdelwahab, O. (2022). Nanoparticles—Attractive Carriers of Antimicrobial Essential Oils. *Antibiotics (Basel)*, *11*(1).
- Assaggaf, H., Naceiri, H., Rajab, B., Attar, A., Hamed, M., Sheikh, R., Omari, N., Menyiy, N., Belmehdi, O., Mahmud, S., Alshahrani, M., Park, M., Kim, B., Zengin, G., & Bouyahya, A. (2022). Singular and Combined Effects of Essential Oil and Honey of Eucalyptus Globulus on Anti-Inflammatory, Antioxidant, Dermatoprotective, and Antimicrobial Properties: In Vitro and In Vivo Findings. *Molecules*, *27*(16), 5121. <https://doi.org/10.3390/molecules27165121>
- Ballabeni, V., Tognolini, M., Bertoni, S., Bruni, R., Guerrini, A., Rueda, G., & Barocelli, E. (2007). Antiplatelet and antithrombotic activities of essential oil from wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) calices from Amazonian Ecuador. *Pharmacological Research*, *55*(1), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2006.09.009>
- Barbosa, M., Arruda, R., Fabretti, F., Silva, E., De-Deus, G., & Gomes, B. P. (2018). Evaluation of Apically Extruded Debris Using Positive and Negative Pressure Irrigation Systems in Association with Different Irrigants. *Brazilian Dental Journal*, *29*(2), 184–188. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801750>
- Blancas, B., Lanzagorta, M., Jiménez, L., Lara, R., Molinari, J., & Fernández, A. (2021). Study of the ultrastructure of *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus mutans* incubated with salivary antimicrobial peptides. *Clinical and Experimental Dental Research*, *7*(3), 365–375. <https://doi.org/10.1002/cre2.430>
- Caeiro, L., Serna, C., Pérez, A., Vicente, A., Poza, A., & Ortiz, A. (2022). Developmental Dental Defects in Permanent Teeth Resulting from Trauma in Primary Dentition: A Systematic

Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 754.

<https://doi.org/10.3390/ijerph19020754>

Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial Activity of Some Essential Oils— Present Status and Future Perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. <https://doi.org/10.3390/medicines4030058>

Cortázar, C., García, R., Willershausen, I., Willershausen, B., & Benjamín Briseño. (2013). Citotoxicity assessment of different endodontic-use sealing cements in gingival fibroblast cultures. *Revista Odontológica Mexicana*, 17(1), 33–41.

Donnermeyer, D., Dammaschke, T., Lipski, M., & Schäfer, E. (2023). Effectiveness of diagnosing pulpitis: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 56(S3), 296–325. <https://doi.org/10.1111/iej.13762>

Dr Khoda opi, K. opi. (2021). Biomechanical preparation in primary endodontics- A comprehensive review. *UNIVERSITY JOURNAL OF DENTAL SCIENCES*, 7(3). <https://doi.org/10.21276/ujds.2021.7.3.22>

Fidalgo, B., Jimeno, P., Álvarez, S., Díaz, M., Aparicio, M., De la Rúa, R., Ruiz, S., De la fuente, S., & Íscar, M. (2004). Estudio experimental sobre la utilidad del aceite de copolímero de silicona-fluorsilicona (sifo) en la cirugía vitreoretiniana. *Arch Soc Esp Oftalmol*, 79(5).

Gilardoni, G., Montalván, M., Vélez, M., & Malagón, O. (2021). Chemical and Enantioselective Analysis of the Essential Oils from Different Morphological Structures of *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. *Plants*, 10(10), 2171. <https://doi.org/10.3390/plants10102171>

Gomes, B., Pinheiro, E., Gadê-Neto, C., Sousa, E., Ferraz, C., Zaia, A., Teixeira, F., & Souza-Filho, F. (2004). Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral*

*Microbiology and Immunology*, 19(2), 71–76. <https://doi.org/10.1046/j.0902-0055.2003.00116.x>

Goyal, A., Del Gado, E., Jones, S., & Martys, N. (2022). Ordered domains in sheared dense suspensions: The link to viscosity and the disruptive effect of friction. *Journal of Rheology*, 66(5), 1055–1065. <https://doi.org/10.1122/8.0000453>

Hachem, C., Chedid, J., Nehme, W., Kaloustian, M., Ghosn, N., Sahnouni, H., Mancino, D., Haikel, Y., & Kharouf, N. (2022). Physicochemical and Antibacterial Properties of Conventional and Two Premixed Root Canal Filling Materials in Primary Teeth. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(4), 177. <https://doi.org/10.3390/jfb13040177>

Heilbrunn, L. (1958). The Viscosity Concept. In *The Viscosity of Protoplasm* (pp. 3–5). Springer Vienna. [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-5458-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-5458-8_2)

Jorgensen, P., & Leon-Yanez, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*; Missouri Botanical Garden Press. *St. Louis, MO, USA*.

Kanjevac, T., Djurdjevic, M., Acovic, A., & Pavlovic, J. (2020). Prosthetics in Pediatric Dentistry: Etiology of Tooth Loss and Prosthetic Rehabilitation in Children. *Global Journal of Oral Science*, 6(1), 25–30. <https://doi.org/10.30576/2414-2050.2020.06.5>

Khvalevich, U., Planova, A., Dorofeev, Y., Pogosyan, D., Bamatgiryeva, S., & Goncharov, V. (2021). Pediatric Dentistry and Oral Health Features of Children with Certain Genetic Diseases. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33, 199–205. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i28B31554>

- Leherbauer, I., & Stappen, I. (2020). Selected essential oils and their mechanisms for therapeutic use against public health disorders. An overview. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 75(7–8), 205–223. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0007>
- Lemos, J., Palmer, S., Zeng, L., Wen, Z., Kajfasz, J., Freires, I., Abranches, J., & Brady, L. (2019). The Biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiology Spectrum*, 7(1). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0051-2018>
- Machado, T., & Reyes, B. (2021). Streptococcus mutans, principal cariogénico de la cavidad bucal. *Progaleno*, 4(3), 209–221.
- Magalhães, B., Johann, J., Lund, R., Martos, J., & Del Pino, F. (2007). Dissolving efficacy of some organic solvents on gutta-percha. *Brazilian Oral Research*, 21(4), 303–307. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242007000400004>
- Manion, C., & Widder, R. (2017). Essentials of essential oils. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(9), e153–e162. <https://doi.org/10.2146/ajhp151043>
- Miller, J., Avilés, A., Scott, K., Gregoire, S., Watson, G., Sampson, E., Progulske, A., Koo, H., Bowen, W., Lemos, J., & Abranches, J. (2015). The Collagen Binding Protein Cnm Contributes to Oral Colonization and Cariogenicity of Streptococcus mutans OMZ175. *Infection and Immunity*, 83(5), 2001–2010. <https://doi.org/10.1128/IAI.03022-14>
- Mosquera, T., & Veloz, T. (2011). Eficacia in-vitro de un colutorio elaborado con aceite esencial de la hoja de ishpingo Ocotea quixos (Lam.) Kostern. ex O.C. Schmidt y clavo de olor Syzygium aromaticum (L.) Merr. & L.M. Perry. *La Granja*, 13(1), 31–41.
- Orellana, J. (2021). Ácido cítrico al 20%, su efectividad como quelante en endodoncias de dientes temporales. *Revista de La Facultad de Odontología*, 31(1), 4–6.

- Pal, A., Jaju, S., & Kumaran, V. (2023). Effect of viscosity contrast on the dynamics of a sheared lamellar mesophase. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 320, 105110. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2023.105110>
- Park, H., & Lee, J. (2018). A Study on the Effect of Job Characteristics on the Preference of Flexible Work Arrangements. *Korean Policy Sciences Review*, 22(4), 59–79. <https://doi.org/10.31553/kpsr.2018.12.22.4.3>
- Park, H.-S., Kim, Y.-J., Chang, S.-J., Lee, H.-H., Han, M.-R., Lee, J.-H., Kim, J.-S., Kim, J.-B., Shin, J.-S., & Lee, J.-H. (2024). Optimization of Sodium Iodide-Based Root Filling Material for Clinical Applications: Enhancing Physicochemical Properties. *Pharmaceutics*, 16(8), 1031. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16081031>
- Park, S., Raka, R., Hui, X., Song, Y., Sun, J., Xiang, J., Wang, J., Jin, J., Li, X., Xiao, J., & Wu, H. (2023). Six Spain Thymus essential oils composition analysis and their in vitro and in silico study against *Streptococcus mutans*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 106. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03928-7>
- Raouf, M., Khaleghi, M., Siasar, N., Mohannadalizadeh, S., Haghani, J., & Amanpour, S. (2019). Antimicrobial Activity of Methanolic Extracts of *Myrtus Communis* L. and *Eucalyptus Galbie* and their Combination with Calcium Hydroxide Powder against *Enterococcus Faecalis*. *J Dent (Shiraz)*, 20(3), 195–202.
- Rocas, I., Silqueirajr, J., & Santos, K. (2004). Association of *Enterococcus faecalis* With Different Forms of Periradicular Diseases. *Journal of Endodontics*, 30(5), 315–320. <https://doi.org/10.1097/00004770-200405000-00004>

- Rodríguez, D. (2021). Evaluación de la susceptibilidad de *Enterococcus faecalis* ATCC-29212 frente a medicamentos combinados con hidróxido de calcio. *Revista Eugenio Espejo*, 15(1), 12–21. <https://doi.org/10.37135/ee.04.10.02>
- Saavedra, P., & Cabrera, M. (2022). Estudio in vitro del efecto de tres solventes comerciales sobre conos de gutapercha utilizados para técnica en frío y termoplastificada. *Revista Científica Odontológica*, 10(2), e104. <https://doi.org/10.21142/2523-2754-1002-2022-104>
- Santos, S., Villaverde, J., Freire, C., Domingues, M., Neto, C., & Silvestre, A. (2012). Phenolic composition and antioxidant activity of *Eucalyptus grandis*, *E. urograndis* (*E. grandis* × *E. urophylla*) and *E. maidenii* bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 39, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.003>
- Sieniawska, E., Świątek, Ł., Wota, M., Rajtar, B., & Polz-Dacewicz, M. (2019). Microemulsions of essential oils – Increase of solubility and antioxidant activity or cytotoxicity? *Food and Chemical Toxicology*, 129, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.038>
- Siraparapu, K., Moinuddin, K., Behera, R., Taduri, V., Durgam, H., & Ramachandrani, N. (2024). A Comparative Evaluation of the Dissolving Abilities of Eucalyptus, Orange, and Castor Oils in Endodontic Retreatment Using Conventional and Rotary Techniques. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.64063>
- Thomas, J., Bilichodmath, S., Preethi, N., & Thimmegowda, U. (2019). Identification of Specific Anaerobic Bacteria in Endodontic Infections of Primary Teeth—A PCR Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 12(1), 1–4. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1573>

- Thosar, N., Basak, S., Bahadure, R., & Rajurkar, M. (2013). Antimicrobial efficacy of five essential oils against oral pathogens: An in vitro study. *European Journal of Dentistry*, 07(S 01), S071–S077. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.119078>
- Tulsani, S., Chikkanarasaiah, N., & Bethur, S. (2014). An in Vivo Comparison of Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite and Biopure MTAD™ against Enterococcus Faecalis in Primary Teeth: A qPCR Study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(1), 30–34. <https://doi.org/10.17796/jcpd.39.1.c4q2155r16817219>
- Valarezo, T., & Torres, M. (2020). Revisión bibliográfica del calen/ZO como material obturador en pulpectomías. *RECIAMUC*, 4(3), 375–388. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(3\).Julio.2020.375-388](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(3).Julio.2020.375-388)
- Vittoba, J. (2016). Knowledge and Awareness of Primary Teeth and Their Importance among Parents in Bengaluru City, India. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(1), 56–61. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1334>
- Xin, W., Yi, S., Kiran, T., Jinzhi, H., Jian-Guo, Z., Fei, H., & Zhao-Jun, W. (2020). Antibacterial Activity and Mechanism of Ginger Essential Oil against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *Molecules*, 25(17).
- Zacharczuk, G., Toscano, M., López, G., & Ortolani, A. (2019). Evaluation of 3Mix-MP and pulpectomies in non-vital primary molars. *Acta Odontol Latinoam*, 32(1), 22–28.