

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



**“EFECTIVIDAD EN LA DESINFECCIÓN DE GUTAPERCHA CON  
DIFERENTES AGENTES ANTIMICROBIANOS”**

**ESTUDIANTES:**

Sharon Molina 22-1048

Arlin Castro Díaz 23-0798

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

**Docente Especializado:**

Dra. María Teresa Thomas

**Docente Titular:**

Dra. Helen Rivera

**Santo Domingo, Distrito Nacional**

**5 de Agosto 2025**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente quiero agradecerle a Dios, gracias por guiar cada paso de este proceso, sostenerme en los momentos difíciles y amarme incondicionalmente.

A mi mamá, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Este logro también es suyo. A mi abuela, por ser una segunda madre, por su apoyo, y por sus consejos inigualables. El amor que le tengo es inexplicable. A mi hermano y mi hermana, por ser los chiquititos que más amo en este mundo y por ser mi fuerza, orgullo, y alegría aunque no lo sepan. Y a mi pareja, gracias por tu amor paciente, tu comprensión infinita y por animarme a seguir adelante incluso en los días más pesados. Tu compañía ha sido una luz durante este proceso y durante prácticamente toda mi carrera como estudiante de odontología.

A todos ustedes, gracias por ser la parte más fundamental de este logro. Este triunfo no lo he alcanzado sola. Lo he hecho con ustedes, por ustedes y gracias a ustedes.

Sharon Molina.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al culminar esta significativa etapa académica, quiero agradecer a mis padres. Gracias por su apoyo, amor y por siempre motivarme durante todo este proceso, por confiar en mí y ver todo lo que soy capaz de conseguir mucho antes de que ocurra.

A nuestra docente titular, Dra. Helen Josefina Rivera, y a nuestra docente especializada, Dra. María Teresa Thomas, por su invaluable guía, compromiso y dedicación en la formación académica, extendemos nuestro más sincero agradecimiento. Su acompañamiento durante este proceso fue fundamental para nuestro aprendizaje.

Gracias a Dios por cuidarme, por darme la sabiduría y las fuerzas para lograr mis metas y guiarme día a día.

Arlin Castro Díaz.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general comparar la efectividad en la desinfección de gutaperchas utilizando dos agentes antimicrobianos: hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%. Para ello, se utilizó una muestra de 70 gutapercha, divididas en tres grupos: 30 tratadas con hipoclorito, 30 con ácido peracético y 10 sin tratamiento (grupo control). Cada grupo fue expuesto a tres tiempos de inmersión (30, 60 y 120 segundos). Las muestras fueron sometidas a análisis microbiológicos en un laboratorio especializado, y los resultados fueron procesados mediante hojas de cálculo en Excel y análisis estadísticos con SPSS versión 24.0, incluyendo pruebas de ANOVA para comparar la eficacia de los desinfectantes según el tiempo de exposición. Los resultados evidenciaron que el hipoclorito de sodio al 5.25% fue significativamente más eficaz, eliminando el 90% de las bacterias a los 120 segundos, mientras que el ácido peracético mostró mejores resultados a 30 segundos, pero su eficacia disminuyó con el tiempo. El grupo control presentó una alta contaminación. Se concluye que el hipoclorito de sodio es el desinfectante más efectivo en condiciones clínicas controladas, recomendándose su uso con un tiempo de inmersión de al menos 120 segundos.

**Palabras clave:** gutapercha, desinfección, hipoclorito de sodio, ácido peracético, bioseguridad, endodoncia.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to compare the effectiveness of gutta-percha disinfection using two antimicrobial agents: 5.25% sodium hypochlorite and 5% peracetic acid. A total of 70 gutta-percha points were analyzed and divided into three groups: 30 treated with sodium hypochlorite, 30 with peracetic acid, and 10 untreated (control group). Each group was exposed to three immersion times (30, 60, and 120 seconds). The samples underwent microbiological analysis in a specialized laboratory, and the results were processed using Microsoft Excel and statistical analysis with SPSS version 24.0, including ANOVA tests to compare the efficacy of the disinfectants based on exposure time. The results showed that 5.25% sodium hypochlorite was significantly more effective, eliminating 90% of bacteria at 120 seconds, while peracetic acid showed better results at 30 seconds, but its efficacy decreased with longer exposure times. The control group exhibited a high proportion of bacterial contamination. It was concluded that sodium hypochlorite is the most effective disinfectant under controlled clinical conditions, and its use is recommended with a minimum immersion time of 120 seconds.

**Keywords:** gutta-percha, disinfection, sodium hypochlorite, peracetic acid, biosafety, endodontics.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	15
4.2 MARCO CONCEPTUAL	19
4.3 MARCO TEÓRICO	20
4.3.2 ENDODONCIA	20
4.3.3. GUTAPERCHA	21
4.3.4 DESINFECCIÓN DE LOS CONOS DE GUTAPERCHA	25
5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	29
6. MARCO METODOLÓGICO	30
6.1 TIPO DE ESTUDIO	30
6.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
6.3 CRITERIOS	32
6.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	32
6.3.2 CRITERIOS EXCLUSIÓN	33
6.4 VARIABLES	33
6.4.1 VARIABLES DEPENDIENTES	33
6.4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	33
6.5 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	34
6.6 POBLACIÓN	35
6.7 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	35
6.8 PLAN DE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	35
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	37
8. DISCUSIÓN	46
	6

9. CONCLUSIONES	51
10. RECOMENDACIONES	53
11. PROSPECTIVA	54
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma estructural del hipoclorito de sodio (NaOCl)	27
Figura 2. Perax Rio 0.2%	28
Figura 3. Proceso de desinfección	30
Figura 4. Gutaperchas de grosor 40 del Meta Biomed	31
Figura 5. Resultados de colonias luego de incubación	36
Figura 6. Bacterias observadas mediante análisis microscópico	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de los conos de gutapercha	24
Tabla 2. Operacionalización de las variable	33
Tabla 3. Relación entre el agente desinfectante, el tiempo de inmersión y la presencia de bacterias en las gutaperchas estudiadas	37
Tabla 4. Identificación y cuantificación de las bacterias en las gutaperchas estudiadas de acuerdo con el tiempo de desinfección y el agente usado	39

## 1. INTRODUCCIÓN

La obturación endodóntica tiene como objetivo fundamental lograr un sellado tridimensional del conducto radicular previamente conformado, alcanzando tanto las áreas laterales como apicales del sistema de conductos. Este sellado debe ser hermético para impedir la presencia de microorganismos y la difusión de toxinas hacia los tejidos periodontales circundantes. <sup>1</sup>

Sin embargo la contaminación cruzada constituye un desafío significativo antes, durante y después del tratamiento endodóntico. Esta puede originarse en los instrumentos utilizados o en propios materiales de obturación, como los conos de gutapercha (GP). Aunque dichos conos son fabricados en condiciones controladas y cuentan con propiedades antimicrobianas derivadas de la presencia de óxido de zinc en su composición, pueden contaminarse durante los procesos de almacenamiento y manipulación por parte del profesional de la salud dental. <sup>2</sup>

Un aspecto adicional a considerar es que los conos de gutapercha no son aptos para esterilización térmica convencional, como el calor húmedo o seco, debido a su naturaleza termolábil, lo que podría comprometer su integridad estructural. Por ello, resulta indispensable identificar agentes químicos desinfectantes eficaces que puedan emplearse antes de la obturación, garantizando su desinfección sin alterar sus propiedades físicas y químicas. <sup>3</sup>

En este contexto, surge la necesidad de evaluar y comparar la efectividad de distintos agentes químicos antimicrobianos en la desinfección de conos de gutapercha. Este estudio experimental analiza la eficacia de distintos desinfectantes en la eliminación de contaminantes microbianos en conos de gutapercha, considerando que una desinfección adecuada es clave para el éxito endodóntico y la biocompatibilidad del

sellado. Finalmente, la presente investigación busca aportar al cuerpo estudiantil y profesional un protocolo clínico rápido, seguro y eficiente para la desinfección de conos de gutapercha, aplicable en la práctica odontológica, con especial atención al área de endodoncia de la clínica odontológica de la Universidad Iberoamericana, UNIBE.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los conductos radiculares en su gran mayoría presentan una microflora bacteriana altamente contaminada, por lo que un tratamiento endodóntico se considera exitoso únicamente si se siguen correctamente todos los pasos del procedimiento: aislamiento, apertura del conducto, instrumentación del conducto radicular, irrigación, medicación si es necesario y finalmente la obturación. <sup>4</sup>

En la fase de obturación, es indispensable someter los conos de gutapercha a un proceso de desinfección con un agente antimicrobiano que garantice la eliminación de posibles contaminantes microbianos. Se ha evidenciado que estos conos pueden presentar contaminación incluso antes de ser retirados de sus empaques originales, situación que se agrava tras su manipulación clínica. Ello incrementa el riesgo de introducir patógenos en el sistema de conductos radiculares, pudiendo así comprometer el éxito del tratamiento endodóntico. <sup>5</sup>

Para mitigar este riesgo, es necesario aplicar métodos de desinfección efectivos que aseguren la eliminación de microorganismos sin alterar las propiedades físicas de la gutapercha. Entre los desinfectantes químicos más empleados en endodoncia se encuentra el hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25%, ampliamente reconocido por su efectividad antimicrobiana. En contraste, el ácido peracético al 5% es utilizado como desinfectante en otros contextos clínicos, pero su aplicación en el área endodóntica no es habitual ni está tan ampliamente investigada. <sup>6</sup>

Estos métodos consisten principalmente en la inmersión de los conos en soluciones de dichos agentes. Sin embargo, la eficacia de estos productos varía, lo que ha generado controversia respecto a cuál es el más adecuado para garantizar una desinfección óptima. <sup>7</sup>

A partir de lo anterior, surge la necesidad de responder las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la efectividad de desinfección de los conos de gutapercha con el hipoclorito de sodio al 5.25% y el ácido peracético al 5%?
- ¿Cuál de los dos agentes estudiados resulta ser más eficaz?
- ¿Cuál de los dos agentes antimicrobianos analizados conlleva menor tiempo de desinfección?
- ¿ Cuáles microorganismos fueron aislados luego de la desinfección y cuál de ellos fue el más predominante?

Los resultados obtenidos permitirán identificar el desinfectante más eficiente y rápido para la desinfección de conos de gutapercha. A partir de estos hallazgos, se podrán emitir recomendaciones basadas en evidencia para su aplicación en procedimientos endodónticos, lo cual favorecerá el éxito clínico y fortalecerá la bioseguridad en la práctica odontológica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Comparar la efectividad en la desinfección de gutapercha con diferentes agentes antimicrobianos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la efectividad de desinfección de los conos de gutapercha con el hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%.
- Demostrar cuál de los dos agentes estudiados resulta ser más eficaz.
- Identificar cuál de los dos agentes antimicrobianos analizados conlleva menor tiempo de desinfección.
- Determinar la bacteria más predominante en las muestras recolectadas.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Diversos estudios han abordado la importancia de la desinfección adecuada de los conos de gutapercha antes de la obturación, evaluando la efectividad antimicrobiana de distintos agentes y métodos, así como su impacto sobre las propiedades físicas del material.

Un estudio comparó la eficacia del (NaOCl) al 2.5%, hipoclorito de calcio [Ca(OCl)<sub>2</sub>] al 2.5% y clorhexidina (CHX) al 2% en la desinfección rápida de conos de gutapercha contaminados con *Candida albicans*. Se determinaron las concentraciones mínimas inhibitorias y fungicidas de cada solución para *C.albicans*, además de evaluar la capacidad de cada solución para eliminar e inhibir el biofilm en los pocillos de cultivo. Se analizaron 98 conos de gutapercha contaminados con la suspensión fúngica. Fueron desinfectados utilizando diferentes soluciones (NaOCl al 2.5%, Ca(OCl)<sub>2</sub> al 2.5% y CHX al 2%) aplicadas mediante distintos métodos (sin agitación, con agitación ultrasónica o con agitación con Easy Clean) y con tiempos de exposición de 1 o 5 minutos. Posteriormente, se analizó la turbidez de las muestras y se evaluaron las colonias viables. Los compuestos que mostraron mayor eficacia en la destrucción del biofilm fueron el NaOCl y el Ca(OCl)<sub>2</sub> a una concentración de 2xMIC ( $p < 0.001$ ). En cuanto a la inhibición del biofilm, el único compuesto efectivo en todas las concentraciones de MIC probadas fue el Ca(OCl)<sub>2</sub> al 2.5% ( $p < 0.0001$ ). Respecto a las colonias viables, todas las soluciones fueron eficaces en comparación con el grupo control, en todos los métodos de aplicación y en ambos tiempos de exposición (1 y 5 minutos) ( $p < 0.05$ ). La lectura del densitómetro mostró que la CHX fue la única solución efectiva en todos los métodos de aplicación ( $p < 0.05$ ). Los resultados

demuestran que todas las soluciones evaluadas fueron eficaces en la descontaminación rápida de conos contaminados con *C.albicans*.<sup>8</sup>

Otra investigación menciona, que la gutapercha puede contaminarse durante su manipulación, por lo que se hace fundamental garantizar su esterilización antes de su colocación en el espacio del conducto radicular. Por esto, los autores decidieron efectuar un estudio que tuvo como objetivo evaluar y comparar la resistencia a la tracción de la gutapercha tratada con cuatro soluciones desinfectantes diferentes: NaOCl al 3%, jugo de amla (AJ), jugo de aloe vera (AV) y pancha tulsí (PT). Se llevó a cabo un estudio *in vitro*, en el cual se seleccionaron cincuenta conos de gutapercha de tamaño 30, de paquetes sellados, y se dividieron en cinco grupos. Los grupos experimentales fueron desinfectados durante 1 minuto con NaOCl al 3%, AJ, AV y PT, mientras que el grupo control no recibió tratamiento. Posteriormente, se midió la resistencia a la tracción de la gutapercha, utilizando una máquina de ensayo de tracción y Brinell. Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos mediante la prueba de Kruskal-Wallis, seguida de la prueba post hoc de Dunn. Los valores medios de resistencia a la tracción obtenidos para los grupos A, B, C, D y E fueron 9.49 MPa, 13.33 MPa, 12.58 MPa, 12.69 MPa y 13.56 MPa, respectivamente. Se observó que en los grupos tratados con desinfectantes herbales (AJ, AV y PT), la resistencia a la tracción no presentó alteraciones significativas, mientras que en el grupo tratado con NaOCl al 3%, se registró una reducción considerable en la resistencia del material. Determinaron, que el AJ, AV y PT pueden utilizarse como desinfectantes de gutapercha sin comprometer la resistencia a la tracción de los conos, lo que sugiere una alternativa viable frente a desinfectantes convencionales que pueden debilitar la estructura del material.<sup>9</sup>

Según otro estudio llevado a cabo, se comprobó que el éxito de los procedimientos endodónticos puede verse comprometido por la reinfección, incluso cuando se realizan con el máximo cuidado. Una posible causa de esta complicación es el uso de conos de gutapercha contaminados en los conductos radiculares. Mediante este estudio se evaluó la actividad antimicrobiana y la eficacia del neem, la cúrcuma y el calotropis procera en la desinfección de conos de gutapercha antes de la obturación. Se utilizaron 80 conos de gutapercha, los cuales fueron contaminados con 0.5 ml de la cepa estándar de *Enterococcus faecalis* durante 10 minutos. Luego, 20 conos fueron tratados por hasta 5 minutos en soluciones preparadas de neem, cúrcuma, calotropis procera el NaOCl al 5.25%. Posteriormente, los conos fueron colocados en caldo BHI y sometidos a vórtex por un minuto. Se tomó una muestra de cada caldo y se inoculó en 20 placas de agar sangre, con cinco placas asignadas a cada solución. Las placas fueron incubadas en condiciones aerobias a 37°C durante 24 horas y se realizó el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) utilizando un contador digital. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $p < 0.01$ ). El grupo control, tratado con NaOCl al 5.25%, presentó un promedio de cinco UFC. Entre las soluciones experimentales, la cúrcuma fue la más efectiva, con un promedio de 55 UFC, mientras que neem y calotropis procera mostraron un promedio de 130 UFC y 200 UFC, respectivamente, lo que las posiciona como las menos eficaces en comparación con las demás soluciones evaluadas. En conclusión, todas las soluciones herbales demostraron capacidad desinfectante en los conos de gutapercha. Sin embargo, la cúrcuma fue la más efectiva de las soluciones experimentales, mostrando una actividad antibacteriana superior en comparación con neem y calotropis procera. Estos hallazgos sugirieron que la cúrcuma podría

representar una alternativa viable en la desinfección de gutapercha antes de la obturación endodóntica. <sup>10</sup>

Otro antecedente de investigación a mencionar, es la evaluación de la topografía superficial de la GP después de su desinfección con NaOCl al 5.25%, nanopartículas de plata (AgNPs) a 70 µg/ml y nanopartículas de quitosano (ChNPs) a 1.5 mg/ml, utilizando microscopía de fuerza atómica (AFM). Para ello, se llevó a cabo un estudio *in vitro* con 40 conos de gutapercha, los cuales fueron divididos en cuatro grupos: Grupo I (control, sin tratamiento), Grupo II (tratado con NaOCl al 5.25%), Grupo III (tratado con AgNPs a 70 µg/ml) y Grupo IV (tratado con ChNPs a 1.5 mg/ml). Posteriormente, se realizó el análisis de la topografía superficial de las muestras mediante AFM. El análisis estadístico se basó en los valores de raíz cuadrática media (RMS) y rugosidad superficial, los cuales fueron comparados para evaluar la estructura de los conos de GP mediante imágenes en modo de contacto. Se utilizó el software estadístico IBM SPSS-20.0, aplicando pruebas de ANOVA unidireccional y post hoc de Tukey, considerándose diferencias estadísticamente significativas con  $p < 0.05$ . Los resultados mostraron que los valores de RMS y rugosidad superficial fueron significativamente más altos en el grupo tratado con NaOCl al 5.25%, en comparación con los grupos tratados con AgNPs (70 µg/ml) y ChNPs (1.5 mg/ml). En conclusión, este estudio demostró que el NaOCl al 5.25% produce un mayor deterioro en la topografía superficial de la gutapercha, mientras que los tratamientos con AgNPs y ChNPs generan un menor impacto. Estas alteraciones en la superficie de la gutapercha pueden influir en el pronóstico postoperatorio, lo que sugiere que el uso de nanopartículas podría ser una alternativa menos agresiva para la desinfección de los conos de GP antes de la obturación. <sup>11</sup>

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

- Antimicrobiano: Compuesto con acción contra microorganismos como bacterias, virus y hongos, impidiendo su proliferación.
- Antiséptico: Sustancia utilizada en tejidos vivos para prevenir o detener el crecimiento de microorganismos mediante la inhibición de su actividad.
- Ápice: Parte final de la raíz del diente, también denominada foramen apical. Los dientes están compuestos por corona y raíz; los incisivos, caninos y premolares poseen una raíz, mientras que los molares inferiores tienen dos y los superiores tres.
- Apicectomía: Procedimiento quirúrgico que consiste en la eliminación de la porción apical del conducto radicular de un diente.
- Asepsia: Estado en el que no hay presencia de microorganismos infecciosos en tejidos u objetos.
- Conducto radicular: Estructura interna del diente compuesta por tejido blando con vasos sanguíneos y nervios, permitiendo la conexión entre la cavidad pulpar y la estructura ósea de la mandíbula.
- Conos de gutapercha: Material utilizado para obturar los conductos radiculares en tratamientos endodónticos.
- Descontaminación: Proceso que reduce la carga microbiana con el fin de disminuir el riesgo de infección.
- Desinfección: Eliminación de agentes infecciosos o contaminantes sin garantizar la erradicación total de los microorganismos.
- Endodoncia: Procedimiento destinado a remover la pulpa dental afectada y sellar el conducto radicular.
- Endodoncista: Profesional especializado en tratamientos de conducto radicular.

- Estéril: Condición de un objeto o sustancia libre de microorganismos y sin capacidad de generar vida.
- Gutapercha: Polímero natural derivado de árboles de la familia sapotáceas, utilizado en procedimientos odontológicos.
- Medio de cultivo: Sustrato o solución rica en nutrientes que favorece el desarrollo de microorganismos para su estudio.
- Obturación endodóntica: Procedimiento de sellado del conducto radicular con materiales biocompatibles para evitar reinfecciones y facilitar la reparación tisular.
- Saneamiento: Reducción de microorganismos a niveles seguros, especialmente en sistemas hídricos.
- Inflamación: Respuesta del sistema inmunológico caracterizada por enrojecimiento, dolor, aumento de volumen y sensación térmica, provocada por infecciones o irritantes.
- Sellador endodóntico: Cemento utilizado en la obturación del conducto radicular para garantizar el sellado adecuado entre la gutapercha y las paredes del conducto.
- Maleable: Propiedad de ciertos materiales sólidos que les permite deformarse bajo presión sin fracturarse.

### **4.3 MARCO TEÓRICO**

#### **4.3.2 ENDODONCIA**

La endodoncia es una especialidad de la odontología enfocada en el estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y de los tejidos perirradiculares. Su ámbito comprende tanto las ciencias básicas como las clínicas, abordando la biología de la pulpa sana, así como la etiología, diagnóstico, prevención

y tratamiento de las enfermedades que afectan a la pulpa y a las condiciones periapicales asociadas. <sup>12</sup>

Aunque la pulpa dental posee una respuesta inmunológica significativa, su capacidad para defenderse ante la colonización bacteriana avanzada de la microflora oral se ve limitada por su falta de circulación colateral y por encontrarse rodeada de tejidos mineralizados. Esta vulnerabilidad propicia la pérdida de vitalidad pulpar y la formación subsiguiente de una lesión periapical. <sup>13</sup>

El tratamiento de estas afecciones se basa en la eliminación del tejido pulpar patológico y en la desinfección del sistema de conductos radiculares. Este proceso se realiza mediante una combinación de instrumentación mecánica, irrigación química del conducto radicular y posterior obturación tridimensional del sistema de conductos, con el objetivo de evitar la reinfección y garantizar el éxito terapéutico. <sup>14</sup>

### **4.3.3. GUTAPERCHA**

#### **4.3.3.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA GUTAPERCHA**

La historia muestra que la gutapercha ha sido utilizada para una variedad de propósitos desde el siglo XVII. Alrededor de 1656, el historiador natural inglés John Tradescant introdujo la GP en Europa, denominándose madera de mazar. En 1843, William Montgomerie presentó aún más la GP en Occidente. Su trabajo fue referido a la Junta Médica de Calcuta y se le otorgó una medalla de oro por parte de la Royal Society of Arts de Londres. La primera patente de la GP fue obtenida en 1864, lo que abrió un camino para su uso industrial. <sup>15</sup>

La gutapercha fue introducida en odontología en 1847 por Edwin Truman, inicialmente como un material de relleno temporal. Ese mismo año, a la vez, se desarrolló una

versión mejorada de la restauración dental, diseñada para la obturación de conductos radiculares, obteniendo su patente en 1848. Posteriormente, en 1867, se propuso su uso en forma de conos como material de elección para la obturación. En 1883, se documentó su aplicación combinada con alambres de oro recubiertos de gutapercha, así como su presentación en tiras enrolladas y empaquetadas dentro del conducto radicular. <sup>16</sup>

La producción comercial de gutapercha comenzó en 1887 a cargo de la empresa SS White Company. Para el 1893, se incorporó óxido puro de mercurio en la gutapercha para la obturación de conductos. Más adelante, en 1914, se introdujo el uso de colofonias para disolver la gutapercha durante el proceso de obturación. Para luego, en 1959, se propuso la normalización tanto de los instrumentos endodónticos como de los materiales de obturación, impulsando la estandarización de la gutapercha en la práctica profesional. <sup>17</sup>

En 1976, se establecieron los estándares internacionales, actualmente regulados por la ISO, para la fabricación de instrumentos y materiales de obturación endodóntica. La Asociación Dental Americana (ADA) aprobó la especificación No. 78 para el uso de gutapercha en la obturación, lo que contribuyó significativamente al desarrollo de la endodoncia como especialidad. A pesar de los avances en técnicas de limpieza y conformación de conductos, la gutapercha sigue siendo el material más utilizado en la obturación endodóntica. <sup>18</sup>

Actualmente, los conos de gutapercha se fabrican de manera estandarizada mediante un proceso de enrollado manual. Existen tolerancias establecidas en el diámetro de los conos, como 0.005 mm para medidas de 0.10 y 0.25 mm, y 0.007 mm para aquellos de 0.30 a 1.40 mm. No obstante, persisten desafíos en cuanto a la

estandarización de las medidas longitudinales y la composición química del material, debido a la variabilidad en los procesos de manufactura. Además, las condiciones de almacenamiento influyen en sus propiedades físicas, con cambios mínimos a bajas temperaturas (12 °C) y alteraciones más significativas a temperaturas elevadas (50 °C). Se ha observado que, entre los 40 y 60 días de almacenamiento, estas variaciones pueden volverse impredecibles y difíciles de controlar. <sup>19</sup>

#### **4.3.3.2 PROPIEDADES QUÍMICA DE LOS CONOS DE GUTAPERCHA**

La composición de los materiales de los conos gutapercha es de baja toxicidad, principalmente porque provienen de origen natural, del látex de los árboles de la familia Sapotáceae, específicamente de especies como *Mimusops balata* y *Mimusops huberi*. Estos árboles se encuentran principalmente en regiones como Sumatra, Filipinas y la selva amazónica de Brasil. <sup>20</sup>

Aunque, existen preocupaciones sobre el contenido de cadmio en las gutapercha, cualquier presencia de este en cantidades mínimas derivadas del proceso de fabricación y está muy por debajo de los niveles de consumo riesgoso establecidos por la Food and Drug Administration (FDA). Estudios, incluidos los realizados por la Asociación Internacional para la Investigación Dental (IADR), han demostrado que el contenido de cadmio en las gutapercha utilizadas en endodoncia es insignificante y se encuentra dentro de los límites seguros. <sup>21</sup>

Los antecedentes anteriores avalan que la composición de la gutapercha presenta un bajo riesgo de causar reacciones alérgicas, incluso en pacientes con alergia al látex, aunque siempre es recomendable consultar con los pacientes sobre posibles riesgos. Sus propiedades radiopacas permiten que sea visible en radiografías, lo que resulta fundamental para que los endodoncistas evalúen la extensión del relleno y el sellado

del conducto radicular. Asimismo, su naturaleza similar al caucho permite que pueda calentarse y ablandarse, facilitando su remoción en procedimientos futuros.<sup>5</sup>

**Tabla 1. Composición química de los conos de gutapercha**

<b>Componente</b>	<b>%</b>	<b>Descripción</b>
<b>Resina de gutapercha</b>	50-60%	Componente principal derivado del látex del árbol de percha, que proporciona flexibilidad y propiedades de sellado.
<b>Óxido de zinc</b>	20-30%	Aumenta la rigidez y contribuye al proceso de fraguado del material.
<b>Azufre</b>	10-15%	Agente vulcanizante que mejora la resistencia y estabilidad del material.
<b>Metales pesados</b>	5-10%	Incluye agentes como el sulfato de bario o el subsalicilato de bismuto para hacer el material radiopaco y visible en radiografías.
<b>Otros aditivos</b>	<5%	Pequeñas cantidades de agentes adicionales para mejorar las características de manipulación y durabilidad.

**Fuente:** Bakland L. Evolving Aspects of Endodontic Treatment. J Calif Dent Assoc. 2018;46(4):221-6.

#### **4.3.3.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS CONOS DE GUTAPERCHA**

La gutapercha es un material altamente flexible, lo que le permite adaptarse con precisión al espacio del conducto radicular. Esta característica es fundamental para lograr un sellado hermético dentro del diente, evitando filtraciones y posibles reinfecciones.<sup>22</sup>

Una de sus propiedades mecánicas más importantes es su termoplasticidad. Cuando se calienta, la gutapercha se vuelve blanda y moldeable, lo que facilita su inserción y adaptación a la morfología del conducto. Al enfriarse, recupera su rigidez y mantiene su forma, asegurando la estabilidad del sellado. Sumando a eso está la biocompatibilidad, pues no causa reacciones adversas al entrar en contacto con los tejidos del cuerpo. Esto convierte a la GP en un material seguro para su uso en procedimientos endodónticos.<sup>23</sup>

Su radiopacidad es otra ventaja clave. Gracias a la incorporación de sustancias como el sulfato de bario o el subsalicilato de bismuto, la gutapercha es visible en radiografías, lo que facilita la evaluación de la colocación del material de obturación y la calidad del sellado. En cuanto a su estabilidad dimensional, mantiene su forma y volumen con el tiempo, sin experimentar contracción o deformación significativa después de su fraguado. Esto garantiza un ajuste duradero dentro del conducto radicular.<sup>24</sup>

Por último, su capacidad de sellado es fundamental en el éxito de los tratamientos endodónticos. Esta crea una barrera efectiva contra bacterias y fluidos, ayudando a prevenir la reinfección del sistema de conductos radiculares y contribuyendo a la longevidad del tratamiento.<sup>25</sup>

#### **4.3.4 DESINFECCIÓN DE LOS CONOS DE GUTAPERCHA**

Debido a sus propiedades químicas, la gutapercha no puede ser esterilizada mediante métodos convencionales que utilizan calor húmedo o seco, ya que estos procedimientos pueden alterar su estructura y forma, comprometiendo su eficacia como material de obturación. Su naturaleza impide la esterilización previa al uso en procedimientos estándar, lo que plantea un desafío clínico en cuanto a garantizar su asepsia antes y durante su aplicación en tratamientos endodónticos.<sup>26</sup>

Además de acuerdo con los fabricantes, se debe almacenar la gutapercha bajo condiciones adecuadas para preservar sus propiedades. Se recomienda mantenerla en lugares frescos y protegidos de la luz, ya que la temperatura y la exposición lumínica pueden influir en sus características mecánicas. Con el tiempo, la gutapercha

tiende a deteriorarse debido a la absorción de oxígeno del aire, proceso que se acelera con la exposición a la luz, afectando su plasticidad y funcionalidad.<sup>27</sup>

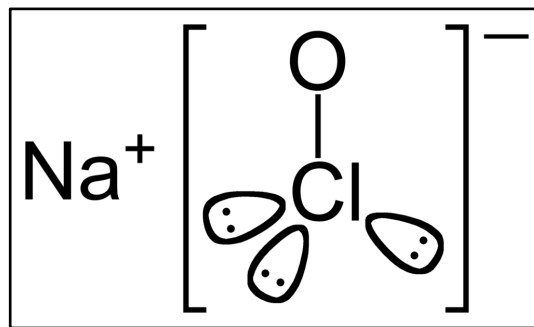
#### **4.3.4.1 AGENTES ANTIMICROBIANOS PARA LA DESINFECCIÓN DE LAS GUTAPERCHA**

##### **4.3.4.1.1. HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl)**

A finales del siglo XIX, Louis Pasteur demostró la capacidad desinfectante del hipoclorito, lo que llevó a su uso en la protección de la salud contra microorganismos patógenos. En el ámbito odontológico, su aplicación comenzó en 1792. La Asociación Americana de Endodoncistas describe al hipoclorito de sodio como un líquido transparente, de tonalidad verde-amarillenta pálida, altamente alcalino y con un característico olor a cloro.<sup>28</sup>

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es uno de los métodos de desinfección química más utilizados en la actualidad. Su amplia aceptación en endodoncia se debe a sus propiedades disolventes de tejidos necróticos y su potente acción antibacteriana. Este compuesto es eficaz contra una variedad de microorganismos, incluyendo esporas, hongos y virus. Además, su capacidad para liberar oxígeno contribuye a su efecto antiséptico, y su acción mecánica facilita la eliminación de residuos sólidos y semisólidos del conducto radicular. Las concentraciones utilizadas en el ámbito clínico varían entre el 0.5% y el 6%, dependiendo del procedimiento y la necesidad del tratamiento.<sup>29</sup>

**Figura 1. Forma estructural del hipoclorito de sodio**



**Fuente:** Azmaz N, Bozkurt S, Hakki S, Belli S. Warm Gutta-Percha Techniques Regulate Cell Viability, Heat Shock, and Mineralized Tissue-associated Proteins of Cementoblasts. J Endod. 2020;46(7):957-63.

#### 4.3.4.1.2 ÁCIDO PERACÉTICO

El ácido peracético es un desinfectante altamente eficaz, compuesto por la combinación de peróxido de hidrógeno y ácido acético. Su mecanismo de acción se basa en un fuerte poder oxidante, similar al de los compuestos clorados, pero con ventajas significativas, como una menor corrosividad y una mayor efectividad en presencia de materia orgánica y aguas duras.<sup>30</sup>

**Figura 2. Perax Rio 0.2%**



**Fuente:** Kruszewska E, Czupryna P, Pancewicz S, Martonik D, Bukłaha A, Moniuszko-Malinowska A. Is Peracetic Acid Fumigation Effective in Public Transportation? Int J Environ Res Public Health. 2022;19(5):2526-7.

A diferencia de otros desinfectantes, el ácido peracético es ambientalmente seguro, ya que se descompone rápidamente en agua, oxígeno y ácido acético, sin generar residuos tóxicos. Además, su efectividad se logra con concentraciones bajas, lo que lo convierte en una opción económicamente viable. Otra de sus ventajas es que no deja manchas y, cuando se almacena en su forma concentrada, mantiene su estabilidad durante períodos prolongados. <sup>31</sup>

Gracias a su capacidad antimicrobiana y a la seguridad de sus productos de descomposición, la FDA ha aprobado su uso para la desinfección directa de frutas y hortalizas, aparte de uso en el campo de la odontología. Numerosos estudios han confirmado su eficacia frente a diversas bacterias, tanto en pruebas de laboratorio como en productos agrícolas. Sin embargo, las investigaciones sobre su acción antifúngica siguen siendo limitadas.

## **5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa en la efectividad de la desinfección de conos de gutapercha al utilizar hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%, en condiciones *in vitro*.

H<sub>1</sub>: Existe una diferencia significativa en la efectividad de la desinfección de conos de gutapercha al utilizar hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%, en condiciones *in vitro*.

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1 TIPO DE ESTUDIO**

Se desarrolló un estudio experimental, correlacional y analítico con el fin de establecer vínculos de causa y efecto entre variables, a partir de datos recolectados mediante procedimientos experimentales. Ello permitió responder a la interrogante de ¿cuál es la efectividad de desinfección de los conos de gutapercha con el hipoclorito de sodio al 5.25% y el ácido peracético al 5%?.

Para luego, tener como propósito principal identificar variables relevantes y sentar bases para futuras investigaciones de carácter descriptivo, correlacional o explicativo.

### **6.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

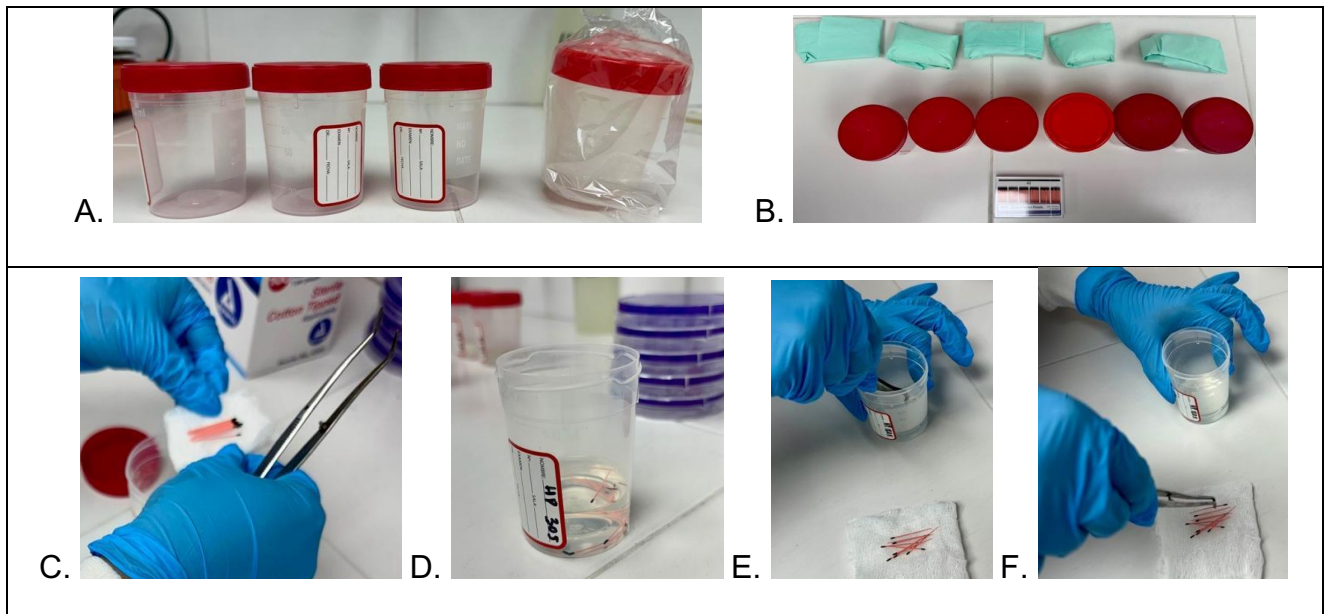
El protocolo consistió en la extracción de gutapercha de sus envases, utilizando para ello pinzas de algodón previamente esterilizadas. Es importante resaltar que, durante todo el proceso, las investigadoras emplearon el equipo de protección personal adecuado, garantizando el cumplimiento de las normas de bioseguridad.

Los conos de gutapercha fueron clasificados en tres grupos experimentales, definidos en función de dos variables: el tipo de desinfectante utilizado y el tiempo de exposición al mismo. Se utilizaron envases estériles para la sumersión de las gutaperchas en los agentes antimicrobianos. Respecto a la variable tiempo, se establecieron tres intervalos: 30, 60 y 120 segundos, utilizando 10 conos de gutapercha por grupo. Además se incluyó, un grupo control de 10 muestras de gutaperchas a los cuales no se le aplicó ninguna acción desinfectante. Una vez concluido el proceso de desinfección, las muestras fueron secadas con gasas estériles, asegurando su manipulación aséptica. (Fig 3)

Al concluir el procedimiento de desinfección, las gutaperchas fueron frotadas una por una utilizando hisopos de algodón estériles y se realizó la siembra individualmente usando el método de agotamiento por estrías en medios de cultivo D/E neutralizing en placas de petris. A las muestras de gutaperchas del grupo control, se le realizó el mismo proceso y fueron sembradas en medios de cultivo cromagar en placas de petri. Las placas se incubaron a 37 °C durante un período de 48 horas. Al término de la incubación, se evaluó la cantidad de colonias presentes como indicador de crecimiento microbiano. Para cada grupo, se registró el número de placas con crecimiento bacteriano (resultado positivo) y ausencia de proliferación bacteriana (resultado negativo).

El nivel de contaminación se determinó según el grado de carga microbiana en las superficies de los conos de gutapercha tras aplicar el tratamiento, empleando la siguiente escala según el grado de contaminación:  $10^2$  -  $10^3$  Ligera: 1 a 4 colonias de bacteria,  $10^4$  -  $10^5$  Moderada: 5 a 9 colonias bacterianas,  $10^6$  -  $10^7$  Alta : 10 o más colonias.

**Figura 3. Proceso de desinfección.**



**Fuente:** Propia de la investigación.

## 6.3 CRITERIOS

### 6.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Conos de gutapercha de la marca Meta Biomed
- Gutaperchas de grosor ISO 40.

**Figura 4. Gutaperchas de grosor 40 del fabricante Meta Biomed.**



**Fuente:** Propia de la investigación.

### **6.3.2 CRITERIOS EXCLUSIÓN**

- Conos de GP previamente sometidos a algún proceso de desinfección
- Conos en mal estado, defectuosos
- No pertenecientes a la marca y grosor mencionados anteriormente.

## **6.4 VARIABLES**

### **6.4.1 VARIABLES DEPENDIENTES**

- Efectividad en la desinfección de la gutapercha.

Es la variable que se mide. Representa el resultado o efecto que se observa dependiendo del agente usado.

- Nivel de contaminación luego de la desinfección.

Para registrar esta variable se cuantificaron el número de colonias de bacterias posteriormente de la desinfección.

- Microorganismos

Esta variable permite la identificación de especies bacterianas, después de la inmersión.

### **6.4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Agente antimicrobiano utilizado para la desinfección.

Es la variable que se manipula en el estudio, que incluyó el hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%.

- Tiempo de inmersión de las gutaperchas en los desinfectantes.

Esta variable fue manipulada, para obtener intervalos en los que las gutaperchas permanecen sumergidas en el agente desinfectante.

**Tabla 2. Tabla de operacionalización de las variables**

<b>Variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo y Subtipo</b>	<b>Definición</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>Agente Desinfectante</b>	Independiente	Cualitativo Nominal	Sustancia química utilizada para la asepsia.	Sustancia (hipoclorito de sodio 5.25% o ácido peracético 5%)
<b>Tiempo de Inmersión</b>	Independiente	Cuantitativo Discreta	Tiempo durante el cual los conos permanecen sumergidos en el agente desinfectante.	Intervalos de 30, 60 y 120 segundos durante los cuales los conos son sumergidos en los desinfectantes.
<b>Efectividad de la Desinfección</b>	Dependiente	Cuantitativa Continua	Capacidad del agente y tiempo de exposición para lograr la asepsia.	Porcentaje de reducción de carga bacteriana respecto al control, después de aplicar el desinfectante durante un tiempo específico.
<b>Nivel de Contaminación</b>	Dependiente	Cuantitativo Discreta	Grado de carga microbiana en las superficies de los conos de gutapercha tras aplicar el tratamiento.	Número de colonias bacterianas que permanecen tras someter los conos al agente desinfectante durante el tiempo definido como: 10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup> Ligera 10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup> Moderada 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup> Alta
<b>Microorganismos</b>	Dependiente	Cualitativo Nominal	Identificación por especie bacteriana	Género y especie bacteriana ( <i>Lactobacillus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> )

**Fuente:** Propia de la investigación

## **6.5 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación fue sometida a la revisión y aprobación del Comité de Ética de Investigación de la Universidad Iberoamericana (UNIBE), en cumplimiento con las normativas institucionales para el desarrollo de estudios experimentales. El código de aprobación es CEI2025-01091. Dado que este estudio se realizó *in vitro*, utilizando

exclusivamente materiales odontológicos sin intervención en seres humanos ni en animales, no se previeron, ni se evidenciaron riesgos éticos relevantes.

## **6.6 POBLACIÓN**

La población del estudio está conformada por una caja de conos de gutapercha que representarán un total de 70 unidades de gutapercha. Estos materiales fueron adquiridos en Fradent SRL®, el cual es un establecimiento especializado en la comercialización de productos odontológicos, para luego ser analizados en el Laboratorio Franje.

## **6.7 SELECCIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra está constituida por los conos de gutapercha que fueron extraídos directamente de su empaque original. La selección de las muestras se realizó de manera intencional, en función de la cantidad de desinfectantes evaluados y los tiempos de inmersión establecidos para la investigación.

## **6.8 PLAN DE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

La recopilación de datos se registró en una página de cálculo diseñada con Microsoft Excel 2016 para Windows®, permitiendo almacenar la información asociada a todas las variables en estudio. El análisis estadístico se realizó con los programas Office Excel, así como el software estadístico SPSS IBM® en su versión 24.0 para Windows 10®.

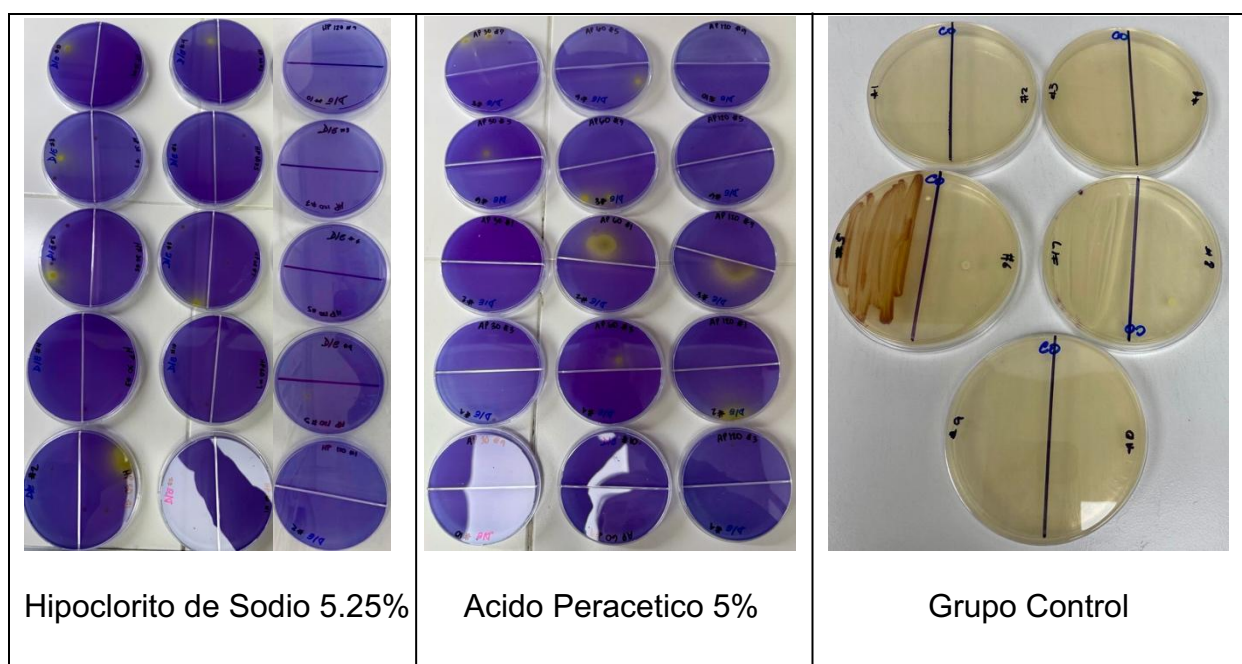
Se realizaron tablas unidimensionales y bidimensionales de frecuencia, para conocer el comportamiento bacteriológico presente en las gutaperchas analizadas. Además se confeccionaron gráficos para representar de manera sencilla el comportamiento de las variables de interés.

En la presente investigación se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) para conocer si la cantidad promedio de bacterias presente en las gutaperchas de cada grupo muestral es el mismo o son diferentes, ya que con esto se compara la efectividad de los agentes de desinfección.

## 7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se presenta el análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, con el propósito de evaluar la efectividad de los agentes desinfectantes en la eliminación de contaminantes microbianos presentes en las gutaperchas, en función del tipo de agente utilizado y del tiempo de inmersión.

**Figura 5. Resultados de colonias luego de incubación.**



**Fuente:** Propia de la investigación.

**Tabla 3. Relación entre el agente desinfectante, el tiempo de inmersión y la presencia de bacterias en las gutaperchas estudiadas**

<b>Hipoclorito de Sodio al 5.25%</b>					
<b>Presencia de bacterias</b>	<b>No</b>	<b>%</b>	<b>Si</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
<b>30s</b>	3	30,0%	7	70,0%	10
<b>60s</b>	2	20,0%	8	80,0%	10
<b>120s</b>	9	90,0%	1	10,0%	10
<b>Total</b>	14	46,7%	16	53,3%	30

<b>Ácido Peracético al 5%</b>					
<b>Presencia de bacterias</b>	<b>No</b>	<b>%</b>	<b>Si</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
<b>30s</b>	6	60,0%	4	40,0%	10
<b>60s</b>	5	50,0%	5	50,0%	10
<b>120s</b>	1	10,0%	9	90,0%	10
<b>Total</b>	12	40,0%	18	60,0%	30

<b>Grupo Control</b>					
<b>Presencia de bacterias</b>	<b>No</b>	<b>%</b>	<b>Si</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>
<b>Total</b>	5	50,0%	5	50,0%	10

**Fuente:** Propia de la investigación

La Tabla 3 presenta los resultados relacionados con la presencia de bacterias en las muestras con gutapercha, según el agente desinfectante utilizado y el tiempo de inmersión. En el caso del hipoclorito de sodio al 5.25%, se analizaron 30 muestras de gutaperchas. De estas, 14 (46,7%) no presentaron crecimiento bacteriano, mientras que 16 (53,3%) sí lo presentaron. Al desglosar estos datos por tiempo de inmersión, se observa que 10 gutaperchas fueron sumergidas durante 30 segundos, de las cuales solo 3 (30,0%) no presentaron microorganismos, mientras que los 7 restantes (70,0%) sí presentaron proliferación bacteriana. En las 10 gutaperchas sumergidas durante 60 segundos, 2 (20,0%) no presentaron colonias bacterianas y 8 (80,0%) sí las presentaron. Luego, al aumentar el tiempo de exposición a 120 segundos, 9 gutaperchas (90,0%) no presentaron crecimiento de bacterias y solo 1 (10,0%) sí lo

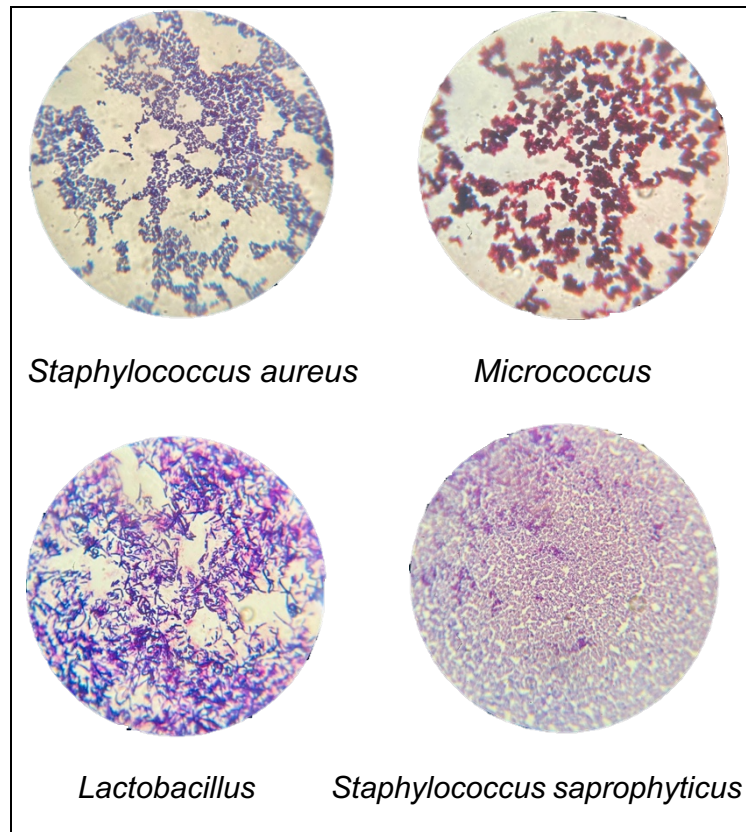
hizo. Estos resultados evidencian que el hipoclorito de sodio al 5.25% muestra una eficacia creciente conforme se incrementa el tiempo de inmersión, alcanzando su máximo efecto desinfectante a los 120 segundos.

Por otro lado, al analizar las gutaperchas tratadas con ácido peracético al 5%, se trabajó con un total de 30 muestras. De estas, 12 (40,0%) no presentaron bacterias, mientras que 18 (60,0%) sí lo hicieron. Cuando se examinan los datos por tiempo de inmersión, se observa que, en el grupo de 30 segundos, en 6 gutaperchas (60,0%) no hubo colonización bacteriana y en 4 (40,0%) sí. En las muestras de gutaperchas tratadas durante 60 segundos, se obtuvo una distribución equitativa, la cual fue representada por 5 (50,0%) sin reproducción bacteriana y 5 (50,0%) con presencia de esta. No obstante, en las gutaperchas sumergidas durante 120 segundos, solo 1 muestra (10,0%) no presentó crecimiento bacteriano, mientras que los 9 restantes (90,0%) sí lo hicieron. A diferencia del hipoclorito de sodio, el ácido peracético mostró mejores resultados en tiempos de exposición cortos, ya que su eficacia disminuyó con exposiciones prolongadas.

Para la evaluación del grupo control conformado por 10 muestras de gutaperchas que no fueron sometidas a ningún tipo de desinfección, se observó que 5 muestras de gutaperchas (50,0%) no presentaron bacterias, mientras que las otras 5 (50,0%) sí lo hicieron. Esta proporción evidencia la necesidad de aplicar métodos de desinfección previos al uso clínico, ya que incluso sin manipulación, las gutaperchas pueden contener contaminación bacteriana. En conjunto, estos resultados permiten concluir que el hipoclorito de sodio al 5.25% es el agente desinfectante más eficaz entre los evaluados, siendo el único que logró reducir significativamente la presencia bacteriana al 10,0% cuando las gutaperchas fueron sumergidas durante 120

segundos. Este hallazgo destaca la importancia del tiempo de exposición como factor determinante en la eficacia del procedimiento de desinfección.

**Figura 6. Bacterias observadas mediante análisis microscópico.**



**Fuente:** Propia de la investigación

Tabla 4. Identificación y cuantificación de las bacterias en las gutaperchas estudiadas de acuerdo con el tiempo de desinfección, el agente usado, y el grupo control.

**Hipoclorito de Sodio al 5.25%**

Microorganismos	Tipo de contaminación	30s	%	60s	%	120s	%	Total	%
<i>Bacillus</i>	Ligera contaminación	1	12,5%	0	0,0%	0	0,0%	1	5,6%
<i>Lactobacillus</i>	Ligera contaminación	1	12,5%	0	0,0%	0	0,0%	1	5,6%
<i>Micrococcus</i>	Ligera contaminación	5	62,5%	7	77,8%	1	100,0%	13	72,2%
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ligera contaminación	1	12,5%	2	22,2%	0	0,0%	3	16,7%
<b>Total</b>		8	100,0%	9	100,0%	1	100,0%	18	100,0%

**Ácido Peracético al 5%**

Microorganismos	Tipo de contaminación	30s	%	60s	%	120s	%	Total	%
<i>Bacillus</i>	Ligera contaminación	0	0,0%	1	12,5%	2	18,2%	3	12,5%
<i>Lactobacillus</i>	Ligera contaminación	0	0,0%	1	12,5%	2	18,2%	3	12,5%
<i>Micrococcus</i>	Ligera contaminación	3	60,0%	4	50,0%	5	45,5%	12	50,0%
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ligera contaminación	2	40,0%	2	25,0%	2	18,2%	6	25,0%
<b>Total</b>		5	100,0%	8	100,0%	11	100,0%	24	100,0%

**Grupo Control**

Microorganismos	Tipo de contaminación	Control	%
<i>Micrococcus</i>	Alta contaminación	1	14,3%
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ligera contaminación	3	42,9%
	Alta contaminación	2	28,6%
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Alta contaminación	1	14,3%
<b>Total</b>		7	100%

Fuente: Propia de la investigación

En la Tabla 4 se observa que, de las 16 muestras de gutaperchas sumergidas en hipoclorito de sodio al 5.25% que presentaron crecimiento bacteriano, se identificaron un total de 4 especies diferentes de bacterias, indicando una contaminación ligera .

En cuanto a las 18 muestras de gutaperchas sumergidas en ácido peracético al 5% que mostraron presencia bacteriana, se hallaron al igual 4 especies en las colonias presentes, también indicativas de una contaminación ligera. En este grupo, tres muestras de gutaperchas presentaron dos variantes diferentes bacterias y dos gutaperchas presentaron tres.

*Micrococcus* fue la bacteria más frecuente, presente en 12 gutaperchas (50.0%), seguido de *Staphylococcus aureus* con 5 casos (20.8%). *Bacillus* y *Lactobacillus* estuvieron presentes en 3 muestras de gutaperchas (12.5%) y *Staphylococcus saprophyticus* en 1 (4.2%).

Por otro lado, 5 gutaperchas que no fueron sometidas al proceso de desinfección también mostraron presencia bacteriana. De estas, 3 muestras de gutaperchas presentaron contaminación ligera (42.9%) y 4 muestras de gutaperchas mostraron contaminación alta (57.1%), ya que 2 contenían más de 10 colonias de bacterias.

En este grupo, *Staphylococcus aureus* fue la bacteria más común, detectada en 5 muestras de gutaperchas (71.4%), de las cuales 3 presentaron contaminación ligera (42.9%) y 2 contaminación alta (28.6%). Además, se identificaron casos únicos de *Micrococcus* y *Staphylococcus saprophyticus* (14.3% cada una), ambas en gutaperchas con contaminación alta.

Es importante destacar que las gutaperchas que no fueron desinfectadas previamente presentaron un mayor grado de contaminación bacteriana en comparación con los otros grupos.

Finalmente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si el número promedio de bacterias presentes en las gutaperchas tratadas con hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5% difiere de forma estadísticamente significativa.

Para ello, se contabilizó el número de microorganismos presentes en cada gutapercha, y posteriormente se aplicó una prueba de normalidad a las tres poblaciones correspondientes a los tiempos de exposición (30, 60 y 120 segundos). Tras verificar la homogeneidad de varianzas, se procedió a realizar la prueba de análisis de varianza (ANOVA), cuyos resultados se presentan a continuación.

**Tabla 5. Prueba de análisis de varianza para el promedio de microorganismos presentes en las gutaperchas sumergidas en hipoclorito de sodio al 5.25%, según el tiempo de exposición (ANOVA)**

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
<b>Nro bacterias 30s</b>	10	8	0,80	0,40		
<b>Nro bacterias 60s</b>	10	9	0,90	0,32		
<b>Nro bacterias 120s</b>	10	1	0,10	0,10		
<b>Análisis de Varianza de un Factor</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	3,8	2	1,9	6,93	0,00	3,35
<b>Dentro de los grupos</b>	7,4	27	0,27			
<b>Total</b>	11,2	29				

**Fuente:** Propia de la investigación

El análisis de ANOVA arrojó un valor de  $p = 0.00$ , el cual es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0.05$ ). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que plantea la igualdad en el número promedio de bacterias presentes en las gutaperchas sumergidas en hipoclorito de sodio al 5.25% durante las tres duraciones evaluadas (30, 60 y 120 segundos).

Como se muestra en la Tabla 5, el menor promedio de bacterias se obtuvo en las gutaperchas sumergidas por 120 segundos, con un valor promedio de 0.1. Este resultado corresponde al hecho de que solo una gutapercha presentó una bacteria en ese grupo, lo que sugiere que una mayor duración de inmersión en hipoclorito de sodio al 5.25% es más efectiva en la reducción de la carga microbiana.

Realizamos ahora la prueba ANOVA para comparar el promedio de microorganismos presentes en las gutaperchas sumergidas en ácido peracético al 5%, según el tiempo de exposición.

**Tabla 6. Prueba de análisis de varianza para el promedio de microorganismos presentes en las gutaperchas sumergidas en ácido peracético al 5%, según el tiempo de exposición (ANOVA)**

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
<b>Nro bacterias 30s</b>	10	5	0,50	0,50		
<b>Nro bacterias 60s</b>	10	8	0,80	1,07		
<b>Nro bacterias 120s</b>	10	11	1,10	0,77		
<b>Análisis de Varianza de un Factor</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	1,8	2	0,9	1,16	0,33	3,35
<b>Dentro de los grupos</b>	21	27	0,78			
<b>Total</b>	22,8	29				

**Fuente:** Propia de la investigación

El análisis ANOVA para las gutaperchas tratadas con ácido peracético al 5% arrojó un valor de  $p = 0.33$ , el cual es superior al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0.05$ ).

En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en el número promedio de bacterias presentes entre las tres duraciones de inmersión evaluadas (30, 60 y 120 segundos).

Para concluir el análisis de los resultados, se comparó la eficacia entre las mejores combinaciones observadas para ambos desinfectantes: hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%, seleccionando los tiempos de inmersión que registraron el menor número de bacterias.

## 8. DISCUSIÓN

La presente investigación fue realizada con la finalidad de comparar la efectividad en la desinfección de gutapercha con diferentes agentes antimicrobianos. Para la realización del mismo se tomaron 70 conos de gutapercha adquiridos en Fradent SRL®, Posteriormente fueron divididos en tres grupos experimentales, definidos en función de dos variables: el tipo de desinfectante utilizado y el tiempo de exposición al mismo para luego ser analizados en el Laboratorio Franje.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el hipoclorito de sodio al 5.25% es el agente desinfectante más eficaz entre los evaluados, especialmente cuando se incrementa el tiempo de inmersión. A los 120 segundos, este agente logró eliminar la presencia bacteriana en un 90% de las gutaperchas tratadas. En contraste, el ácido peracético al 5% mostró una eficacia decreciente con el aumento del tiempo de exposición, siendo más efectivo a los 30 segundos. Este hallazgo coincide con investigaciones recientes que destacan la capacidad del hipoclorito de sodio para desnaturalizar proteínas y destruir microorganismos mediante la liberación de cloro libre, un potente agente oxidante que actúa de manera más efectiva a mayores tiempos de exposición.<sup>33</sup>

Un estudio demostró que el hipoclorito de sodio, en concentraciones similares, tiene mejor desempeño en la eliminación de microorganismos de superficies contaminadas en endodoncia, especialmente en comparación con otros agentes desinfectantes como la clorhexidina.<sup>34</sup> Asimismo, se concluyó que el hipoclorito al 5.25% reduce de manera significativa la carga microbiana en instrumentos endodónticos y materiales de obturación cuando se utiliza por al menos 2 minutos.<sup>35</sup> Esta acción puede

atribuirse a su alta capacidad oxidante que destruye rápidamente las paredes celulares bacterianas y descompone los ácidos nucleicos.<sup>36</sup>

Los análisis bacteriológicos detallados en la Tab. 3 de este estudio revelan que las bacterias más frecuentes fueron *Micrococcus spp.* y *Staphylococcus aureus*, ambas comúnmente reportadas en estudios sobre contaminación de materiales dentales. Estas bacterias están entre los principales patógenos encontrados en gutaperchas contaminadas antes de su uso clínico, lo que refuerza la necesidad de su desinfección previa.<sup>2</sup> Se ha indicado que la contaminación cruzada es una de las principales causas de fracaso en los tratamientos endodónticos, por lo que la implementación de protocolos de descontaminación eficaces es fundamental.<sup>37</sup>

Respecto al ácido peracético, si bien mostró una eficacia inicial considerable, su rendimiento disminuyó con tiempos mayores. Otra línea de investigación evidenció que, si bien este agente actúa como desinfectante de alto nivel en instrumental quirúrgico, su eficacia disminuye al aplicarse sobre materiales porosos o de superficie irregular como la gutapercha, especialmente cuando se incrementa el tiempo de exposición debido a la degradación del peróxido activo.<sup>38</sup> Otros estudios también señalan que su inestabilidad química puede limitar su eficacia, siendo más sensible a condiciones ambientales como la temperatura y la luz.<sup>39</sup>

Además, el ácido peracético, aunque reconocido por su bajo impacto ambiental y su capacidad para degradarse en ácido acético y oxígeno, puede presentar riesgos de corrosión en materiales metálicos si no se emplea adecuadamente. Esto ha generado que algunas clínicas lo utilicen como un complemento, más que como un desinfectante único. En consecuencia, si bien su potencial es considerable, la selección del agente desinfectante debe basarse no solo en su eficacia

microbiológica, sino también en su compatibilidad con los materiales y el entorno clínico.<sup>40</sup>

En cambio, el análisis de varianza (ANOVA) aplicado en esta investigación evidenció que, en el caso del hipoclorito de sodio, sí existen diferencias estadísticamente significativas en la eficacia desinfectante según el tiempo de inmersión ( $p = 0.00$ ). Este resultado valida la hipótesis alternativa planteada en esta tesis, la cual sugiere que existe una diferencia significativa en la efectividad de la desinfección de conos de gutapercha al utilizar hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%, en condiciones *in vitro*. Investigaciones respaldan este hallazgo, demostrando que el hipoclorito requiere al menos 2 minutos para alcanzar una reducción microbiana del 99.9% en biofilms dentales. Esta duración también ha sido recomendada por la Federación Dental Internacional (FDI) en sus lineamientos sobre bioseguridad en endodoncia.<sup>41</sup>

En contraste, los resultados del ácido peracético no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tiempos de exposición ( $p = 0.33$ ). También se ha concluido, que el ácido peracético tiende a mantener una eficacia constante en cortos períodos de tiempo, pero no presenta mejoras sustanciales con exposición prolongada debido a la saturación de su efecto oxidante.<sup>42</sup> Además, se ha evidenciado que su capacidad antimicrobiana depende en gran medida del pH y de la concentración estable durante el tiempo de contacto.<sup>43</sup>

Asimismo, el grupo control, en el cual no se aplicó desinfección, presentó un 50% de contaminación bacteriana, incluyendo casos de alta contaminación. Este hallazgo enfatiza la importancia de implementar protocolos de desinfección incluso cuando el material de obturación no ha sido manipulado clínicamente. De hecho han mostrado

que hasta un 60% de los conos de gutapercha recién extraídos de sus envases comerciales pueden presentar contaminación microbiana. Esta contaminación puede estar relacionada con la exposición al aire ambiente durante el empaquetado, o con deficiencias en los procesos de esterilización industrial.<sup>44</sup>

Por otro lado, es relevante destacar que tanto el hipoclorito como el ácido peracético generaron contaminaciones clasificadas como ligeras en los casos en que no lograron eliminar completamente las bacterias. Esto sugiere que, aunque ambos agentes tienen capacidad desinfectante, su acción no siempre es esterilizante<sup>45</sup>, ya que los procesos con agentes líquidos son efectivos para reducir, pero no eliminar por completo, la carga microbiana. En este contexto, se recomienda complementar la desinfección química con técnicas físicas como la radiación UV o la aplicación de calor seco, especialmente cuando se busca una esterilidad absoluta en el material.<sup>46</sup>

En cuanto a la identificación de los microorganismos, los datos obtenidos en esta investigación coinciden con los patrones reportados en la literatura, donde *Micrococcus* y *Staphylococcus spp.* son los contaminantes más frecuentes en gutaperchas almacenadas o manipuladas sin condiciones de esterilidad estricta. Estos microorganismos, además de su potencial patógeno, pueden afectar la adhesión del material de obturación al conducto radicular, disminuyendo la efectividad del tratamiento. La presencia de *Staphylococcus saprophyticus* en el grupo control también es relevante, ya que se trata de un microorganismo oportunista que, en casos severos, puede causar infecciones nosocomiales.<sup>47</sup>

Finalmente, la comparación entre ambos agentes sugiere que el hipoclorito de sodio al 5.25% es significativamente más eficaz en condiciones controladas, con un tiempo de exposición de 120 segundos. Este dato es consistente con los protocolos de

desinfección recomendados por la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), que establece como estándar el uso de hipoclorito de sodio en altas concentraciones y con tiempos adecuados de inmersión para garantizar una adecuada desinfección del material de obturación. Además, el uso de hipoclorito se ha extendido a procedimientos quirúrgicos menores por su comprobada eficacia antimicrobiana, lo cual le otorga una ventaja práctica y económica frente a otros desinfectantes menos estables o más costosos.<sup>48</sup>

## 9. CONCLUSIONES

- A partir del análisis de la efectividad de desinfección de los conos de gutapercha con el hipoclorito de sodio al 5.25% y ácido peracético al 5%, se concluye que ambos presentan capacidades desinfectantes sobre los conos de gutapercha, sin embargo, el hipoclorito de sodio demostró ser significativamente más eficaz. Los resultados obtenidos evidencian que este agente eliminó la presencia bacteriana en un 90% de las muestras tratadas durante 120 segundos, mostrando una eficacia creciente conforme aumentó el tiempo de inmersión. Por el contrario, el ácido peracético mostró su mejor desempeño a los 30 segundos, disminuyendo su efectividad con tiempos prolongados, lo que sugiere una limitación en su estabilidad química o en su interacción con superficies porosas como la gutapercha.
- El hipoclorito de sodio al 5.25% resultó ser el más eficaz, cumpliendo con altos estándares de desinfección y logrando una reducción significativa de bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Micrococcus spp.* Estos hallazgos son clínicamente relevantes, porque incluso en el grupo control (compuesto por gutaperchas no desinfectadas) se identificaron bacterias potencialmente patógenas, lo que confirma la necesidad de establecer protocolos de desinfección previos al uso de estos materiales.
- Con respecto al tiempo de desinfección requerido por cada uno de los agentes evaluados, se determinó que el ácido peracético al 5% logró su mejor desempeño en tiempos de exposición cortos, particularmente a los 30 segundos, alcanzando un porcentaje aceptable de desinfección en ese intervalo. Sin embargo, esta eficacia no aumentó con tiempos más prolongados. Por el contrario, el hipoclorito de sodio al 5.25% mostró una

eficacia progresiva y más consistente a medida que se extendía el tiempo de contacto, alcanzando su máximo efecto a los 120 segundos. Por tanto, aunque el ácido peracético puede ser considerado para procedimientos que requieran rapidez, es el hipoclorito de sodio el que garantiza una desinfección más profunda y confiable, aunque demande un tiempo de inmersión mayor.

- Fueron identificadas cinco tipos diferentes de bacterias en los cultivos tales como *Micrococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Bacillus* y *Lactobacillus* . La bacteria más común fue *Micrococcus*, presente en 13 gutaperchas, seguida por *Staphylococcus aureus*, identificada en 3 gutaperchas. Por su parte, *Bacillus* y *Lactobacillus* se detectaron en una sola gutapercha.

## 10. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda que la institución académica continúe reforzando la enseñanza sobre la desinfección de materiales, destacando la importancia del uso del hipoclorito de sodio al 5.25% como agente desinfectante de elección para los conos de gutapercha. Asimismo, se sugiere enfatizar la necesidad de un tiempo mínimo de inmersión de 120 segundos, a fin de garantizar una reducción significativa del riesgo de contaminación cruzada durante los tratamientos endodónticos.

La implementación de esta práctica debe establecerse como un protocolo rutinario obligatorio tanto en los laboratorios preclínicos como en la atención odontológica brindada en la universidad. Su incorporación sistemática permitirá garantizar de manera efectiva la reducción del riesgo de contaminación cruzada entre pacientes y del entorno clínico durante la realización de tratamientos endodónticos, contribuyendo así al cumplimiento de las normas de bioseguridad y a la protección de la salud de los usuarios y del personal odontológico.

De igual forma, se recomienda a los profesionales en formación y en ejercicio, evitar la manipulación directa de los conos de gutapercha sin guantes o pinzas, y mantener una adecuada cadena de asepsia en su almacenamiento y transferencia al campo operatorio.

## **11. PROSPECTIVA**

Desde el punto de vista investigativo, se presenta la siguiente prospectiva de estudio:

- Crear protocolos para analizar el efecto que tienen los distintos métodos de desinfección sobre la adhesión del sellador endodóntico a la gutapercha, con el objetivo de evaluar si dichos procesos generan alteraciones en la integridad del sellado apical.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Winkler A, Adler P, Ludwig J, Hofmann N, Soliman S, Krastl G, et al. Endodontic Outcome of Root Canal Treatment Using Different Obturation Techniques: A Clinical Study. *Dent J.* 2023;11(8):200–21.
2. Carvalho C, Pinto M, Batista S, Quelemes P, Falcão C, Ferraz M. Decontamination of Gutta-percha Cones employed in Endodontics. *AOL.* 2020;33(1):45–9.
3. Bellido-Guzmán R, Ladera-Castañeda M, Castro-Pérez Vargas AM, López-Gurreonero C, Cornejo-Pinto A, Aliaga-Mariñas A, et al. Tensile strength and elastic modulus of gutta-percha cones disinfected with sodium hypochlorite at different immersion times: An in vitro comparative study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2024;14(1):69–77.
4. Baseri M, Radmand F, Milani A, Gavvani L, Salehnia F, Dianat O. The effect of periapical lesion size on the success rate of different endodontic treatments: a systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent.* 2023;24(1):43–43.
5. Sailaja P, Ahmed S, Devi K, Shiva S. Comparative evaluation of various herbal and synthetic solutions on disinfection of guttapercha: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2020;31(3):376–8.
6. Donnermeyer D, Dust P, Schäfer E, Bürklein S. Comparative Analysis of Irrigation Techniques for Cleaning Efficiency in Isthmus Structures. *J Endod.* 2024;50(5):644–50.
7. Donnermeyer D, Averkorn C, Bürklein S, Schäfer E. Cleaning Efficiency of Different Irrigation Techniques in Simulated Severely Curved Complex Root Canal Systems. *J Endod.* 2023;49(11):1548–52.
8. Pauletto G, Guerim P, Barbosa A, Lopes L, Bier C, Marquezan P. Efficacy of

- calcium hypochlorite in disinfection of gutta-percha cones contaminated with *Candida albicans*. *Brazilian J Microbiol.* 2024;55(1):403–10.
9. Rudranaik S, Nagashetty Y, Gowda S, Jaganath B, Nirmala K, Gowda B. Effect of various disinfectant solutions on the tensile strength of gutta-percha using the rapid sterilization technique. *J Conserv Dent Endod.* 2024;27(2):154–8.
  10. Vanapatla A, Nanda N, Satyarth S, Kawle S, Gawande H, Gupte J. Antibacterial Efficacy of Herbal Solutions in Disinfecting Gutta Percha Cones Against *Enterococcus Faecalis*. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022;14(Suppl 1):S748–52.
  11. Karunakar P, Ranga M, Faizuddin U, Kartek B, Charan Reddy C, Rasagna M. Evaluation of surface analysis of gutta-percha after disinfecting with sodium hypochlorite, silver nanoparticles, and chitosan nanoparticles by atomic force microscopy: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2021;24(1):63–5.
  12. Blanco-Fuentes BY, Moreno-Monsalve JO, Mesa-Herrera U. Asociación entre calidad del tratamiento endodóntico y periodontitis apical, evaluada mediante Tomografía computarizada de haz cónico en una población colombiana. *Univ y Salud.* 2023 Feb 1;25(1):1–5.
  13. Gutmann J, Manjarrés V. Historical and Contemporary Perspectives on the Microbiological Aspects of Endodontics. *Dent J.* 2018 Sep 22;6(4):49–51.
  14. Del Fabbro M, Samaranayake L, Lolato A, Weinstein T, Taschieri S. Analysis of the secondary endodontic lesions focusing on the extraradicular microorganisms: an overview. *J Investig Clin Dent.* 2024 Nov 14;5(4):245–54.
  15. Olivieri J, Encinas M, Nathani T, Miró Q, Duran F. Outcome of root canal retreatment filled with gutta-percha techniques: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2024;142(3):104809–20.
  16. Hall A, Baerts E, Edwards D. Root canal re-treatment with gutta percha - which

- techniques influence success? Evid Based Dent. 2024;25(2):104–5.
17. Spielman A, Forrai F. History of gutta-percha in dentistry. *Kaleidosc Hist.* 2023;13(27):380–2.
  18. Young A. We're (Always) Making History. *J Calif Dent Assoc.* 2024;52(1):9–12.
  19. Namazikhah MS. Studies in Endodontics. *J Calif Dent Assoc.* 2023;28(6):415–415.
  20. Bakland L. Evolving Aspects of Endodontic Treatment. *J Calif Dent Assoc.* 2018;46(4):221–6.
  21. Dobrzańska J, Dobrzański L, Dobrzański L, Gołombek K, Dobrzańska AD. Is Gutta-Percha Still the “Gold Standard” among Filling Materials in Endodontic Treatment? *Processes.* 2021;9(8):1467–73.
  22. Jervis M, Waid E, Melo da Fonte J, Pita de Melo D, Replogle K, Sousa Melo S. Assessment of the quality of root canal fillings—an *ex vivo* comparison of CBCT scans, conventional intraoral sensors, and a novel photon-counting sensor. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2025;2(1):98–103.
  23. Pérez P, Quiroga C, Migueles A, Grillone L, Miklaszewski E, Gualtieri A, et al. Ajuste Apical y Adaptación de Conos de Gutapercha en Conductos Curvos Simulados. *Rev la Fac Odontol la Univ Buenos Aires.* 2024;39(93):11–28.
  24. Gordon M, Love R, Chandler N. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J.* 2025;38(2):87–96.
  25. Ramachandran N, Singh S, Podar R, Kulkarni G, Shetty R, Chandrasekhar P. A comparison of two pulp revascularization techniques using platelet-rich plasma and whole blood clot. *J Conserv Dent.* 2020;23(6):637–43.
  26. Mundathodu N, Srinivasan R, Nasreen F, Kavitha P, Shetty A, Chandrappa M.

- Disinfection of gutta-percha cones using three reagents and their residual effects. *J Conserv Dent*. 2024;17(6):571–6.
27. Özsezer E. Evaluation of microbial contamination of resilon and gutta-percha cones and their antimicrobial activities. *African J Microbiol Res*. 2022;6(33):8–30.
  28. Reddy K, Chandran L, Mohan T, Sudha K, Malini D, Dominic B. Evaluation of the efficacy of a novel disinfecting material on the surface topography of gutta-percha: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2023;26(1):94–101.
  29. Azmaz N, Bozkurt S, Hakki S, Belli S. Warm Gutta-Percha Techniques Regulate Cell Viability, Heat Shock, and Mineralized Tissue-associated Proteins of Cementoblasts. *J Endod*. 2020;46(7):957–63.
  30. Kruszewska E, Czupryna P, Pancewicz S, Martonik D, Bukłaha A, Moniuszko-Malinowska A. Is Peracetic Acid Fumigation Effective in Public Transportation? *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(5):2526–7.
  31. Fortea L, Sanz D, Luz L, Bardini G, Mercade M. Update on chelating agents in endodontic treatment: A systematic review. *J Clin Exp Dent*. 2024;2(4):e516–38.
  32. Elfarraj H, Lizzi F, Bitter K, Zaslansky P. Effects of endodontic root canal irrigants on tooth dentin revealed by infrared spectroscopy: a systematic literature review. *Dent Mater*. 2024;40(8):1138–63.
  33. Ruksakiet K, Hanák L, Farkas N, Hegyi P, Sadaeng W, Czumbel LM, et al. Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Endod*. 2020;46(8):1032-1041.e7.
  34. Nunes AM, Gouvea JP, Da Silva L. Influence of different disinfection protocols

- on gutta-percha cones surface roughness assessed by two different methods. *J Mater Res Technol.* 2019;8(6):5464–70.
35. Aucinaite R, Nedzinskiene E, Peciuliene V, Dumbryte I. The Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine in Gutta-Percha Cone Decontamination: A Systematic Review. *Mater.* 2025;18(7):1539.
  36. Jagyasi DR, Chandwani ND, Gunwal MK, Ranka AS. Antimicrobial efficacy of acacia Nilotica (Babul) extract and its effectiveness in disinfecting gutta percha cones - An in vitro study. *Indian J Den Res.* 2021 Apr 1;32(2):221–5.
  37. Rasaiah SR, Allison J, Edwards DC. Endodontic procedures produce bacterial droplet contamination - but what about viruses? *Evid Based Dent.* 2021 Jan 1;22(2):76–7.
  38. Ali R, Bartholomew J, Coffey R, Carrico C, Kitten T, Madurantakam P. Peracetic Acid: A Practical Alternative to Formalin for Disinfection of Extracted Human Teeth. *Bioeng.* 2021;8(12):217.
  39. Brown L, Marshall A, Conway L, Otter J, Norville P, Clarke J. Assessing the stability and sporicidal efficacy of oxidizing disinfectants. *J Hosp Infect.* 2024;149(7):22–5.
  40. Briseño Marroquín B, Callaway A, Shalamzari NG, Wolf TG. Antibacterial efficacy of peracetic acid in comparison with sodium hypochlorite or chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Parvimonas micra*. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):119.
  41. Pereira TC, Dijkstra RJB, Petridis X, van der Meer WJ, Sharma PK, de Andrade FB, et al. The influence of time and irrigant refreshment on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals. *Int Endod J.* 2020;53(12):1714.

42. Guerreiro Tanomaru JM, Morgental RD, Faria Junior NB, Berbert FLCV, Tanomaru-Filho M. Antibacterial effectiveness of peracetic acid and conventional endodontic irrigants. *Braz Dent J.* 2021;22(4):285–7.
43. Diomedi Pacheco A, Chacón E, Delpiano L, Hervé B, Jemenao MI, Medel M, et al. Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología. *Rev Chil infectología.* 2023;156–74.
44. Kayaoglu G, Gürel M, Ömürlü H, Bek ZG, Sadik B. Examination Of Gutta-Percha Cones For Microbial Contamination During Chemical Use. *J Appl Oral Sci.* 2021;17(3):247.
45. Babeer A, Bukhari S, Alrehaili R, Karabucak B, Koo H. Microrobotics in endodontics: A perspective. *Int Endod J.* 2024;57(7):861–71.
46. Zymovets V, Rakhimova O, Wadelius P, Schmidt A, Brundin M, Kelk P, et al. Exploring the impact of oral bacteria remnants on stem cells from the Apical papilla: mineralization potential and inflammatory response. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023;13(5):11–27.
47. Kochanek A, Grąz K, Potok H, Gronba-Chyła A, Kwaśny J, Wiewiórska I, et al. Micro- and Nanoplastics in the Environment: Current State of Research, Sources of Origin, Health Risks, and Regulations—A Comprehensive Review. *Toxics.* 2025;13(7):564.
48. Borse VS, Pandit VS, Gaikwad AA, Handa AN, Jadhav AB, Bhamare RK. An Update on Sterilization and Disinfection of Endodontic Instruments. *J Int Clin Dent Res Organ.* 2022;14(2):83–90.