

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología



**Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% y alcohol
etílico al 70% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con
un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*,
Enterococcus faecalis y *Cándida albicans*) Arequipa, 2025.**

Tesis presentada por la Bachiller:

Cuela Miranda, Claudia Astrid

ORCID: 0009-0000-3151-6817

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Obando Pereda, Gustavo Alberto

ORCID: 0000-0001-6044-1551

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Septiembre del 2025

Dictamen: 014724-C-EPO-2025

Visto el borrador del expediente 014724, presentado por:

2013801072 - CUELA MIRANDA CLAUDIA ASTRID

Titulado:

EFICACIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO AL 5,25%, CLORHEXIDINA AL 2% Y ALCOHOL ETÍLICO AL 70% EN LA DESINFECCIÓN DE CONOS DE GUTAPERCHA CONTAMINADOS CON UN CALDO POLIMICROBIANO (STREPTOCOCCUS MUTANS, STAPHYLOCOCCUS AUREUS, ENTEROCOCCUS FAECALIS Y CÁNDIDA ALBICANS) AREQUIPA, 2025.

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CIRUJANO DENTISTA

**29242362 - GALLEGOS VARGAS HERBERT MARIO
DICTAMINADOR**



**29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR**



**42600685 - ESCALANTE OTAROLA WILFREDO GUSTAVO
DICTAMINADOR**



Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% y alcohol etílico al 70% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (Streptococcus mutans, Stap

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	1%
6	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
9	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

A mis padres, Gloria Miranda y Manuel Cuela, pilares fundamentales en mi vida. Gracias por su amor infinito, por cada sacrificio y esfuerzo que me permitió llegar hasta este momento. Esta meta alcanzada no es solo mía, sino también de ustedes, porque cada página de esta tesis lleva consigo su apoyo incondicional y sus enseñanzas.

A mi asesor y miembros del jurado dictaminador, quienes compartieron conmigo su conocimiento y paciencia, guiándome con dedicación en mi formación profesional.

Y a mí misma, por haber tenido la valentía de continuar aun en los días más difíciles, por creer en mis capacidades y por mantener viva la ilusión de alcanzar mis sueños. Este logro es un recordatorio de que la perseverancia, el amor y la fe en uno mismo hacen posible lo que alguna vez parecía lejano.

Claudia Astrid Cuela Miranda

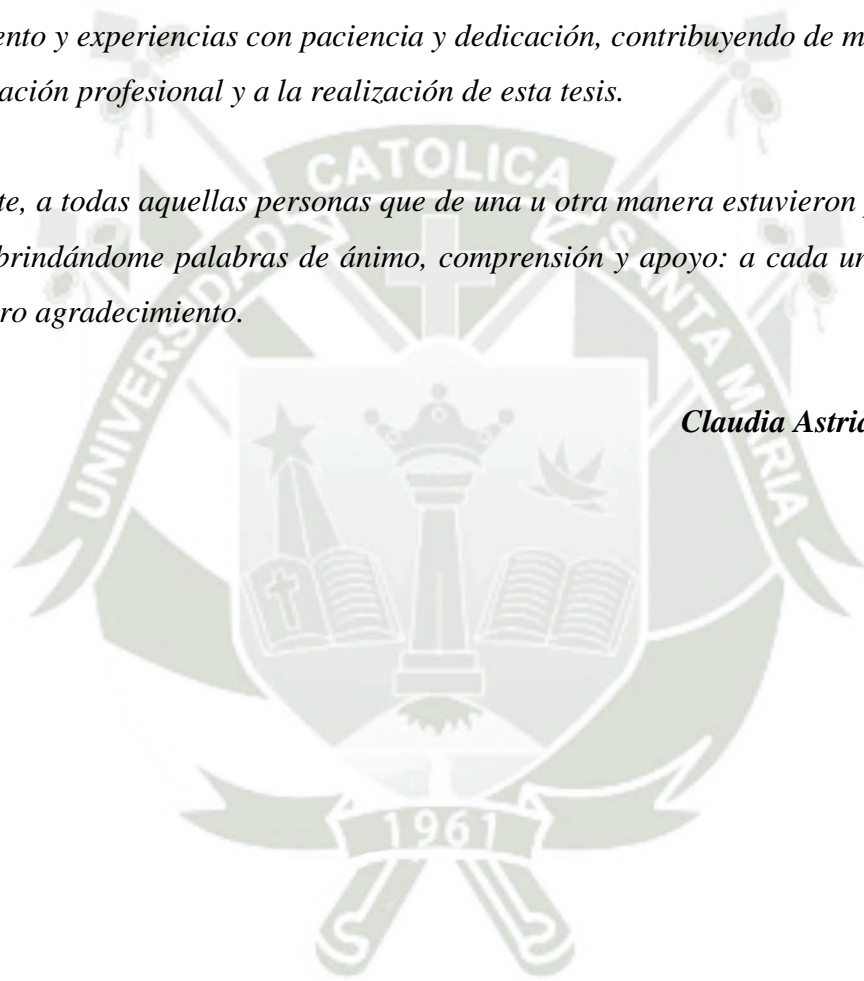
AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por ser mi mayor motivación y ejemplo de vida. Gracias por su amor incondicional, sus consejos y por estar a mi lado en cada paso de este camino. Sin su apoyo y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mi asesor y miembros del jurado dictaminador, quienes compartieron su tiempo, conocimiento y experiencias con paciencia y dedicación, contribuyendo de manera invaluable a mi formación profesional y a la realización de esta tesis.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron presentes en este proceso, brindándome palabras de ánimo, comprensión y apoyo: a cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Claudia Astrid Cuela Miranda



RESUMEN

El éxito del tratamiento endodóntico está estrechamente relacionado con la eliminación de los microorganismos del sistema de conductos radiculares y con la prevención de reinfecciones durante la obturación. Los conos de gutapercha considerados el material de elección para dicho procedimiento, pueden contaminarse durante la manipulación clínica o incluso presentar contaminación intrínseca desde el empaque, lo que incrementa el riesgo del fracaso endodóntico por persistencia microbiana. **Objetivo:** Evaluar y comparar la eficacia del hipoclorito de sodio al 5.25%, la clorhexidina al 2% y el alcohol etílico al 70% para desinfectar los conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*). **Materiales y métodos:** Se emplearon 60 conos de gutapercha, contaminados con un caldo polimicrobiano. Posteriormente, los conos fueron divididos aleatoriamente en tres grupos (n=20) y se sumergieron durante un minuto en las soluciones desinfectantes. Cada cono fue incubado individualmente en tubos de ensayo con BHI, evaluándose la presencia o ausencia microbiana por observación de la turbidez en tres lecturas (24h, 48h, 72h). Los datos se analizaron mediante pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Dunn. **Resultados:** El hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% mostraron una eficacia completa, con ausencia de crecimiento microbiano en todas las muestras, mientras que el alcohol etílico al 70% alcanzó únicamente un 10% de eficacia, evidenciando una efectividad muy limitada. Las diferencias entre los grupos fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). **Conclusión:** El hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% resultaron ser los desinfectantes más eficaces para conos de gutapercha, Estos resultados refuerzan la importancia de protocolos rápidos y confiables para reducir el riesgo de reinfecciones y la persistencia microbiana en tratamientos endodónticos.

Palabras claves: Endodoncia, gutapercha, desinfección.

ABSTRACT

The success of endodontic treatment is closely related to the elimination of microorganisms from the root canal system and the prevention of reinfections during filling. Gutta-percha cones, considered the material of choice for this procedure, can be contaminated during clinical manipulation or even present intrinsic contamination from the packaging, which increases the risk of endodontic failure due to microbial persistence. **Objective:** To evaluate and compare the efficacy of 5.25% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and 70% ethyl alcohol in disinfecting gutta-percha cones contaminated with a polymicrobial broth (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, and *Candida albicans*). **Materials and Methods:** 60 gutta-percha cones were used, contaminated with a polymicrobial broth. Subsequently, the cones were randomly divided into three groups (n=20) and immersed for one minute in the disinfectant solutions. Each cone was individually incubated in test tubes with BHI, evaluating the presence or absence of microbial by observing turbidity in three readings (24h, 48h, 72h). Data were analyzed using the nonparametric Kruskal-Wallis and Dunn tests. **Results:** 5.25% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine showed complete efficacy, with no microbial growth in all samples, while 70% ethyl alcohol reached only 10% efficacy, evidencing very limited effectiveness. The differences between the groups were statistically significant ($p < 0.05$). **Conclusion:** 5.25% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine were found to be the most effective disinfectants for gutta-percha cones. These results reinforce the importance of fast and reliable protocols to reduce the risk of reinfections and microbial persistence in endodontic treatments.

Keywords: Endodontics, gutta-percha, disinfection.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	2
1. Determinación del problema.....	3
2. Pregunta de investigación	5
3. Justificación	5
3.1. Relevancia científica.....	5
3.2. Factibilidad.....	5
3.3. Originalidad.....	5
3.4. Interés personal.....	6
4. Objetivos.....	6
4.1. Objetivo general	6
4.2. Objetivos específicos.....	6
5. Marco conceptual y antecedentes investigativos	7
5.1. Marco conceptual.....	7
5.1.1. Importancia de la desinfección en endodoncia.....	7
5.1.2. Microbiología en endodoncia.....	10
5.1.3. Conos de gutapercha	22
5.1.4. Desinfección de los conos de gutapercha.....	29
5.1.5. Agentes desinfectantes	37
5.2. Antecedentes investigativos.....	54
5.2.1. Antecedentes locales	54

5.2.2.	Antecedentes nacionales.....	55
5.2.3.	Antecedentes internacionales	59
6.	Hipótesis	64
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL		65
1.	Diseño metodológico	66
1.1.	Nivel	66
1.2.	Tipo.....	66
1.3.	Diseño de la investigación.....	66
□	Experimental.....	66
2.	Población y muestra.....	66
2.1.	Identificación de los grupos.....	66
2.2.	Control o igualación de los grupos	66
2.2.1.	Criterios de inclusión	66
2.2.2.	Criterios de exclusión.....	67
2.3.	Tamaño de los grupos.....	67
2.3.1.	Datos.....	67
2.3.2.	Cálculo	67
2.3.3.	Formalización de los grupos	67
3.	Variables	68
4.	Técnicas y procedimientos.....	68
4.1.	Técnica.....	68
4.1.1.	Especificación	68
4.1.2.	Esquematización.....	68
4.1.3.	Descripción de la técnica.....	69
4.2.	Instrumento documental	70
4.2.1.	Especificación	70

4.2.2. Estructura del instrumento	70
4.2.3. Modelo del instrumento	70
4.2.4. Materiales de verificación	70
5. Plan de análisis.....	71
5.1. Plan de procesamiento de datos.....	71
6. Consideraciones éticas	71
7. Recursos.....	72
7.1. Recursos humanos	72
7.2. Recursos físicos	72
7.3. Recursos económicos	72
7.4. Recursos institucionales	72
CAPÍTULO III RESULTADOS	73
DISCUSIÓN.....	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables.....	68
Tabla 2 Lectura 1 - Primer día. Prueba de Kruskal-Wallis	74
Tabla 3 Lectura 1 - Primer día. Prueba de múltiple comparación de Dunn	75
Tabla 4 Lectura 2 - Segundo día. Prueba de Kruskal-Wallis	76
Tabla 5 Lectura 2 - Segundo día. Prueba de múltiple comparación de Dunn.....	77
Tabla 6 Lectura 3 – Quinto día. Prueba de Kruskal-Wallis	78
Tabla 7 Lectura 3 – Quinto día Prueba de múltiple comparación de Dunn	79
Tabla 8 Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°1 – Primer día.	80
Tabla 9 Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°2 – Segundo día.....	81
Tabla 10 Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°3 – Quinto día.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Porcentaje de conos de gutapercha contaminados según agente desinfectante en tres lecturas (24h, 48h, 5to día).....	83
Figura 2 Eficacia de desinfección de agentes evaluados en conos de gutapercha (Lectura final, 5to día).....	84



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Permiso para la utilización del laboratorio	93
Anexo 2 Ficha de recolección de datos	94
Anexo 3 Secuencias fotográfica	98



INTRODUCCIÓN

Cuando la total desinfección del conducto radicular se logra por medio de la preparación química y mecánica, es importante mantener esta desinfección. En primer lugar, se debe evitar la introducción de nuevos microorganismos durante los procedimientos endodónticos, ya que su eliminación es importante (1). Estos microorganismos, entre los que destacan *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* y *Candida Albicans*, son altamente resistentes y se asocian a fracasos endodónticos recurrentes (2,3).

Por lo tanto, es de suma importancia que las herramientas o los materiales introducidos dentro del sistema de conductos radiculares no contribuyan a la reinfección, o incluso a la persistencia de la patología endodóntica (1).

Los conos de gutapercha, en la actualidad, son el material más utilizado en la obturación del sistema de conductos y pueden ser contaminados por agentes patógenos durante la manipulación y/o procesos de almacenamiento en la clínica (3). Además, estudios demostraron que los conos de gutapercha pueden presentar contaminaciones cuando se toma directamente del empaque, lo que subraya la necesidad de establecer protocolos de desinfección previos a su uso. En este contexto, es importante considerar la desinfección de los conos de gutapercha ya que no es posible esterilizarlos por ser un material termoplástico pero su desinfección evitara el fracaso post endodóntico a largo plazo. La aplicación de agentes desinfectantes rápidos y eficaces resulta fundamental para garantizar la seguridad clínica. El hipoclorito de sodio considerado el estándar por su amplio espectro antimicrobiano, aunque puede presentar desventajas como su toxicidad y posible alteración de la gutapercha. La clorhexidina, en contraste, ofrece un buen perfil antimicrobiano y menos toxicidad, mientras que el alcohol etílico, pese a su disponibilidad y bajo costo ha demostrado eficacia variable (4).

Por tanto, evaluar comparativamente la eficacia de estos agentes frente a un caldo polimicrobiano que incluya bacterias y hongos de relevancia clínica permitirá establecer un protocolo confiable que contribuya a reducir el riesgo de reinfecciones y mejorar los resultados del tratamiento endodóntico.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Determinación del problema

El tratamiento de endodoncia tiene como objetivo eliminar los microorganismos del sistema de conductos radiculares y prevenir la introducción de nuevos patógenos en dicho sistema. Estos microorganismos pueden provenir de una infección primaria, o bien pueden introducirse durante las manipulaciones de la endodoncia (1).

La microbiota que se encuentra en los conductos radiculares infectados se origina en la cavidad bucal. La existencia de estos microorganismos y sus productos en el interior de los conductos son factores cruciales en el desarrollo de la infección endodóntica. Aunque el fracaso del tratamiento endodóntico puede ser causado por factores no microbianos, la causa más común es la persistencia de la comunidad bacteriana dentro del canal tratado (2).

Estos microorganismos ya se encontraban ahí y son persistentes por sobrevivir a la desinfección intra radicular bien sea por las características propias como la resistencia a los desinfectantes utilizados o por estar alojados en los conductos accesorios. Los fracasos de tratamientos se pueden dar también debido al ingreso de microorganismos tras la obturación como consecuencia de una filtración coronal o durante el tratamiento por un incumplimiento de la cadena aséptica contaminando el conducto en el momento de la obturación. Por tanto, el riesgo de fracaso de un tratamiento aumenta al haber microorganismos resistentes a las condiciones extremas en el conducto, en el momento de la obturación. En el caso de la endodoncia, los microorganismos mayormente asociados a estas sobreinfecciones y con características de resistencia a condiciones extremas, son *Enterococcus faecalis*, *Cándida albicans* y *Staphylococcus aureus* (3).

Por otro lado, la principal causa de las infecciones endodónticas es la caries dental y *Streptococcus mutans* es una de las principales especies bacterianas asociadas a esta enfermedad (2).

El tratamiento endodóntico favorece la reparación del muñón apical y permite alcanzar un cierre biológico eficaz mediante el uso de materiales considerados actualmente los más adecuados, como los conos de gutapercha y los selladores endodónticos. No obstante, el éxito de este procedimiento radica en la aplicación rigurosa de medidas de bioseguridad y en el control de la cadena séptica en todo el entorno clínico, lo que incluye la desinfección de los conos de gutapercha con el fin de reducir al mínimo cualquier forma de vida microbiológica que pueda comprometer la calidad del tratamiento (4).

Desde su descubrimiento, la gutapercha sigue siendo el material ideal para este propósito, debido a que posee la particularidad de adecuarse a los diferentes cambios térmicos y sus desventajas no hacen menguar sus cualidades (5).

Los conos de gutapercha tienen actividad antimicrobiana definida que depende sobre todo del contenido de óxido de zinc, el cual muestra actividad antimicrobiana y se sugiere que su desinfección antes del llenado del conducto radicular no es obligatoria debido a la presencia de este elemento (6,7). No obstante, a pesar de esta actividad antimicrobiana, dos estudios han informado que el 8% y el 20% de los conos de gutapercha extraídos de su paquete sellado produjeron crecimiento bacteriano cuando se cultivaron en placas de agar, respectivamente. Contrariamente a estos hallazgos, otros no han detectado contaminación microbiana en conos de gutapercha tomados del paquete sellado del fabricante. Sin embargo, se espera que la contaminación aumente al abrir el paquete y comenzar a usar los conos de gutapercha en el entorno clínico (8).

Además de otros factores como el manejo continuo de las cajas, la exposición al medio físico, el uso inadecuado por parte del endodoncista y/o la contaminación accidental constituyen factores causantes de su fácil contaminación (1).

Por lo tanto, el material debe transcurrir por un proceso de limpieza y desinfección antes de ser introducido en el conducto radicular y debido a sus cualidades termoplásticas, no puede esterilizarse mediante el proceso convencional, que utiliza calor húmedo o seco, no puede esterilizar el GP, ya que puede causar alteraciones físicas o químicas irreversibles en su estructura. Se requiere una desinfección química rápida en el consultorio, ya que no se puede predecir de antemano la cantidad de puntos GP necesarios (9).

En el ejercicio diario realizado en los centros odontológicos, los odontólogos en ocasiones no prestan interés en la desinfección de los conos de gutapercha antes de la obturación, como consecuencia de ello, existe la probabilidad de generar infección post tratamiento, por la presencia de microorganismos que contaminan los conos de gutapercha utilizados (10).

Si bien diversos estudios señalan al hipoclorito de sodio al 5.25% como agente más eficaz para la desinfección, la comparación con clorhexidina y alcohol etílico adquiere relevancia por sus ventajas clínicas. La clorhexidina al 2% es menos tóxica para los tejidos, presenta actividad antimicrobiana residual y es ampliamente utilizada en endodoncia (11). El alcohol etílico al 70% aunque presenta una eficacia limitada es una opción práctica en el entorno clínico por su bajo costo y fácil disponibilidad (12,13).

Es por eso que el presente estudio tiene como propósito determinar que agente desinfectante (clorhexidina al 2%, hipoclorito de sodio al 5.25% y alcohol etílico al 70%) presenta mayor eficacia en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*), lo que permitirá mejorar los protocolos clínicos y optimizar los resultados del tratamiento endodóntico.

2. Pregunta de investigación

¿Cuál será la efectividad del hipoclorito de sodio al 5,25%, la clorhexidina al 2% y el alcohol etílico al 70% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*)?

3. Justificación

3.1. Relevancia científica

Este estudio se justifica desde el punto de vista científico porque nos permite abordar un aspecto esencial pero aun debatido dentro de la endodoncia: la eficacia de los agentes químicos en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con microorganismos clínicamente relevantes. Asimismo, la comparación de estos agentes desinfectantes frente a estos patógenos nos permitirá generar evidencia científica que contribuya a establecer protocolos clínicos más seguros y eficaces.

3.2. Factibilidad

Se trata de una investigación viable, puesto que las condiciones de dicho estudio son realizables y a la vez nos dará resultados, conclusiones y recomendaciones.

3.3. Originalidad

La originalidad de este estudio se encuentra en evaluar la efectividad de tres agentes desinfectantes frente a un grupo representativo de microorganismos clínicamente relevantes, tanto bacterianos como fúngicos, como son el *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y la *Candida albicans*. A diferencia de investigaciones previas que utilizaron uno o dos microorganismos, este estudio abarcará una mayor diversidad microbiológica, proporcionando información útil para reforzar e implementar las prácticas y protocolos de desinfección dentro del entorno odontológico. Asimismo, los resultados que se obtendrán de este estudio podrán fortalecer las bases científicas locales en el control de infecciones en endodoncia, favoreciendo así una mejor atención en la salud oral.

3.4. Interés personal

Es de mi inclinación personal y académica, el realizar esta investigación para poder evaluar la eficacia de tres agentes antimicrobianos usados para la desinfección de conos de gutapercha. Con ella busco contribuir a las líneas de investigación de la facultad, fortalecer mis competencias científicas y cumplir con uno de los requisitos fundamentales para la obtención del título profesional de Cirujano Dentista.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Comparar la eficacia del hipoclorito de sodio al 5.25%, la clorhexidina al 2% y el alcohol etílico al 70% para desinfectar los conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*).

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la efectividad del hipoclorito de sodio al 5.25% para desinfectar los conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*).
- Determinar la efectividad de la clorhexidina al 2% para desinfectar los conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*).
- Determinar la efectividad del alcohol etílico al 70% para desinfectar los conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*).

5. Marco conceptual y antecedentes investigativos

5.1. Marco conceptual

5.1.1. Importancia de la desinfección en endodoncia

El tratamiento endodóntico persigue como objetivo esencial la erradicación total de los microorganismos patógenos alojados en el sistema de conductos radiculares, así como la prevención de nuevas infecciones que puedan comprometer la integridad del diente o generar patologías en los tejidos perirradiculares. La efectividad del procedimiento depende de una secuencia clínica precisa que incluye la limpieza, conformación, desinfección y obturación tridimensional del sistema de conductos. Estos pasos están orientados a eliminar completamente los residuos pulpares, microorganismos y productos tóxicos bacterianos que, de persistir, pueden causar inflamación crónica o necrosis de los tejidos periapicales. La obturación del conducto, una vez finalizada la desinfección, tiene como propósito sellar herméticamente el sistema radicular para evitar la filtración de fluidos y la recolonización microbiana. En este sentido, el éxito del tratamiento endodóntico está estrechamente vinculado con la calidad de la técnica operatoria, el uso de irrigantes adecuados, la selección del material de obturación y el cumplimiento riguroso de los principios de asepsia durante cada fase del procedimiento. Además de restaurar la función del diente, una terapia endodóntica bien ejecutada permite conservar la pieza dentaria en el arco, evitando tratamientos más invasivos como la extracción y la rehabilitación protésica. Por ello, la endodoncia no solo actúa como una intervención curativa, sino también como una medida de preservación a largo plazo de la salud bucodental del paciente (14).

5.1.1.1. Factores de fracaso endodóntico relacionados con la contaminación

La persistencia o reintroducción de microorganismos en el sistema de conductos radiculares representa, según la literatura científica y la evidencia microbiológica acumulada, la causa principal de los fracasos terapéuticos en endodoncia. Diversos estudios han demostrado que el ecosistema endodóntico, una vez colonizado, se transforma en un entorno propicio para el establecimiento de biofilms bacterianos altamente organizados, compuestos predominantemente por bacterias anaerobias facultativas y estrictas. Estos biofilms se adhieren firmemente a las paredes del conducto radicular, penetran profundamente en los

túbulos dentinarios y pueden extenderse hacia los tejidos periapicales, donde desencadenan respuestas inflamatorias de carácter crónico, responsables de la formación de lesiones perirradiculares como los granulomas o los abscesos apicales. Uno de los factores que más incide en el fracaso endodóntico es la ineficiencia en la fase de instrumentación y limpieza, etapa crítica destinada a eliminar tejido pulpar necrótico, restos orgánicos e inorgánicos y la carga microbiana acumulada. La anatomía interna del sistema de conductos, con sus múltiples irregularidades, istmos, conductos accesorios, curvas pronunciadas y ramificaciones apicales, puede dificultar el acceso mecánico y químico, convirtiéndose en reservorios bacterianos de difícil abordaje. La conformación inadecuada impide que los irrigantes penetren de forma eficaz en estas zonas, reduciendo su acción antimicrobiana y limitando el éxito del procedimiento. Además, la obturación ineficiente del sistema de conductos, ya sea por sobreextensión, subobturación o por la presencia de vacíos entre los materiales de obturación y las paredes del conducto, permite la filtración apical o coronal. Esta condición facilita el ingreso de nuevos microorganismos o la supervivencia de los existentes, permitiendo la perpetuación del proceso infeccioso. El riesgo se incrementa cuando se utilizan materiales contaminados o manipulados sin medidas estrictas de asepsia, lo que puede introducir patógenos durante el procedimiento clínico y comprometer el pronóstico del tratamiento. En respuesta a estos desafíos, la endodoncia moderna ha incorporado innovaciones tecnológicas y terapéuticas orientadas a mejorar la desinfección y el sellado tridimensional del sistema de conductos. Entre estas se encuentran los sistemas rotatorios mecanizados de última generación, que permiten una preparación más eficiente y conservadora; el uso de irrigantes activados, como el hipoclorito de sodio con activación ultrasónica o por energía láser, que incrementan la penetración y eficacia antimicrobiana; y la terapia fotodinámica, que ofrece una alternativa complementaria no térmica para la desinfección profunda. Asimismo, se han desarrollado nuevos materiales de obturación, como los biocerámicos, que ofrecen mayor capacidad de sellado, propiedades bioactivas y mejor integración con los tejidos dentales. De este modo, el éxito clínico de la terapia endodóntica se sustenta en una interacción equilibrada entre el conocimiento profundo de la microbiología endodóntica, la comprensión detallada de la anatomía radicular y el uso adecuado de las herramientas tecnológicas

disponibles. No basta con una ejecución técnica correcta; es imprescindible una estrategia integral que considere todos los factores biológicos y mecánicos involucrados, permitiendo así lograr una desinfección eficaz, un sellado hermético y, por ende, una terapia duradera y predecible en el tiempo (15).

5.1.1.2. Bioseguridad en la práctica clínica

El éxito clínico de la terapia endodóntica está estrechamente vinculado al cumplimiento estricto de los principios de asepsia y esterilidad durante todas las etapas del tratamiento. Dado que este procedimiento se lleva a cabo en un entorno cerrado y altamente complejo como lo es la cavidad pulpar y el sistema de conductos radiculares, se le considera una intervención quirúrgica de precisión, en la que la introducción de microorganismos, aún en cantidades microscópicas, puede tener consecuencias clínicas significativas. La prevención de la contaminación cruzada y la entrada de patógenos externos en el interior del diente representa, por tanto, un requisito fundamental. Cualquier exposición del sistema radicular a agentes microbianos puede generar la recolonización bacteriana y la posterior formación de biofilms intracanalulares resistentes, capaces de originar procesos infecciosos persistentes, como la inflamación crónica periapical, la aparición de síntomas clínicos recurrentes o incluso el fracaso del tratamiento con pérdida de la pieza dentaria. En este sentido, resulta imprescindible que todo el instrumental endodóntico —incluyendo limas manuales y rotatorias, fresas, espaciadores, puntas de papel y otros instrumentos auxiliares— esté correctamente esterilizado antes de su uso clínico. Asimismo, los materiales de obturación, como los conos de gutapercha y los selladores, deben conservarse en condiciones óptimas de asepsia y manipularse en un entorno controlado. El uso del aislamiento absoluto con dique de goma es altamente recomendable, ya que permite trabajar en un campo operatorio estéril, limitando al máximo la exposición del conducto radicular a la flora oral y al entorno clínico. La implementación de estas medidas no solo protege al sistema de conductos de contaminantes exógenos, sino que optimiza la acción de los irrigantes y refuerza la efectividad del sellado apical y coronal, contribuyendo a la integridad biológica del procedimiento. De igual manera, al evitar la introducción de nuevos microorganismos, se mejora la predictibilidad del tratamiento y se reducen las probabilidades de complicaciones postoperatorias.

Por lo tanto, la esterilización adecuada de instrumentos y materiales, acompañada de una técnica aséptica rigurosa, constituye un pilar esencial para lograr un tratamiento endodóntico exitoso. Esta práctica no solo minimiza los riesgos de reinfección, sino que también favorece la cicatrización de los tejidos periapicales y prolonga la funcionalidad del diente tratado en el tiempo (16).

5.1.2. Microbiología en endodoncia

El tratamiento de conductos radiculares, conocido como terapia endodóntica, se ha practicado clínicamente desde 1928, marcando el inicio formal de una especialidad odontológica que, con el tiempo, ha evolucionado de manera notable tanto en su fundamentación científica como en su ejecución clínica. A lo largo de las décadas, esta disciplina ha sido objeto de continuas transformaciones impulsadas por avances en la comprensión biológica de las infecciones pulpares y periapicales, el perfeccionamiento de protocolos clínicos, así como la innovación en materiales y sistemas de instrumentación. Estos cambios han influido directamente en el aumento progresivo de la tasa de éxito de los tratamientos endodónticos, lo que ha consolidado su valor en la preservación de dientes afectados por procesos infecciosos o inflamatorios. Uno de los aspectos que ha sido determinante en esta evolución ha sido el creciente conocimiento sobre la microbiología asociada a las patologías endodónticas. En sus primeras etapas, la capacidad para identificar y comprender los microorganismos involucrados en las infecciones del sistema de conductos radiculares era limitada, lo cual restringía la precisión diagnóstica y terapéutica. Sin embargo, el desarrollo de técnicas microbiológicas más sofisticadas, como la microscopía electrónica, los cultivos bajo condiciones anaerobias, y especialmente las metodologías moleculares modernas como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación genética, ha permitido caracterizar de forma más completa y precisa las comunidades microbianas que habitan en el interior del sistema de conductos. Se ha comprobado que estas comunidades pueden incluir no solo bacterias, sino también hongos y virus, los cuales participan de forma activa en la etiopatogenia de las infecciones pulpares y periapicales. Este avance en el conocimiento microbiológico ha sido esencial para redefinir las estrategias terapéuticas empleadas en endodoncia. La identificación de especies bacterianas anaerobias de elevada resistencia, como *Enterococcus faecalis*, ha impulsado la incorporación de técnicas de irrigación más

eficaces, incluyendo el uso de hipoclorito de sodio en concentraciones adecuadas y su activación mediante sistemas ultrasónicos o de energía láser. Asimismo, se han implementado soluciones complementarias como el EDTA y agentes antimicrobianos con propiedades quelantes, capaces de actuar sobre la biopelícula bacteriana adherida a las paredes del conducto y en zonas de difícil acceso, como istmos o ramificaciones laterales. Paralelamente, la innovación en materiales de obturación ha sido una respuesta directa a las exigencias clínicas derivadas de la microbiología endodóntica. Los cementos biocerámicos, por ejemplo, no solo ofrecen un sellado apical más eficaz, sino que además poseen propiedades antimicrobianas intrínsecas y una alta biocompatibilidad, lo que contribuye a la estabilidad del tratamiento a largo plazo. En el mismo sentido, los avances en sistemas de instrumentación mecanizada, tanto rotatorios como reciprocantes, han optimizado la conformación del conducto radicular, favoreciendo una limpieza más completa y una mejor distribución de los irrigantes dentro del sistema de conductos. Así, la transformación de la terapia endodóntica no puede entenderse sin considerar el papel fundamental que ha desempeñado el estudio detallado de la microbiota involucrada en los procesos infecciosos pulpares. Este conocimiento ha constituido la base para el diseño de tratamientos más eficaces y predecibles, permitiendo una intervención más precisa, menos invasiva y orientada a la conservación del diente natural, lo cual representa uno de los principales objetivos de la odontología moderna (14).

Diversas investigaciones han evidenciado la presencia de una amplia gama de microorganismos patógenos contaminando los conos de gutapercha, entre los que se destacan especies relevantes desde el punto de vista clínico, como *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*. Estos microorganismos incluyen bacterias grampositivas y gramnegativas, así como levaduras oportunistas, todas caracterizadas por su notable capacidad de adaptación a condiciones adversas, su habilidad para adherirse a superficies inertes y formar biopelículas, así como por su frecuente resistencia a diversos agentes antimicrobianos convencionales. La contaminación de los conos de gutapercha puede producirse en diferentes momentos del manejo clínico, incluyendo la apertura del empaque, el almacenamiento en condiciones no controladas, o su manipulación durante el procedimiento operatorio, especialmente

si no se siguen estrictos protocolos de asepsia. Incluso en la fase de fabricación, la ausencia de controles rigurosos puede permitir la colonización microbiana del material. Esta contaminación representa una amenaza directa para la eficacia del tratamiento endodóntico, ya que la inserción de un cono contaminado en un conducto previamente desinfectado puede reintroducir patógenos, comprometer la esterilidad lograda y desencadenar reacciones inflamatorias persistentes en los tejidos periapicales, afectando negativamente la cicatrización y el pronóstico del tratamiento. Ante esta problemática, la desinfección previa de los conos de gutapercha antes de su colocación en el conducto radicular constituye una medida indispensable en la práctica clínica moderna. Se han evaluado diversas soluciones químicas con capacidad desinfectante, entre las cuales destacan el hipoclorito de sodio en concentraciones del 1 % al 5 %, el gluconato de clorhexidina, el alcohol isopropílico y la povidona yodada. Estas sustancias han demostrado eficacia en la eliminación de microorganismos sin afectar significativamente las propiedades físicas ni el desempeño clínico del material de obturación. Dado que la gutapercha es un material termo sensible, no es apta para métodos de esterilización térmica como la autoclave, ya que el calor puede modificar su estructura molecular, alterar su plasticidad y comprometer su capacidad de sellado. Esta limitación refuerza la necesidad de disponer de protocolos de desinfección química que sean eficaces, rápidos y fácilmente aplicables en el entorno clínico, permitiendo así mantener la asepsia sin afectar la funcionalidad del material. La aplicación sistemática de protocolos de descontaminación para los conos de gutapercha no solo mejora el control de infecciones en la terapia endodóntica, sino que también representa una medida crítica para evitar contaminaciones iatrogénicas, una de las principales causas de fracaso en la fase de obturación. Garantizar que los materiales introducidos en el sistema de conductos estén completamente libres de carga microbiana refuerza la eficacia del procedimiento y contribuye a la estabilidad a largo plazo del tratamiento. Así, la prevención de la reinfección endodóntica no puede limitarse únicamente a una correcta desinfección del conducto radicular. Es igualmente crucial asegurar el manejo aséptico de todos los materiales que interactúan con el sistema de conductos. En este contexto, la desinfección previa de los conos de gutapercha se erige como una práctica clínica esencial que debe ser adoptada de manera rutinaria dentro del protocolo de obturación, para asegurar la predictibilidad y el éxito del tratamiento endodóntico (15).

5.1.2.1. Principales microorganismos implicados

5.1.2.1.1. *Streptococcus mutans*

La caries dental constituye, a nivel mundial, la enfermedad infecciosa crónica más prevalente en la especie humana, superando en incidencia a numerosas patologías transmisibles de alto impacto en salud pública. Su etiología es compleja y multifactorial, con una base microbiana clara, y se relaciona estrechamente con la acción de bacterias acidogénicas y acidúricas que colonizan de manera activa las superficies dentarias, formando parte del biofilm oral, comúnmente denominado placa dental. En este contexto, *Streptococcus mutans* ha sido identificado como uno de los principales microorganismos implicados en el inicio y progresión de las lesiones cariosas. *Streptococcus mutans* es un cocobacilo grampositivo, anaerobio facultativo, ampliamente adaptado a la cavidad bucal. Se distingue por su notable capacidad para metabolizar carbohidratos fermentables, generando como producto ácido láctico, lo que disminuye el pH del entorno inmediato. Esta acidogenicidad, combinada con su aciduricidad —es decir, su capacidad de sobrevivir y proliferar en ambientes altamente ácidos— le otorgan una ventaja ecológica dentro del biofilm supragingival, especialmente en zonas de retención de placa donde la higiene es deficiente. Estas características hacen de *S. mutans* una de las especies bacterianas con mayor potencial cariogénico dentro del ecosistema oral. El mecanismo mediante el cual *S. mutans* contribuye al desarrollo de la caries se basa en su capacidad de sintetizar polisacáridos extracelulares insolubles a partir de sacarosa, gracias a la acción de enzimas glucosiltransferasas. Estos polímeros permiten su adhesión firme al esmalte dental y la consolidación de la biopelícula, generando una matriz protectora que no solo facilita su supervivencia, sino que también crea un microambiente ácido sostenido que promueve la desmineralización de los tejidos dentales duros, iniciando así el proceso patológico. En fases avanzadas de la caries, *S. mutans* actúa sinérgicamente con otros microorganismos acidogénicos, como *Lactobacillus spp.* y *Actinomyces spp.*, contribuyendo a mantener un pH bajo y favoreciendo la progresión hacia la destrucción tisular profunda. Cabe destacar que la influencia de *S. mutans* no se limita al ámbito odontológico, ya que ha sido

implicado en procesos infecciosos sistémicos, como la endocarditis bacteriana subaguda, especialmente en pacientes con factores predisponentes, lo que evidencia su potencial patogénico más allá del entorno oral. Dada su relevancia en la etiopatogenia de la caries dental, se han desarrollado múltiples estrategias enfocadas en reducir su colonización y su actividad metabólica. Entre ellas se incluyen el uso de agentes antimicrobianos de amplio y específico espectro, formulaciones de flúor y clorhexidina, vacunas experimentales dirigidas a componentes estructurales de la bacteria, probióticos con efecto competitivo, inhibidores de enzimas clave en la síntesis de glucanos, así como sistemas de liberación controlada de sustancias bioactivas en productos de higiene bucal. En este sentido, la comprensión integral del comportamiento biológico de *S. mutans* dentro del ecosistema oral es crucial para el desarrollo de estrategias preventivas y terapéuticas efectivas. Esta línea de investigación no solo fortalece el enfoque clínico de control de la caries, sino que también contribuye a mejorar las políticas de salud pública en torno a la prevención de enfermedades orales en poblaciones vulnerables, promoviendo un enfoque más integral en la gestión de la salud bucodental a nivel global (17).

Streptococcus mutans, ampliamente reconocido por su papel en la etiología de la caries dental, también ha sido implicado en el desarrollo de infecciones endodónticas, particularmente en casos donde la progresión de la lesión cariosa permite el acceso de este microorganismo al tejido pulpar. Su participación en estas infecciones se relaciona directamente con una serie de factores de virulencia que le confieren la capacidad de colonizar el sistema de conductos radiculares, resistir condiciones adversas y contribuir a la inflamación y destrucción de los tejidos dentales y periapicales. Entre los mecanismos más relevantes que explican la virulencia de *S. mutans* se encuentra su capacidad para formar biopelículas altamente organizadas sobre superficies dentarias y tejidos duros expuestos. Estas biopelículas, compuestas por comunidades microbianas inmersas en una matriz extracelular rica en polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos, actúan como una barrera protectora que dificulta la acción de agentes antimicrobianos y del sistema inmunológico del huésped. Dentro del entorno endodóntico, la

formación de biopelículas por parte de *S. mutans* contribuye a la persistencia de la infección, especialmente en zonas de difícil acceso como los túbulos dentinarios, istmos y conductos accesorios. Otra característica clave de este microorganismo es su capacidad de adherirse al colágeno, una proteína estructural presente en la dentina y en el tejido conectivo pulpar. Esta propiedad facilita la colonización intracanalicular y la invasión de tejidos más profundos, favoreciendo la progresión de la infección y dificultando su erradicación completa mediante los protocolos convencionales de desinfección. Además, *S. mutans* presenta una notable tolerancia a ambientes con bajas concentraciones de oxígeno, lo que le permite sobrevivir en el entorno anaerobio del conducto radicular, adaptándose a las condiciones locales desfavorables para otras especies microbianas. Uno de los aspectos más críticos de su metabolismo es su capacidad para fermentar carbohidratos y producir grandes cantidades de ácidos orgánicos, como el ácido láctico, lo cual no solo contribuye a la desmineralización del esmalte y la dentina, sino que también genera un microambiente ácido que favorece su propia supervivencia y la de otras especies acidúricas. Esta acidogenicidad extrema, combinada con su capacidad de persistir en entornos desfavorables, convierte a *S. mutans* en un patógeno altamente resistente y difícil de eliminar, particularmente en casos de infecciones endodónticas secundarias o retratamientos. En suma, la implicación de *S. mutans* en las infecciones endodónticas representa un desafío clínico relevante. Su habilidad para adherirse a tejidos, formar biopelículas robustas, resistir condiciones anaeróbicas y generar un ambiente acidógeno lo posicionan como un microorganismo con alto potencial patogénico. Por esta razón, su detección y control dentro del sistema de conductos radiculares es esencial para lograr una desinfección efectiva y asegurar el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico (18).

5.1.2.1.2. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus es una especie bacteriana que, aunque no se encuentra entre los microorganismos más comúnmente detectados en infecciones endodónticas, puede estar presente en casos de infecciones persistentes o secundarias, especialmente cuando el tratamiento inicial no logra una erradicación completa del ecosistema microbiano del sistema de conductos radiculares. Si bien su frecuencia de aislamiento es significativamente menor que la de patógenos como *Enterococcus faecalis*, su implicación clínica no debe subestimarse, dado su elevado potencial patogénico y su capacidad para desarrollar resistencia frente a diversos antimicrobianos. Desde el punto de vista microbiológico, *S. aureus* es un coco grampositivo, anaerobio facultativo, que se dispone en agrupaciones características en forma de racimo. Una de sus propiedades más notables es su extraordinaria resistencia a condiciones ambientales adversas. Este microorganismo es capaz de sobrevivir durante tiempos prolongados en ambientes con baja disponibilidad de nutrientes, tolerando además variaciones amplias de temperatura, pH y procesos de deshidratación. Estas cualidades lo convierten en un agente capaz de persistir sobre superficies clínicas, equipos, instrumentos y materiales odontológicos, representando un riesgo potencial de contaminación cruzada si no se mantienen protocolos estrictos de desinfección y esterilidad. En el ámbito clínico, uno de los principales desafíos que presenta *S. aureus* es su capacidad de desarrollar múltiples mecanismos de resistencia frente a agentes antimicrobianos. Las cepas resistentes a meticilina (MRSA, por sus siglas en inglés) han sido ampliamente estudiadas por su capacidad de evadir los efectos de antibióticos comunes, como las penicilinas y cefalosporinas. Estos mecanismos incluyen la producción de proteínas de unión alteradas a la penicilina (PBP2a), bombas de eflujo que expulsan los antibióticos fuera de la célula, y enzimas capaces de inactivar o modificar los fármacos, disminuyendo su efectividad terapéutica. En el contexto endodóntico, la capacidad de *S. aureus* para formar biopelículas representa un factor clave en su persistencia y resistencia a los tratamientos. Las biopelículas son comunidades microbianas estructuradas que se adhieren a las paredes del conducto radicular y se recubren con una matriz extracelular protectora. Esta

matriz actúa como una barrera física y química que reduce significativamente la penetración de los irrigantes y antibióticos, dificultando la erradicación completa del patógeno. Además, estas biopelículas pueden servir como reservorios bacterianos que, bajo condiciones favorables, pueden reactivar la infección incluso después de tratamientos aparentemente exitosos. La presencia de *Staphylococcus aureus* en infecciones endodónticas se ha asociado con manifestaciones clínicas como dolor persistente, inflamación prolongada y lesiones periapicales de evolución crónica. Su detección debe alertar al clínico no solo sobre la posibilidad de una infección resistente, sino también sobre la necesidad de implementar estrategias terapéuticas complementarias. Estas pueden incluir el uso de irrigantes más potentes, activación ultrasónica de soluciones desinfectantes, terapias fotodinámicas o, en casos más complejos, la prescripción de antibióticos dirigidos, previa realización de pruebas de sensibilidad antimicrobiana. Cabe destacar que, en muchos casos, la presencia de *S. aureus* puede ser indicativa de contaminación exógena introducida durante el procedimiento, especialmente si no se han observado medidas de asepsia rigurosas. Por tanto, su detección también subraya la importancia de mantener un entorno operatorio controlado, utilizando aislamiento absoluto, instrumental estéril y técnicas que eviten el ingreso de microorganismos externos al sistema de conductos. En suma, aunque *Staphylococcus aureus* no sea el patógeno endodóntico más frecuente, su relevancia clínica radica en su capacidad para formar biopelículas resistentes, su adaptabilidad ambiental y su potencial multirresistente, lo que lo convierte en un microorganismo de especial atención en el manejo de infecciones endodónticas complejas o recidivantes (19).

5.1.2.1.3. *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis es considerado uno de los microorganismos más desafiantes en el contexto de la endodoncia, dada su elevada prevalencia en infecciones secundarias y retratamientos, y su asociación directa con el fracaso de terapias endodónticas previamente instauradas. Su persistencia en dientes con antecedentes de tratamiento endodóntico y sintomatología crónica ha despertado un interés significativo en el ámbito científico y clínico,

orientado a comprender en profundidad su fisiología, patogenicidad y resistencia frente a los protocolos terapéuticos convencionales. Desde el punto de vista microbiológico, *E. faecalis* es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, que destaca por su extraordinaria capacidad de adaptación a ambientes hostiles. A diferencia de muchas bacterias asociadas a infecciones endodónticas primarias, esta especie puede sobrevivir en condiciones extremas: ambientes con escasa disponibilidad de nutrientes, alta salinidad, amplios rangos de temperatura (entre 10 °C y 45 °C), y en medios con pH altamente alcalinos. Esta resiliencia fisiológica le permite mantenerse viable incluso después de haber sido sometido a procedimientos de limpieza, irrigación y medicación intracanal. Un aspecto particularmente relevante de su virulencia es su tolerancia al hidróxido de calcio, un medicamento intracanal ampliamente utilizado por su capacidad para inducir un entorno alcalino hostil. Sin embargo, *E. faecalis* ha demostrado mecanismos de supervivencia frente a este agente, como la regulación del transporte de protones, la expresión de proteínas de choque térmico y la activación de sistemas de reparación celular, lo que le permite conservar la integridad de su membrana y mantener funciones vitales en ambientes con pH elevados. Otro factor crítico en la persistencia de *E. faecalis* es su capacidad para invadir los túbulos dentinarios, donde encuentra nichos protegidos y acceso a nutrientes como el colágeno, que puede degradar y utilizar como fuente energética. La colonización profunda de estos túbulos dificulta significativamente la acción de los irrigantes y de los agentes antimicrobianos, ya que muchas de estas zonas anatómicas son inaccesibles para los instrumentos endodónticos convencionales. A esto se suma la capacidad del microorganismo para formar biopelículas resistentes, tanto en las paredes del conducto como en el interior de los túbulos. Estas biopelículas actúan como una barrera física y bioquímica, limitando la penetración de agentes terapéuticos y facilitando la supervivencia bacteriana. Desde el punto de vista clínico, la presencia de *E. faecalis* suele asociarse con lesiones periapicales crónicas, sintomatología persistente, y la necesidad de realizar retratamientos endodónticos. Su habilidad para resistir los procedimientos de desinfección estándar, colonizar espacios anatómicamente complejos y formar comunidades microbianas altamente organizadas, lo posiciona como uno de los principales responsables

de la recidiva infecciosa tras tratamientos aparentemente exitosos. Ante estos desafíos, se ha promovido la investigación y aplicación de métodos alternativos para su eliminación, como el uso de irrigantes con mayor espectro antimicrobiano (por ejemplo, hipoclorito de sodio activado, clorhexidina al 2 %, soluciones a base de nanopartículas), técnicas de activación ultrasónica o sónicas para los irrigantes, terapia fotodinámica, y láser de diodo o Er:YAG. Paralelamente, se han desarrollado materiales de obturación con propiedades antimicrobianas, como los selladores biocerámicos, que buscan limitar la recolonización del sistema de conductos. En este sentido, el manejo efectivo de *Enterococcus faecalis* requiere no solo una comprensión detallada de su biología y mecanismos de resistencia, sino también un enfoque clínico integral que combine técnicas avanzadas de desinfección, materiales innovadores y estrategias terapéuticas adaptadas a cada caso, con el fin de optimizar los resultados del tratamiento endodóntico y reducir el riesgo de fracaso a largo plazo (20).

Diversos estudios, tanto aquellos basados en cultivos bacterianos como los que emplean métodos moleculares independientes del cultivo, han confirmado la alta prevalencia de *Enterococcus faecalis* en casos de fracaso endodóntico. Esta especie ha sido identificada de forma predominante en dientes que han recibido tratamiento de conductos, particularmente en aquellos con sintomatología persistente o con lesiones periapicales crónicas. En algunas investigaciones, se ha reportado su presencia en más del 90 % de las muestras analizadas, lo cual subraya su papel central en la patogenia de infecciones endodónticas secundarias. La alta frecuencia con la que *E. faecalis* se detecta en estos contextos no solo refleja su capacidad de resistencia a las condiciones intracanal desfavorables, sino también la limitación de muchos tratamientos convencionales para erradicarlo por completo. A diferencia de otras bacterias que forman parte del ecosistema primario en infecciones pulpares, *E. faecalis* es capaz de establecerse como un microorganismo dominante en el conducto tratado, especialmente cuando la flora bacteriana original ha sido parcialmente eliminada por la intervención terapéutica. El uso de técnicas independientes del cultivo, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación genética, ha permitido

detectar esta especie incluso en muestras donde los métodos tradicionales no logran evidenciar crecimiento bacteriano. Estas tecnologías han revelado que *E. faecalis* puede permanecer en estado viable pero no cultivable, lo cual representa un reto importante para el diagnóstico microbiológico y la toma de decisiones clínicas. Esta prevalencia tan elevada ha llevado a considerar a *E. faecalis* como un marcador microbiológico de infecciones endodónticas resistentes y como un objetivo prioritario en el desarrollo de nuevos enfoques terapéuticos. Su persistencia, aún después de protocolos de irrigación e instrumentación bien ejecutados, exige la implementación de métodos de desinfección más eficaces, así como la incorporación de agentes antimicrobianos con actividad específica frente a este patógeno. Además, se ha propuesto que su presencia puede estar vinculada a una recolonización posterior al tratamiento, producto de microfiltraciones coronales o apicales, o incluso de su capacidad de sobrevivir en los túbulos dentinarios a lo largo del tiempo. Este comportamiento epidemiológico refuerza la necesidad de comprender en profundidad los mecanismos de supervivencia de *E. faecalis* y su interacción con el microambiente endodóntico, con el fin de mejorar las tasas de éxito terapéutico y reducir la incidencia de retratamientos (19).

5.1.2.1.4. *Candida albicans*

Candida albicans se ha consolidado como una de las levaduras más comúnmente detectadas en conductos radiculares infectados, especialmente en casos clínicos que no responden favorablemente al tratamiento endodóntico convencional. Aunque históricamente se ha considerado que las infecciones endodónticas son de origen bacteriano, estudios recientes han ampliado el espectro etiológico al incluir hongos, en particular levaduras del género *Candida*, como agentes patógenos relevantes en la etiopatogenia de las infecciones persistentes. Al igual que *Enterococcus faecalis*, *C. albicans* presenta una elevada capacidad de adaptación a condiciones ambientales hostiles, lo que le permite sobrevivir en infecciones monomicrobianas y en ambientes con escasa disponibilidad de nutrientes. Esta levadura puede crecer en un amplio rango de pH, incluso en medios altamente alcalinos, lo que representa un desafío terapéutico, ya que reduce la efectividad del hidróxido de calcio, uno de los agentes más comúnmente utilizados en la medicación

intracanal. Su resistencia fisiológica a medios extremos contribuye a su permanencia en el sistema de conductos, aun después de procedimientos de desinfección intensivos. Uno de los factores determinantes en su capacidad de persistencia es su habilidad para invadir los túbulos dentinarios. Esta invasión representa un mecanismo de evasión frente a los tratamientos antimicrobianos, ya que estas zonas del tejido dentinario son de difícil acceso para los irrigantes y agentes farmacológicos. En estos microambientes protegidos, *C. albicans* encuentra no solo un refugio físico, sino también nutrientes derivados de la matriz dentinaria, como el colágeno. La formación de biopelículas por parte de *C. albicans* en las paredes del conducto radicular y otras superficies biológicas o inertes constituye otro de sus mecanismos clave de supervivencia. Estas biopelículas actúan como una estructura protectora frente a la acción de agentes antimicrobianos, lo que disminuye la eficacia de la irrigación convencional y dificulta su erradicación completa. Esta capacidad biofilmogénica, ampliamente reconocida en entornos clínicos, se ha vinculado con infecciones fúngicas de difícil resolución en otros sistemas del cuerpo humano, y tiene implicaciones directas en la odontología, particularmente en la endodoncia. Desde el punto de vista bioquímico, *C. albicans* produce una serie de factores de virulencia que potencian su patogenicidad en el entorno endodóntico. Entre ellos, destacan las enzimas colagenolíticas, responsables de la degradación del colágeno de la dentina humana, lo que no solo facilita su penetración tisular, sino que también favorece la progresión destructiva de la infección. Asimismo, secreta proteinasas y fosfolipasas que alteran las barreras defensivas del huésped y contribuyen a la evasión del sistema inmune. El aislamiento de *Candida albicans* en casos de retratamiento o en infecciones endodónticas crónicas refuerza la necesidad de adoptar un enfoque terapéutico más integral, que contemple no solo el control de bacterias, sino también de microorganismos eucariotas como las levaduras. Su resistencia a diversos antifúngicos de uso común ha motivado la exploración de protocolos de desinfección alternativos y la posible incorporación de agentes antifúngicos específicos en la medicación intracanal. Esto resulta especialmente relevante en casos clínicos con antecedentes de fracaso terapéutico, donde la colonización fúngica puede estar implicada en la persistencia de la sintomatología y en la falta de

resolución de las lesiones periapicales. En este escenario, la identificación oportuna de *C. albicans*, junto con la selección adecuada de protocolos terapéuticos que incluyan acciones antimicóticas, puede ser determinante para el éxito del tratamiento endodóntico, especialmente en escenarios clínicos complejos o recidivantes (20).

5.1.3. Conos de gutapercha

5.1.3.1. Descripción y características

5.1.3.1.1. Composición

Los conos de gutapercha utilizados en la obturación de conductos radiculares están compuestos principalmente por un polímero natural derivado del látex extraído de árboles pertenecientes a la familia *Sapotaceae*, especialmente del género *Palaquium*. Este material, conocido como gutapercha, es un polímero de trans-1,4-policisopreno que presenta propiedades físicas y químicas que lo hacen adecuado para aplicaciones médicas y odontológicas, particularmente en endodoncia. Desde el punto de vista estructural, los conos de gutapercha comerciales se componen de una fase orgánica y una fase inorgánica. La porción inorgánica está integrada fundamentalmente por óxido de zinc (ZnO) y sulfato de bario (BaSO₄). El óxido de zinc cumple funciones antimicrobianas, además de contribuir a la rigidez del material, mientras que el sulfato de bario actúa como agente radiopaco, permitiendo visualizar el cono en las imágenes radiográficas durante y después del procedimiento de obturación. La fase orgánica está constituida por la gutapercha propiamente dicha, así como por una mezcla de ceras, resinas naturales o sintéticas, que cumplen la función de aglutinantes, plastificantes y modificadores de la textura del material. La proporción entre estos componentes varía según el fabricante y la formulación específica del producto, lo cual influye de manera directa sobre las propiedades físico-mecánicas del cono. Factores como la rigidez, la resistencia a la tracción, la elasticidad, la fragilidad y la capacidad de adaptación a la anatomía del conducto están determinados por la composición del cono, así como por su forma de manufactura y las condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, un mayor contenido de gutapercha y ceras puede conferir mayor flexibilidad, facilitando la adaptación a conductos curvos, mientras que una mayor proporción de óxido

de zinc puede aumentar la rigidez, pero también la fragilidad del cono. Asimismo, la radiopacidad del cono está directamente relacionada con la cantidad de compuestos como el sulfato de bario y otros agentes opacificantes que permiten la correcta evaluación radiográfica del sellado radicular. Esta propiedad es fundamental para la verificación del nivel de obturación, la detección de vacíos y la identificación de posibles sobreobturaciones o subobturaciones. Desde un enfoque clínico, es esencial comprender que la selección del tipo de cono debe basarse no solo en el tamaño y forma requeridos por el sistema de instrumentación utilizado, sino también en las características fisicoquímicas del material, ya que estas inciden en la facilidad de manipulación, la precisión del sellado y la estabilidad a largo plazo del tratamiento endodóntico. Por ello, el conocimiento detallado de la composición y comportamiento de los conos de gutapercha resulta clave para optimizar los resultados terapéuticos en endodoncia moderna (21).

5.1.3.1.2. Propiedades

Los conos de gutapercha son ampliamente reconocidos en la práctica endodóntica como el material de elección para la obturación del sistema de conductos radiculares, debido a su conjunto de propiedades físico-químicas y biológicas que contribuyen significativamente al éxito del tratamiento. Estas características hacen que la gutapercha no solo cumpla con los requisitos funcionales necesarios para sellar el conducto, sino que también proporcione un entorno favorable para la conservación de los tejidos periapicales. Una de las propiedades más destacadas de la gutapercha es su biocompatibilidad. Al ser un material inerte, no induce respuestas inmunológicas ni reacciones inflamatorias significativas cuando está en contacto con los tejidos periapicales, lo que reduce el riesgo de efectos adversos posteriores a la obturación. Esta biocompatibilidad es especialmente importante en casos donde puede haber extrusión del material más allá del foramen apical. La estabilidad dimensional es otra cualidad fundamental. A diferencia de otros materiales que pueden experimentar expansión o contracción significativa, los conos de gutapercha mantienen su forma y tamaño una vez colocados en el conducto, lo que contribuye a preservar la integridad del sellado tridimensional a lo largo del tiempo. Esta característica es esencial para evitar

la formación de espacios vacíos que podrían permitir la reentrada de microorganismos y la eventual reinfección del conducto. En cuanto a su radiopacidad, la gutapercha incorpora agentes opacificantes, como el sulfato de bario, que permiten su visualización en las imágenes radiográficas. Esta propiedad facilita la evaluación clínica inmediata de la calidad de la obturación, permitiendo al operador confirmar la longitud de trabajo, la adaptación del material a las paredes del conducto y la detección de posibles defectos como vacíos, sobreobturaciones o subobturaciones. Otra propiedad clínica relevante es su termoplasticidad, es decir, su capacidad para ablandarse al ser calentada, lo que permite adaptarla mejor a las irregularidades del sistema de conductos. Esta cualidad ha dado lugar a diversas técnicas de obturación, como la condensación vertical caliente o los sistemas de inyección térmica, que buscan lograr un sellado tridimensional más efectivo, especialmente en conductos con anatomías complejas. Además, la gutapercha puede ser retirada con relativa facilidad del conducto radicular durante procedimientos de retratamiento endodóntico, lo que representa una ventaja significativa frente a otros materiales más difíciles de remover. Esta propiedad facilita el acceso al sistema radicular en caso de necesidad de retratamiento sin dañar excesivamente las paredes dentinarias. Finalmente, se le atribuye una leve actividad antibacteriana, principalmente relacionada con la presencia de óxido de zinc en su composición. Aunque esta acción es limitada en comparación con otros agentes antimicrobianos, puede contribuir a disminuir la carga microbiana residual dentro del conducto. Estas propiedades, en conjunto, explican por qué la gutapercha continúa siendo el estándar de referencia para la obturación endodóntica, siendo compatible con una amplia variedad de técnicas clínicas y combinaciones con diferentes tipos de selladores radiculares (21).

La gutapercha (GP) se ha consolidado como el material de obturación más utilizado en endodoncia debido a una combinación de propiedades técnicas, clínicas y económicas que la hacen altamente funcional y adaptable a diversas situaciones operatorias. Su disponibilidad en el mercado, en múltiples presentaciones y calibres compatibles con los sistemas de instrumentación actuales, facilita su integración en distintos protocolos clínicos, desde

técnicas convencionales hasta métodos de obturación térmica más avanzados. Una de las ventajas clave de la gutapercha es su facilidad de manipulación. Este material presenta una consistencia y plasticidad que permiten su colocación precisa dentro del sistema de conductos, ya sea mediante técnicas de condensación en frío o caliente. Su maleabilidad, particularmente cuando se calienta, permite una adaptación más precisa a las irregularidades anatómicas del conducto, contribuyendo a un sellado tridimensional más efectivo. Desde el punto de vista químico, la gutapercha se considera un material inerte. Esta inercia química garantiza que no reaccione de forma adversa con los tejidos circundantes ni con otros materiales utilizados durante el tratamiento, como los irrigantes, medicamentos intracanal o selladores. Esta estabilidad contribuye a preservar la biocompatibilidad general del procedimiento y reduce el riesgo de efectos colaterales a nivel periapical. Además, la rentabilidad del material representa un factor relevante para su uso extendido en la práctica clínica. En comparación con otros sistemas de obturación más complejos o con materiales alternativos, la gutapercha ofrece una excelente relación costo-beneficio, lo cual es especialmente importante en entornos clínicos con limitaciones de recursos o en tratamientos de alto volumen. La evolución de las técnicas de obturación ha ido de la mano con las propiedades de la gutapercha. Métodos como la técnica de ola continua de condensación, la obturación mediante sistemas termoplásticos inyectables y la técnica híbrida han sido desarrollados para aprovechar al máximo las características de este material. Estas innovaciones han permitido una mayor estandarización de los procedimientos, facilitando su aplicación incluso por operadores en formación, sin comprometer la calidad del sellado radicular. La combinación de estas cualidades —disponibilidad, manejabilidad, estabilidad química, bajo costo y compatibilidad con técnicas modernas— ha convertido a la gutapercha en un recurso insustituible dentro del arsenal terapéutico del endodoncista. Su permanencia como material de elección refleja no solo su eficacia comprobada a lo largo del tiempo, sino también su capacidad de adaptarse a los avances tecnológicos y a las exigencias de la práctica clínica contemporánea (9).

5.1.3.1.3. Clasificación de los conos

Los conos de gutapercha pueden ser de dos configuraciones en función de su uso:

- Tradicionales, se adaptan a la forma percibida del conducto, más utilizado en la técnica de obturación vertical.

Estandarizados, son aquellos que se fabrican del mismo tamaño del instrumento endodóntico, según el ISO, y son utilizados en las obturaciones de condensación lateral (22).

A su vez los conos estandarizados pueden dividirse en:

- Tipo I: Principales También llamados conos maestros, que generalmente son los que llenan la mayor parte del conducto radicular y presentan mejor adaptación a nivel del tercio apical del conducto radicular.
- Tipo II: Accesorios Son utilizados para llenar, juntamente con la condensación lateral activa, los espacios existentes entre el cono principal y las paredes del conducto radicular (6).

5.1.3.1.3.1. Ventajas y desventajas

- **Ventajas de los conos de gutapercha**
 - Pueden ser compactados y se adaptan bien a las irregularidades del conducto.
 - Pueden ser ablandados y convertidos en un material plástico mediante el calor o solventes comunes (eucaliptol, cloroformo, xilol)
 - Son inertes.
 - Poseen estabilidad dimensional.
 - Son tolerados por los tejidos (no alergénicos)
 - No alteran la coloración de los dientes.
 - Son radiopacos.
 - Pueden ser retirados fácilmente del interior del conducto cuando es necesario (23).

- **Desventajas de los conos de gutapercha**

- Carecen de rigidez.
- Carecen de adherencia.
- Pueden ser desplazados fácilmente mediante presión. Puesto que, no hay control en la longitud de la obturación por lo que es necesario un tope apical efectivo.
- Difícil esterilización química o por calor (23).

5.1.3.1.4. Contaminación de los conos de gutapercha

Los conos de gutapercha, ampliamente utilizados en la obturación del sistema de conductos radiculares, presentan en su composición una actividad antimicrobiana intrínseca, atribuida principalmente al óxido de zinc (ZnO), componente inorgánico con reconocidas propiedades bacteriostáticas y bactericidas. Este efecto inhibitorio resulta clínicamente relevante al considerar que los conos son introducidos en un ambiente previamente desinfectado, donde su capacidad para limitar la proliferación microbiana puede actuar como un factor adicional de protección contra posibles reinfecciones postoperatorias. Sin embargo, pese a esta propiedad, distintos estudios han puesto en duda la esterilidad de los conos de gutapercha directamente desde su envase original. Investigaciones microbiológicas han evidenciado que entre el 8% y el 20% de los conos extraídos de paquetes sellados exhibieron crecimiento bacteriano al ser sembrados en medios de cultivo, lo que indica una posible contaminación que podría originarse durante las etapas de manufactura, empaquetado o transporte. Esta situación pone de manifiesto que, aunque estos productos se consideran de bajo riesgo microbiológico, su condición de esterilidad no puede ser asumida como garantizada. En contraposición, otras investigaciones han demostrado la ausencia de contaminación microbiana en conos obtenidos directamente de envases sellados, sugiriendo que los procesos industriales pueden ser eficaces en garantizar productos asépticos, siempre que se cumplan estándares rigurosos de calidad. La disparidad en los resultados obtenidos en la literatura científica puede explicarse por diversas variables, tales como las diferencias en las técnicas de muestreo, la sensibilidad de los métodos microbiológicos

empleados, las condiciones ambientales del análisis y las normativas de producción aplicadas por cada fabricante. Independientemente del estado microbiológico inicial del producto, existe consenso en que la apertura del empaque y la manipulación clínica constituyen momentos críticos que elevan significativamente el riesgo de contaminación. Factores como la exposición a aerosoles generados durante procedimientos operatorios, el contacto con superficies no estériles o la manipulación directa con guantes no desinfectados pueden introducir microorganismos en la superficie de los conos. Este riesgo se ve amplificado si no se emplean barreras adecuadas, como pinzas estériles, bandejas de aislamiento o técnicas de campo quirúrgico. Por tal motivo, se ha promovido el uso de protocolos de desinfección rápida y efectiva antes de la inserción del cono en el conducto radicular. Diversas soluciones han sido evaluadas con este propósito, incluyendo hipoclorito de sodio en concentraciones del 1% al 5,25%, alcohol isopropílico al 70%, y clorhexidina al 2%, entre otros. Estos agentes permiten una descontaminación efectiva en tiempos cortos (entre 30 segundos y 3 minutos), sin comprometer la integridad físico-química del material ni alterar sus propiedades de sellado, adaptabilidad o radiopacidad. La evidencia disponible respalda la necesidad de incorporar la desinfección previa de los conos de gutapercha como una etapa indispensable en el protocolo endodóntico, especialmente en escenarios clínicos donde la reinfeción puede comprometer la prognosis del tratamiento. Esta práctica no solo minimiza el riesgo de contaminación iatrogénica, sino que también refuerza la seguridad microbiológica del procedimiento, contribuyendo a mejorar los índices de éxito a largo plazo en endodoncia (8).

La contaminación microbiana de los conos de gutapercha puede producirse no solo durante su fabricación o en el momento de apertura del envase, sino también como resultado de múltiples factores asociados a su manipulación en el entorno clínico. Elementos como el contacto manual directo, la exposición a aerosoles generados por procedimientos odontológicos, y las condiciones físicas del lugar de almacenamiento, representan vías potenciales de ingreso de microorganismos al material obturador, comprometiendo así la asepsia del tratamiento endodóntico. Durante la manipulación, especialmente si no se

emplean instrumentos estériles o guantes limpios, existe un riesgo significativo de transferencia de bacterias desde las manos del operador, bandejas contaminadas o instrumentos no esterilizados hacia la superficie del cono. Incluso pequeñas partículas de bioaerosol generadas por el uso de turbinas, ultrasonidos o jeringas triple pueden depositarse sobre los conos si estos permanecen expuestos en bandejas clínicas sin protección adecuada. Asimismo, las condiciones físicas del almacenamiento juegan un papel crucial en la integridad microbiológica de los conos de gutapercha. Factores como la humedad ambiental, la temperatura, la exposición a la luz, y especialmente el uso de contenedores no estériles o el reingreso de conos usados al paquete original, pueden favorecer la proliferación de microorganismos. La ausencia de un sistema de almacenamiento cerrado o estéril facilita la contaminación cruzada, sobre todo en clínicas de alto flujo o con múltiples operadores. El carácter termoestable de la gutapercha impide su esterilización mediante métodos tradicionales como el autoclave, por lo que cualquier contaminación adquirida tras la apertura del empaque puede persistir y, eventualmente, introducir microorganismos dentro del conducto radicular durante la obturación. Por ello, se ha recomendado la implementación de protocolos de desinfección rápida antes de su inserción, así como el uso de dispensadores estériles o el manejo individual de los conos con pinzas previamente desinfectadas. Considerando la importancia del sellado apical hermético en la prevención de la reinfección del sistema de conductos, garantizar que el material obturador se mantenga libre de microorganismos desde su empaque hasta su inserción final constituye un paso crítico en la cadena de bioseguridad endodóntica (24).

5.1.4. Desinfección de los conos de gutapercha

La esterilización de los instrumentos y materiales empleados en el tratamiento endodóntico constituye un pilar esencial dentro del protocolo clínico orientado a mantener la cadena de asepsia. Dada la naturaleza invasiva del procedimiento y la alta susceptibilidad del sistema de conductos radiculares a la reinfección, cualquier brecha en el control microbiológico puede comprometer el resultado terapéutico, favorecer la persistencia de patógenos y dar lugar a fracasos clínicos a largo plazo. El sistema de conductos representa una estructura anatómica intrincada,

conformada por canales principales, colaterales, istmos, túbulos dentinarios y ramificaciones apicales, que ofrecen refugio a comunidades microbianas altamente organizadas, muchas de ellas resistentes a los agentes desinfectantes convencionales. Tras la limpieza y conformación del conducto, la introducción de un instrumento o material contaminado, incluso en condiciones clínicas aparentemente controladas, puede reintroducir microorganismos en un ambiente previamente desinfectado, interrumpiendo el proceso de cicatrización periapical y dificultando la resolución de la lesión. La esterilización, entendida como la eliminación completa de todas las formas de vida microbiana, incluyendo bacterias vegetativas, esporas, virus y hongos, debe ser aplicada a todo el instrumental reutilizable que entra en contacto con los tejidos internos del diente. En este sentido, el método de elección en la práctica odontológica es la esterilización por calor húmedo mediante autoclave, el cual, bajo condiciones adecuadas de presión (15 psi), temperatura (121–134 °C) y tiempo (15–30 minutos, según el ciclo), garantiza una descontaminación efectiva sin comprometer la integridad estructural del instrumental metálico. Para aquellos materiales que no pueden someterse a altas temperaturas sin sufrir alteraciones físicas o químicas, como los conos de gutapercha, puntas de papel absorbente o algunos selladores endodónticos, se han establecido protocolos de desinfección química rápida. Estos procedimientos emplean soluciones antimicrobianas como el hipoclorito de sodio (NaOCl) en concentraciones entre 1–5,25%, clorhexidina al 2% o alcohol isopropílico al 70%. Dichos agentes, aplicados mediante inmersión durante intervalos breves (30 segundos a 3 minutos, según el protocolo), han demostrado ser efectivos para eliminar patógenos sin afectar las propiedades funcionales de los materiales. Esta práctica resulta particularmente importante si se considera que la esterilidad de los productos recién extraídos de sus empaques no puede asumirse como absoluta. La eficacia de estas medidas depende, además, de una implementación coherente de todo el sistema de control de infecciones en el entorno clínico. Esto incluye el uso riguroso del aislamiento absoluto mediante dique de goma, la manipulación con instrumentos estériles, el empleo de campos operatorios desechables o esterilizados, y la desinfección continua de superficies clínicas. La ruptura de cualquiera de estos eslabones puede permitir la entrada de contaminantes que interfieran con el éxito del procedimiento. En un contexto en el que la endodoncia moderna exige una desinfección máxima del sistema de conductos y un control riguroso del entorno

microbiológico, la esterilización y desinfección de instrumentos y materiales no deben ser entendidas como medidas complementarias, sino como parte integral del tratamiento. Su correcta ejecución garantiza no solo la seguridad del paciente, sino también la viabilidad biológica y funcional del diente tratado, contribuyendo a la obtención de resultados clínicos exitosos y sostenibles (12).

5.1.4.1. Limitaciones de la esterilización térmica

El proceso convencional de esterilización, basado en métodos físicos como el calor húmedo (autoclave) o el calor seco (estufas de esterilización), resulta inaplicable a los conos de gutapercha (GP) debido a la termoplaticidad intrínseca de este material. La exposición a temperaturas elevadas provoca alteraciones físico-químicas irreversibles que comprometen su integridad estructural, tales como deformación, pérdida de elasticidad, reblandecimiento, fusión parcial o incluso la degradación de sus componentes. Estas modificaciones afectan directamente su comportamiento clínico, particularmente su capacidad de adaptación al conducto radicular y su función en el sellado tridimensional del sistema, lo cual puede impactar negativamente en el pronóstico terapéutico de la endodoncia. La gutapercha está compuesta por una matriz orgánica conformada por polímeros naturales, ceras, resinas, y una fracción inorgánica que incluye óxido de zinc (ZnO) y sulfato de bario ($BaSO_4$), compuestos que le otorgan propiedades antibacterianas y radiopacidad, respectivamente. Sin embargo, esta composición le confiere también una sensibilidad térmica significativa, que impide su exposición a temperaturas superiores a los rangos clínicamente seguros sin poner en riesgo sus propiedades mecánicas esenciales como la flexibilidad, rigidez controlada, y capacidad de obturación precisa. Desde el punto de vista clínico, una limitante adicional es la imposibilidad de anticipar la cantidad exacta o el calibre de los conos de gutapercha que serán necesarios en cada tratamiento. Durante la obturación del sistema de conductos, el profesional frecuentemente manipula varios conos — probando longitudes, adaptaciones y conformaciones—, lo que implica abrir paquetes múltiples y colocar los conos sobre bandejas operatorias, a menudo expuestas al entorno clínico. Esta manipulación reiterada incrementa significativamente el riesgo de contaminación por aerosoles, contacto cruzado con superficies no estériles o utilización de instrumentos no debidamente

desinfectados. Ante este riesgo, la implementación de protocolos de desinfección química rápida se ha convertido en una necesidad ineludible dentro del procedimiento endodóntico moderno. Estos protocolos permiten descontaminar de manera eficaz los conos de gutapercha justo antes de su inserción en el sistema radicular, sin comprometer su funcionalidad. Para tal fin, se han propuesto diversas soluciones desinfectantes, entre las cuales destacan el hipoclorito de sodio (NaOCl) en concentraciones que oscilan entre el 1% y el 5,25%, el alcohol isopropílico al 70%, la clorhexidina al 2% y soluciones iodadas como la povidona yodada. Estas sustancias han demostrado ser efectivas frente a un amplio espectro de microorganismos, incluyendo bacterias grampositivas, gramnegativas, hongos e incluso algunas esporas bacterianas. El protocolo más aceptado consiste en sumergir el cono en la solución desinfectante elegida por un tiempo mínimo de 30 segundos y máximo de 1 minuto, seguido de un enjuague cuidadoso con agua estéril o solución salina isotónica, con el objetivo de eliminar cualquier residuo químico que pudiera interferir con el sellado del conducto. Posteriormente, se recomienda secar el cono utilizando gasas estériles o papel absorbente no contaminado antes de su inserción definitiva. Incorporar este procedimiento en la rutina clínica endodóntica representa una estrategia eficaz para fortalecer el control microbiológico durante la fase final del tratamiento. La desinfección química rápida y controlada de los conos de gutapercha permite minimizar el riesgo de reinfeción del conducto radicular, optimizar el resultado clínico y garantizar una mayor predictibilidad en la conservación del diente tratado. Por tanto, su implementación no solo es recomendable, sino fundamental dentro de un enfoque integral de bioseguridad en endodoncia (24).

5.1.4.2. Métodos de desinfección química en odontología

Diversos agentes químicos han sido evaluados con el propósito de desinfectar eficazmente los conos de gutapercha (GP) en el contexto clínico, considerando que estos materiales no pueden ser sometidos a esterilización térmica debido a su sensibilidad al calor. Entre los compuestos más comúnmente estudiados se encuentran el hipoclorito de sodio (NaOCl), el glutaraldehído, el alcohol, los compuestos yodados y el peróxido de hidrógeno, todos ellos con distintas capacidades antimicrobianas y perfiles de actuación frente a diversas formas

microbianas. El tiempo requerido para lograr una desinfección efectiva mediante estos agentes varía considerablemente según la concentración, el tipo de microorganismo y la naturaleza de la superficie del cono. Mientras algunos productos logran eliminar microorganismos en cuestión de segundos, otros requieren periodos de exposición más prolongados para alcanzar niveles aceptables de eficacia. El hipoclorito de sodio al 5,25 % ha demostrado ser uno de los agentes más eficaces para la desinfección rápida y de alto nivel de conos de gutapercha. Su acción oxidativa potente permite eliminar en pocos segundos una amplia gama de bacterias, hongos y virus, incluyendo formas resistentes como *Enterococcus faecalis*. No obstante, su uso requiere precaución debido a su potencial efecto sobre las propiedades superficiales del cono si se expone por tiempo excesivo, por lo que se recomienda limitar su aplicación a tiempos breves, generalmente entre 30 segundos y 1 minuto. La clorhexidina (CHX) al 2 % ha mostrado también una alta eficacia frente a formas vegetativas bacterianas en tiempos relativamente cortos. Sin embargo, estudios han evidenciado que este agente no es capaz de eliminar esporas bacterianas resistentes, como las de *Bacillus subtilis*, dentro de los intervalos de tiempo evaluados. Este hallazgo subraya la importancia de seleccionar el desinfectante no solo por su acción frente a bacterias comunes, sino también por su capacidad para actuar sobre formas de resistencia microbiana cuando sea necesario. El glutaraldehído, aunque reconocido como un desinfectante de alto nivel en la esterilización de instrumental médico, presenta limitaciones para su uso inmediato en clínica debido a sus tiempos de acción más prolongados y su toxicidad potencial. Del mismo modo, el peróxido de hidrógeno y los compuestos yodados han mostrado eficacia variable según la concentración empleada y la resistencia de los microorganismos presentes, siendo menos consistentes en su acción frente a biopelículas o estructuras más resistentes. El alcohol isopropílico, por su parte, ha sido propuesto como una alternativa accesible para la desinfección de conos, pero su eficacia es inferior frente a agentes más potentes como el NaOCl o la CHX, y puede requerir tiempos de exposición mayores para obtener un efecto antimicrobiano significativo. La selección del agente desinfectante más adecuado para los conos de gutapercha debe considerar un equilibrio entre su eficacia microbiológica, el tiempo de acción requerido y la compatibilidad con las propiedades físico-mecánicas del

material. Asimismo, el protocolo clínico debe incluir el enjuague posterior del cono con solución estéril o salina y su secado cuidadoso antes de su inserción en el conducto radicular, con el fin de evitar la introducción de residuos químicos que puedan interferir con la adhesión del sellador u ocasionar irritación tisular (9).

Aunque la clorhexidina, el hipoclorito de sodio y el alcohol —en diversas concentraciones y presentaciones— se encuentran entre las soluciones más comúnmente empleadas para la desinfección de conos de gutapercha, no existe hasta la fecha un consenso definitivo en la literatura sobre cuál de ellas representa la opción más eficaz ni cuál es el tiempo de exposición óptimo para garantizar una desinfección completa sin comprometer las propiedades del material. Numerosos estudios han investigado la eficacia de estos agentes frente a diferentes microorganismos asociados a contaminaciones clínicas, como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* y *Pseudomonas aeruginosa*, entre otros. Sin embargo, los resultados obtenidos han sido heterogéneos, en parte debido a diferencias en las metodologías de investigación, las cepas microbianas utilizadas, las condiciones de exposición, y los métodos de evaluación microbiológica (cultivo tradicional vs. técnicas moleculares). El hipoclorito de sodio (NaOCl), particularmente en concentraciones del 5,25 %, ha demostrado una acción antimicrobiana rápida y de amplio espectro, eliminando de forma efectiva bacterias vegetativas y algunas formas resistentes en tiempos cortos (30 segundos a 1 minuto). No obstante, existe preocupación sobre sus posibles efectos adversos en la estructura superficial del cono, especialmente si se prolonga su exposición, lo que podría afectar la adhesión del sellador radicular. La clorhexidina (CHX), en concentraciones del 2 %, ha mostrado una eficacia significativa contra la mayoría de las bacterias orales, aunque con menor capacidad para eliminar esporas bacterianas como las de *Bacillus subtilis*. Además, su propiedad de adsorberse en superficies dentales y materiales sintéticos le confiere un efecto residual que podría ser beneficioso, aunque su interacción con otros irrigantes o selladores sigue siendo objeto de estudio. El alcohol isopropílico, generalmente al 70 %, es otra opción frecuentemente utilizada en el entorno clínico por su accesibilidad y rapidez de acción, aunque su eficacia puede ser limitada frente a ciertos microorganismos, y su acción puede requerir tiempos de contacto más prolongados para alcanzar niveles

comparables a los de la CHX o el NaOCl. Pese al uso extendido de estas soluciones, aún no se ha establecido de forma estandarizada un protocolo universalmente aceptado que indique con precisión la concentración ideal, el tiempo mínimo de inmersión y los pasos posteriores necesarios para garantizar la esterilidad de los conos de gutapercha sin comprometer su integridad. Esta falta de uniformidad clínica resalta la necesidad de continuar desarrollando investigaciones comparativas con diseños metodológicos controlados que permitan definir recomendaciones claras y reproducibles para su aplicación en la práctica odontológica. La ausencia de una directriz única también ha llevado a que muchos profesionales adopten protocolos empíricos o adaptados a la disponibilidad de recursos, lo que podría introducir variaciones en los resultados clínicos y en el control microbiológico a largo plazo. En este contexto, la elección del agente desinfectante y del tiempo de exposición debe considerar tanto la evidencia científica disponible como las particularidades del caso clínico, con el objetivo de mantener la cadena de asepsia durante la fase crítica de la obturación endodóntica (12)

5.1.4.3. Criterios de un desinfectante ideal en endodoncia

En el contexto de la práctica endodóntica contemporánea, la eficiencia operativa se ha convertido en un componente fundamental para el éxito clínico, especialmente en entornos donde el tiempo y los recursos son limitados. La tendencia hacia tratamientos más breves, pero igual de efectivos, ha impulsado la necesidad de integrar protocolos que se adapten sin fricciones al flujo de trabajo clínico, manteniendo altos estándares de bioseguridad y calidad terapéutica. En este escenario, la desinfección de los conos de gutapercha debe abordarse no solo desde la perspectiva microbiológica, sino también desde la logística práctica, considerando factores como duración del procedimiento, facilidad de ejecución, compatibilidad con los materiales, accesibilidad y costo. En situaciones clínicas con alta demanda asistencial, un protocolo que requiera varios minutos por cada cono, soluciones costosas o múltiples etapas puede resultar inviable y hasta contraproducente. De allí que los métodos más valorados por la literatura y por los profesionales sean aquellos que logran una desinfección efectiva con una mínima inversión de tiempo y recursos, sin comprometer las propiedades del material ni interferir con los resultados de la obturación. El hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25 % y la clorhexidina (CHX)

al 2 % se han consolidado como los agentes desinfectantes más utilizados en la desinfección de conos de gutapercha debido a su comprobada efectividad antimicrobiana en tiempos de exposición tan breves como 30 segundos a 1 minuto. Ambos agentes se encuentran ampliamente disponibles en la práctica odontológica y son empleados rutinariamente durante otras etapas del tratamiento endodóntico, lo que elimina la necesidad de adquirir o introducir nuevos productos en la clínica. Su uso también se ajusta a la realidad operativa del consultorio, permitiendo la desinfección de los conos mientras se desarrollan otras fases del procedimiento, sin generar demoras significativas. Es igualmente relevante considerar la etapa posterior al contacto con el agente químico. Tras la inmersión en la solución desinfectante, los conos deben ser enjuagados con agua destilada o solución salina estéril para remover residuos que puedan interferir con la adhesión del sellador endodóntico. Posteriormente, se realiza un secado rápido con gasas estériles o papel absorbente, un paso que puede integrarse sin dificultades en el flujo clínico. Esta secuencia operativa asegura que el cono esté libre de contaminantes y listo para su colocación en el conducto, manteniendo la eficiencia del tratamiento y evitando la alteración de las propiedades del material. Adoptar protocolos estandarizados de desinfección que combinen eficacia microbiológica con factibilidad clínica es un paso crucial hacia una endodoncia más segura y predecible. No se trata solo de seleccionar el desinfectante más potente, sino de aplicar un enfoque integral que contemple los factores reales de la práctica diaria. Así, la investigación en esta área debe seguir avanzando en el desarrollo y validación de estrategias rápidas, accesibles y compatibles con los flujos clínicos, que no solo cumplan con los criterios de desinfección, sino que optimicen la experiencia operatoria y refuercen la confianza del paciente en el tratamiento recibido (19).

5.1.5. Agentes desinfectantes

5.1.5.1. Clorhexidina

5.1.5.1.1. Estructura y antecedentes históricos

La clorhexidina es un compuesto antiséptico ampliamente utilizado en diversas disciplinas médicas y odontológicas debido a su eficacia antimicrobiana, su amplio espectro de acción y su aceptable perfil de seguridad. Desde el punto de vista químico, se trata de una molécula bicatiónica simétrica, estructurada en torno a una cadena central de decametileno que conecta dos grupos bisguanida, los cuales a su vez están unidos a dos anillos clorofenilos. Esta configuración molecular —conocida como clorofenil bisguanida— le confiere propiedades tanto hidrofílicas como lipofílicas, facilitando su interacción con las membranas celulares bacterianas y, por ende, su acción bactericida. El desarrollo de la clorhexidina se remonta a la década de 1940, cuando científicos de la empresa Imperial Chemical Industries (ICI) en Inglaterra emprendieron investigaciones orientadas al tratamiento de la malaria. Durante estos estudios, se sintetizó un grupo de compuestos conocidos como polibiguanidas, que inicialmente no mostraron utilidad como antipalúdicos, pero revelaron un potente efecto antimicrobiano. A partir de este hallazgo, se desarrolló la clorhexidina como un antiséptico tópico, siendo lanzada al mercado por primera vez en 1954 para el tratamiento de heridas cutáneas. Posteriormente, su uso se expandió al ámbito hospitalario, donde fue incorporada tanto en la desinfección prequirúrgica de la piel del paciente como en la antisepsia de las manos del cirujano, convirtiéndose en un recurso indispensable en el control de infecciones nosocomiales. Su eficacia frente a bacterias grampositivas y gramnegativas, hongos y algunos virus, así como su capacidad de adsorberse a las superficies biológicas y mantener un efecto residual prolongado, facilitaron su adopción en múltiples aplicaciones clínicas. En odontología, la clorhexidina fue introducida inicialmente como enjuague bucal para el control de la placa bacteriana y la prevención de enfermedades periodontales. Su acción sustantiva, es decir, su capacidad de fijarse a las mucosas orales y liberarse de forma gradual, la convirtió en uno de los antisépticos de elección en tratamientos postoperatorios, prevención de infecciones orales y manejo de la

mucositis. Más adelante, su aplicación se extendió a la endodoncia, donde comenzó a utilizarse como irrigante intracanal, medicación intermedia o desinfectante de materiales como conos de gutapercha, especialmente en concentraciones al 0,2 % hasta el 2 %. En el ámbito endodóntico, la clorhexidina se valora no solo por su acción antimicrobiana frente a microorganismos persistentes como *Enterococcus faecalis*, sino también por su biocompatibilidad y su actividad residual dentro del sistema de conductos radiculares. No obstante, se ha señalado que su principal limitación es la incapacidad para disolver tejido orgánico, lo que ha llevado a emplearla como complemento y no como sustituto del hipoclorito de sodio en la irrigación endodóntica. A lo largo del tiempo, la clorhexidina ha demostrado ser una herramienta versátil y eficaz dentro del arsenal terapéutico odontológico, con aplicaciones que abarcan desde la antisepsia superficial hasta la desinfección profunda en procedimientos endodónticos, contribuyendo de manera significativa a la prevención y control de infecciones en el entorno clínico (25).

5.1.5.1.2. Mecanismo de acción

El mecanismo de acción antimicrobiano de la clorhexidina se basa en una serie de interacciones bioquímicas dirigidas principalmente a la membrana y pared celular de los microorganismos. Como molécula bicatiónica, la clorhexidina presenta una alta afinidad por las superficies cargadas negativamente, como es el caso de las membranas celulares bacterianas, lo que le permite unirse de manera rápida y selectiva a estas estructuras. Inicialmente, la clorhexidina actúa mediante la adsorción a la superficie celular bacteriana, facilitada por sus grupos catiónicos, lo que altera la carga superficial de la membrana y desestabiliza su integridad estructural. Esta interacción conduce a la ruptura de las barreras de permeabilidad, lo que provoca un aumento en la permeabilidad celular y la posterior filtración de componentes intracelulares esenciales, como potasio, fósforo, nucleótidos y enzimas citoplasmáticas, afectando directamente la homeostasis de la célula. A medida que la concentración de clorhexidina aumenta, su efecto se vuelve más profundo. En concentraciones más altas, el compuesto penetra a través de la membrana plasmática y alcanza el citoplasma, donde precipita proteínas intracelulares, interfiere en la actividad enzimática y altera los procesos metabólicos esenciales para la supervivencia y replicación del microorganismo. Esta precipitación proteica tiene un efecto bactericida irreversible, al inactivar funciones vitales que conducen a la muerte celular. La efectividad de la clorhexidina es claramente dependiente de su concentración. A bajas concentraciones (bacteriostáticas), su acción se limita a la alteración de la membrana y la inhibición del crecimiento bacteriano. En cambio, a concentraciones más elevadas (bactericidas), su efecto es letal debido a la penetración intracelular y la precipitación de proteínas. Esta característica ha llevado a su uso en diferentes formulaciones y aplicaciones clínicas, ajustando la concentración de acuerdo con la necesidad terapéutica: por ejemplo, al 0,12–0,2 % en enjuagues bucales, y al 2 % en irrigación y desinfección endodóntica. Otro aspecto relevante es que, tras su adsorción inicial, la clorhexidina puede permanecer adherida a las superficies biológicas y liberarse gradualmente, lo que le confiere una actividad residual prolongada, especialmente valiosa en el entorno endodóntico, donde se busca

mantener un ambiente antimicrobiano incluso después del procedimiento. El mecanismo de acción de la clorhexidina, multifacético y concentración-dependiente, explica su eficacia contra un amplio espectro de microorganismos, incluyendo bacterias grampositivas y gramnegativas, levaduras como *Candida albicans*, y algunos virus. No obstante, su incapacidad para eliminar esporas bacterianas y su limitada acción sobre biopelículas maduras han motivado su uso complementario, más que exclusivo, dentro de protocolos clínicos combinados con otros agentes antimicrobianos (26).

5.1.5.1.3. Espectro antibacteriano

Diversas investigaciones recientes han confirmado la eficacia de la clorhexidina como agente antimicrobiano en el tratamiento de infecciones endodónticas, debido a su amplio espectro de acción frente a bacterias grampositivas, gramnegativas y ciertos hongos oportunistas. En particular, la clorhexidina al 2 % ha demostrado una efectividad significativa frente a los microorganismos más frecuentemente implicados en conductos radiculares infectados, como *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, patógenos caracterizados por su capacidad de sobrevivir en ambientes desfavorables, formar biopelículas y resistir a tratamientos convencionales. Desde un punto de vista químico, la clorhexidina es una biguanida catiónica con afinidad por superficies cargadas negativamente, como las membranas celulares bacterianas y la dentina. Su mecanismo de acción se basa en la alteración de la permeabilidad de la membrana citoplasmática de las células microbianas, lo cual provoca la fuga de componentes intracelulares vitales y, finalmente, la muerte celular. En concentraciones bajas, actúa como bacteriostático, mientras que en concentraciones elevadas, como la solución al 2 %, su efecto es bactericida. Una de las propiedades más destacadas de la clorhexidina al 2 % es su actividad antimicrobiana sostenida en el tiempo, también conocida como efecto sustantivo. Esta característica le permite unirse a las paredes dentinarias, tejido colágeno, hidroxiapatita y otros sustratos presentes en el sistema de conductos radiculares, desde donde se libera lentamente, manteniendo una acción prolongada incluso después de haber sido retirada. Este efecto es clínicamente relevante, ya que puede inhibir la recolonización

microbiana entre sesiones, proteger contra la infiltración bacteriana durante el tiempo entre visitas múltiples, e incluso mejorar el pronóstico en retratamientos endodónticos donde persisten microorganismos resistentes. La capacidad de mantener un entorno desfavorable para el desarrollo microbiano a lo largo del tiempo convierte a la clorhexidina al 2 % en una herramienta valiosa para la erradicación de bacterias persistentes, que suelen ser responsables de infecciones secundarias o recidivas clínicas. Estudios han demostrado que esta solución es capaz de penetrar parcialmente en los túbulos dentinarios y ejercer su acción antimicrobiana contra microorganismos que se refugian en zonas de difícil acceso, como los istmos, ramificaciones laterales y conductos accesorios. Su uso como irrigante complementario o como desinfectante de materiales endodónticos responde a la necesidad de reforzar el control microbiológico cuando la anatomía del sistema de conductos, la resistencia bacteriana o las limitaciones del tratamiento previo impiden una desinfección completa con hipoclorito de sodio o técnicas mecánicas. Es por ello que muchos protocolos modernos incluyen la clorhexidina como irrigante final, particularmente tras el uso de NaOCl, aunque es fundamental evitar su mezcla directa con este último, ya que puede generar precipitados como la parachloroanilina (PCA), de posible toxicidad y coloración no deseada en el diente. Si bien la clorhexidina no posee capacidad para disolver tejido orgánico, a diferencia del hipoclorito de sodio, su acción bactericida prolongada y su bajo nivel de citotoxicidad han respaldado su uso dentro de protocolos combinados, particularmente en las fases finales de irrigación, para proporcionar una barrera antimicrobiana sostenida. Esta estrategia puede ser especialmente útil en la eliminación de microorganismos remanentes en zonas inaccesibles del sistema de conductos, como túbulos dentinarios profundos, áreas de reabsorción interna o externa, y regiones periapicales donde no se puede alcanzar con instrumentos convencionales. También se ha evaluado su uso en la desinfección química de materiales como conos de gutapercha y puntas de papel absorbente, que, pese a venir en envases estériles, pueden contaminarse tras su manipulación clínica. En este contexto, la clorhexidina al 2 % ha mostrado resultados favorables como agente rápido y efectivo para descontaminar dichos materiales en tiempos cortos (30 segundos a 1 minuto), siempre que se

acompañe de un enjuague posterior con solución salina estéril o agua destilada, a fin de evitar interferencias en la adhesión del sellador durante la obturación. En el contexto de la endodoncia moderna, el uso racional y estratégico de agentes antimicrobianos como la clorhexidina al 2 % permite fortalecer la eficacia del tratamiento y reducir el riesgo de fracaso terapéutico asociado a infecciones residuales o recurrentes. Su incorporación en protocolos bien estructurados, con indicaciones precisas y tiempos adecuados de aplicación, contribuye al éxito clínico, particularmente en tratamientos complejos donde la eliminación total de la carga microbiana representa un desafío importante (27).

La clorhexidina se ha consolidado como un agente antimicrobiano de amplio espectro, eficaz frente a múltiples microorganismos patógenos que se encuentran comúnmente en infecciones endodónticas. Su actividad abarca tanto bacterias grampositivas como gramnegativas, así como ciertos hongos oportunistas, entre ellos *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, dos de los microorganismos más frecuentemente implicados en fracasos endodónticos debido a su alta resistencia y capacidad de supervivencia en condiciones adversas. En particular, se ha observado que para lograr un efecto letal efectivo sobre estas especies, la concentración de clorhexidina utilizada juega un papel determinante. Si bien concentraciones bajas pueden ejercer un efecto bacteriostático, es decir, inhibir el crecimiento bacteriano sin eliminar por completo al microorganismo, se requiere una concentración mínima del 1 % para que se inicie un efecto bactericida. Sin embargo, la evidencia sugiere que el uso de clorhexidina al 2 % proporciona una acción significativamente más eficaz, lo que ha llevado a considerarla como la concentración óptima dentro de las terapias pulpares, especialmente cuando se busca erradicar microorganismos altamente resistentes. Este nivel de concentración no solo mejora la eficacia antimicrobiana directa, sino que también potencia su efecto residual, permitiendo una liberación sostenida del principio activo en el interior del sistema de conductos, lo que contribuye a mantener un entorno aséptico durante un período prolongado tras la irrigación o la desinfección. Esta propiedad es especialmente valiosa en tratamientos endodónticos multisesión o en casos con anatomías complejas, donde es difícil alcanzar

todas las zonas susceptibles de albergar microorganismos viables. El uso de clorhexidina al 2% ha demostrado eficacia no solo frente a las formas vegetativas de bacterias y hongos, sino también en la interrupción de la formación y estabilidad de biopelículas microbianas, lo que representa una ventaja adicional en el manejo de infecciones endodónticas crónicas o recurrentes. Por tanto, su empleo en esta concentración ha sido respaldado por múltiples estudios como parte de un enfoque complementario dentro de los protocolos de irrigación y desinfección intracanal (26).

5.1.5.1.3.1. Ventajas y desventajas

- **Ventajas**
 - Bactericida de amplio espectro antimicrobiano.
 - Bacteriostático a bajas concentraciones.
 - Sustantividad: (capacidad antimicrobiana a largo plazo) (26).
 - Baja toxicidad (25).
- **Desventajas**
 - No tiene actividad frente a esporas, ni virus
 - No disuelve tejido orgánico (23).

5.1.5.2. Hipoclorito de sodio

5.1.5.2.1. Propiedades generales

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es, sin duda, el agente desinfectante más utilizado en la práctica endodóntica, tanto como solución irrigante intracanal como en la desinfección de materiales, incluidos los conos de gutapercha. Su popularidad y uso extensivo se deben a su potente acción antimicrobiana, su capacidad de disolver tejido orgánico y su eficacia comprobada frente a una amplia gama de microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares. El NaOCl actúa mediante la oxidación de componentes celulares esenciales y la desnaturalización de proteínas, lo que conduce a la destrucción irreversible de la membrana celular bacteriana, pérdida de la integridad estructural y, finalmente, la lisis celular. Esta acción no solo lo convierte en un agente bactericida y fungicida altamente efectivo, sino que también lo

distingue como uno de los pocos irrigantes capaces de degradar restos de tejido pulpar necrótico, biofilms adheridos y residuos orgánicos, elementos que contribuyen a la perpetuación de la infección radicular. La efectividad del NaOCl está directamente relacionada con dos variables fundamentales: su concentración y el tiempo de exposición. Las concentraciones utilizadas clínicamente varían generalmente entre el 0,5 % y el 5,25 %, siendo esta última la más empleada cuando se requiere una acción rápida y de alto nivel antimicrobiano. A mayor concentración, mayor es su poder de acción desinfectante y de disolución tisular, aunque también aumenta el riesgo de irritación en caso de extrusión apical, por lo que su uso debe ser cuidadosamente controlado. En cuanto al tiempo de exposición, se ha demostrado que exposiciones breves (30 segundos a 1 minuto) pueden ser suficientes para lograr una desinfección significativa, especialmente en superficies como los conos de gutapercha, siempre que se utilicen concentraciones adecuadas. Sin embargo, para la desinfección completa del sistema de conductos, especialmente en anatomías complejas o presencia de biopelículas maduras, se requieren tiempos de irrigación prolongados, complementados con técnicas de activación del irrigante (como ultrasonido o sistemas sónicos), que mejoran la penetración y eficacia del NaOCl. Además de su uso intracanal, el NaOCl se ha empleado con éxito en la desinfección rápida de conos de gutapercha antes de su inserción en el conducto radicular, como medida preventiva para evitar la reintroducción de microorganismos durante la fase de obturación. En este contexto, su capacidad para actuar en tiempos cortos sin alterar significativamente la estructura del cono lo convierte en una opción práctica y eficaz en la consulta. Se ha observado que el hipoclorito de sodio no solo elimina bacterias en su forma planctónica, sino que también es capaz de actuar sobre microorganismos organizados en biopelículas, estructuras complejas que representan un reto significativo en la desinfección endodóntica. Las biopelículas protegen a los microorganismos mediante una matriz extracelular polimérica que reduce la penetración de los irrigantes, por lo que el uso de NaOCl, especialmente cuando es activado mediante técnicas como la irrigación ultrasónica pasiva (PUI), permite una disrupción más efectiva de estas comunidades microbianas.

Además, el NaOCl puede actuar sinérgicamente con otras soluciones, como el EDTA, en protocolos de irrigación secuencial. Esta combinación permite remover la capa de barrillo dentinario, abriendo los túbulos dentinarios y facilitando una limpieza más profunda del sistema de conductos, lo cual es esencial para el éxito del sellado tridimensional durante la obturación. Pese a sus múltiples ventajas, el NaOCl presenta ciertas limitaciones, como su incompatibilidad química con la clorhexidina, con la que puede formar precipitados como la parachloroanilina (PCA), un subproducto potencialmente citotóxico que puede teñir los tejidos dentales y comprometer la integridad química del conducto. Por ello, se recomienda evitar el uso inmediato de CHX tras NaOCl sin una fase de irrigación intermedia con solución salina o agua destilada. Otro aspecto importante es la estabilidad de la solución de hipoclorito. Su eficacia disminuye con el tiempo y la exposición a factores ambientales como la luz, el calor o el contacto con metales, por lo que se recomienda almacenarlo en envases opacos, herméticamente cerrados, y utilizar soluciones frescas para maximizar su rendimiento clínico. La temperatura también influye: soluciones calentadas (hasta 40–45 °C) muestran mayor capacidad de disolución tisular y acción antimicrobiana sin necesidad de incrementar la concentración, lo que representa una ventaja clínica en casos donde se desea maximizar el efecto sin aumentar la citotoxicidad. Desde el punto de vista de la desinfección de materiales, diversos estudios han confirmado la eficacia del NaOCl en la descontaminación de conos de gutapercha expuestos a microorganismos como *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* o *Candida albicans*, siempre que se respeten tiempos mínimos de inmersión de 1 minuto. Este tipo de protocolo ha sido validado por investigaciones microbiológicas que han demostrado una reducción significativa, e incluso total, de la carga microbiana cuando se emplea hipoclorito de sodio al 5,25 % como desinfectante de conos. En definitiva, el NaOCl continúa siendo el estándar de oro en irrigación endodóntica y desinfección rápida de materiales, debido a su combinación de propiedades antimicrobianas, disolución de tejidos y versatilidad. No obstante, su eficacia óptima depende del correcto manejo clínico de variables como concentración, volumen utilizado, tiempo de contacto, temperatura, activación mecánica y compatibilidad con otros

irrigantes o medicamentos intracanal. Su uso racional, respaldado por evidencia científica, sigue siendo una de las estrategias más efectivas para asegurar el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico (15).

En concentraciones de 5,25%, ha mostrado ser efectivo en tiempos que van desde los 15 segundos hasta los 10 minutos. En concentraciones de 2,5% Motta y Stabholz coinciden en que es efectivo a los 5 minutos. Al 3% no eliminó *Staphylococcus aureus* incluso después de 5 minutos. Al 1% mostró no ser efectivo contra esporas, *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans* después de 1 minuto, pero si a los 5, 10 y 10 minutos respectivamente. Y al 0.5% se obtuvo el resultado deseado hasta los 30 minutos de exposición de acuerdo a Gomes (19).

5.1.5.2.2. Mecanismo de acción

Además de su potente acción antimicrobiana, el hipoclorito de sodio presenta propiedades únicas que lo diferencian de otros irrigantes. Entre ellas destaca su capacidad para disolver tejido orgánico necrótico, lo cual es particularmente relevante en el contexto endodóntico, donde es frecuente encontrar restos de tejido pulpar desvitalizado, detritus y componentes microbianos adheridos a las paredes dentinarias del sistema de conductos radiculares. Esta propiedad tisolítica se debe principalmente a su capacidad para romper enlaces peptídicos y descomponer proteínas mediante reacciones de hidrólisis y oxidación, lo que permite una limpieza más completa del conducto, incluso en zonas de difícil acceso. Desde el punto de vista clínico, se ha determinado que el NaOCl no solo elimina microorganismos en su forma planctónica (libre), sino que también actúa sobre estructuras organizadas como las biopelículas. Estas comunidades microbianas complejas están protegidas por una matriz extracelular polimérica que reduce la penetración de agentes antimicrobianos convencionales. El NaOCl, gracias a su carácter oxidante y su bajo peso molecular en forma de HClO, logra difundir a través de dicha matriz y descomponer los componentes estructurales de la biopelícula, facilitando su eliminación mecánica mediante irrigación y activación. Otro aspecto relevante es su interacción con la dentina. Algunos estudios han mostrado que el NaOCl puede modificar superficialmente la estructura dentinaria al remover la capa de barrillo

dentinario (smear layer) cuando se utiliza en combinación con agentes quelantes como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético). Esta sinergia permite una limpieza más efectiva de los túbulos dentinarios, optimizando la penetración de selladores y mejorando el sellado apical durante la obturación del conducto. La concentración del hipoclorito de sodio empleada influye directamente en su potencia antimicrobiana, capacidad disolvente y citotoxicidad. En la práctica odontológica, se utilizan comúnmente concentraciones que oscilan entre el 0,5 % y el 5,25 %, siendo esta última la más empleada por su eficacia superior en la erradicación de microorganismos como *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, reconocidos por su resistencia y su implicancia en fracasos endodónticos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que a concentraciones elevadas, el NaOCl puede volverse irritante para los tejidos periapicales en caso de extrusión más allá del foramen apical, pudiendo generar reacciones inflamatorias severas, dolor postoperatorio o necrosis tisular. Para mitigar estos riesgos y potenciar su eficacia sin aumentar la concentración, se han introducido en la práctica clínica técnicas de activación del irrigante, como la activación ultrasónica pasiva (PUI), la activación sónica, la irrigación con sistemas de presión negativa, o el uso de láseres de baja potencia. Estos métodos permiten mejorar la penetración del NaOCl en áreas complejas, acelerar su flujo dentro del sistema de conductos y aumentar el contacto del irrigante con la superficie dentinaria, logrando una desinfección más profunda y uniforme. Cabe mencionar también que el almacenamiento del NaOCl influye en su estabilidad y potencia. El cloro activo se degrada con el tiempo y la exposición a la luz, al calor y al oxígeno, por lo que se recomienda conservarlo en envases opacos, herméticos y en condiciones frescas, preferentemente refrigerado, para mantener su eficacia durante el mayor tiempo posible (28).

5.1.5.2.3. Espectro de actividad

Además de sus efectos antimicrobianos y disolventes, el hipoclorito de sodio también actúa como agente neutralizante de endotoxinas bacterianas, particularmente los lipopolisacáridos (LPS) liberados por bacterias gramnegativas durante los procesos infecciosos. La eliminación o inactivación de estas endotoxinas es esencial, ya que son altamente inmunogénicas y contribuyen a la inflamación periapical crónica, aun cuando las bacterias ya han sido erradicadas del sistema de conductos. En la práctica clínica, la eficacia del NaOCl también se ve influida por factores como el volumen total de irrigación, la dinámica de flujo dentro del conducto y la duración del contacto con las paredes dentinarias. Estudios han demostrado que la irrigación pasiva con jeringa no siempre es suficiente para lograr una limpieza completa, sobre todo en áreas anatómicamente complejas como los istmos, conductos laterales y túbulos dentinarios. Por ello, se ha promovido el uso de sistemas de activación del irrigante mediante agitación manual, activación ultrasónica pasiva (PUI), agitación sónica o incluso irrigación con láser de baja potencia (PIPS, SWEEPS), los cuales incrementan la eficacia del NaOCl al mejorar su penetración, su acción mecánica y su contacto con las superficies contaminadas. Desde una perspectiva bioquímica, el mecanismo de acción del NaOCl se basa en su capacidad oxidante. Una vez en solución, se disocia en iones de hipoclorito (OCl^-) y ácido hipocloroso (HClO), siendo este último el responsable principal de la actividad antimicrobiana por su capacidad de atravesar fácilmente la membrana celular bacteriana debido a su bajo peso molecular y su carácter no iónico. Una vez en el interior celular, el HClO oxida grupos sulfhidrilos ($-\text{SH}$) de las enzimas bacterianas, interrumpe la síntesis proteica y daña los ácidos nucleicos, conduciendo rápidamente a la muerte celular. En cuanto a la biocompatibilidad, a pesar de que el NaOCl ha sido criticado por su toxicidad potencial en contacto con tejidos periapicales, múltiples estudios han confirmado que, en concentraciones clínicamente manejadas y con técnicas de irrigación controlada, los riesgos pueden minimizarse sin comprometer la eficacia. El uso de dispositivos con control apical de presión, irrigación negativa o limitadores de profundidad de la aguja son estrategias clave para

reducir los accidentes de extrusión. A nivel práctico, es importante recalcar que el uso de NaOCl no debe verse como un paso aislado, sino como parte de un protocolo de desinfección integral que incluye la conformación mecánica del conducto, la irrigación con agentes complementarios como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) para remover la capa de barrillo dentinario, y la desinfección final antes de la obturación. En algunos casos, se ha propuesto la secuencia de NaOCl, seguido por EDTA, y un nuevo ciclo de NaOCl calentado, como una estrategia eficaz para lograr una desinfección más profunda. En conclusión, el hipoclorito de sodio sigue siendo el estándar de oro entre los irrigantes endodónticos debido a su doble acción antimicrobiana y tisolítica. Sin embargo, su eficacia puede potenciarse considerablemente mediante el control de variables físico-químicas, la aplicación de técnicas de activación y la integración dentro de un protocolo de irrigación secuencial. Este enfoque dinámico y personalizado permite afrontar con mayor éxito los desafíos clínicos que plantea la anatomía radicular compleja y la resistencia microbiana, contribuyendo de manera decisiva al éxito terapéutico a largo plazo en endodoncia (28).

5.1.5.2.3.1. Ventajas del hipoclorito de sodio

- Baja tensión superficial.
- Neutraliza los productos tóxicos.
- Bactericida.
- pH alcalino y neutraliza la acidez del medio evitando el desarrollo microbiano.
- Disolvente de tejido.
- Disolución de tejido inorgánico (29).

5.1.5.2.3.2. Desventajas del hipoclorito de sodio

- Inestable al almacenamiento
- Es un agente irritante y tóxico para el tejido intraoral y extraoral.
- Corrosividad
- El sabor es desagradable y el olor fuerte.
- Inactivado por materia orgánica (29).

5.1.5.3. Alcohol etílico

5.1.5.3.1. Características químicas

Adicionalmente, su rápida acción antimicrobiana, especialmente frente a bacterias grampositivas, gramnegativas, hongos y ciertos virus envueltos, ha consolidado su rol como desinfectante de elección para piel intacta, instrumental médico previo a la esterilización o materiales que no pueden someterse a calor, como los conos de gutapercha en odontología. Su capacidad para actuar en cuestión de segundos lo convierte en una herramienta fundamental en protocolos de antisepsia preoperatoria y en la desinfección puntual de superficies. No obstante, su mecanismo de acción — basado en la desnaturalización de proteínas— está condicionado a un tiempo de contacto adecuado y a una concentración específica. Las formulaciones entre el 60 % y 80 % han demostrado ser las más eficaces, siendo el 70 % la concentración óptima, ya que contiene suficiente agua para facilitar la penetración en la membrana celular y potenciar la desnaturalización proteica. Por el contrario, las soluciones absolutas (cerca del 100 %) pierden eficacia al inducir una deshidratación celular tan rápida que impide una acción profunda, permitiendo en algunos casos la supervivencia del microorganismo. La naturaleza higroscópica del alcohol también implica una sensibilidad importante a las condiciones ambientales. Una exposición prolongada al aire o almacenamiento en recipientes mal sellados puede reducir su concentración efectiva, disminuyendo así su capacidad desinfectante. Por lo tanto, debe conservarse en envases herméticos, protegidos de la luz directa y lejos de fuentes de calor o ignición, para evitar no solo pérdidas por evaporación, sino también riesgos asociados a su inflamabilidad. En entornos clínicos, es fundamental que su aplicación se realice en áreas bien ventiladas, y que se evite su uso cerca de dispositivos que generen chispas, calor intenso o fuego. Asimismo, su uso repetido sobre la piel puede provocar resequedad o irritación, por lo que, en procedimientos prolongados, se recomienda el uso de productos con agentes emolientes o alternar con otros antisépticos menos agresivos. En definitiva, la sustancia en cuestión, ya sea etanol o isopropanol, combina características físico-químicas que la hacen indispensable en el control de infecciones, pero también exige un manejo técnico cuidadoso. Su

eficacia y seguridad dependen no solo de la concentración empleada, sino también del modo de aplicación, las condiciones de conservación y las características del entorno clínico en el que se utiliza (28).

5.1.5.3.2. Mecanismo de acción

El mecanismo de acción de los alcoholes utilizados como agentes desinfectantes, tales como el etanol y el isopropanol, se basa fundamentalmente en la desnaturalización de las proteínas microbianas. Este proceso implica la alteración de la estructura tridimensional de las proteínas —conformación terciaria y secundaria— mediante la ruptura de enlaces hidrógeno y otras interacciones no covalentes que mantienen la estructura funcional de estas moléculas. Como consecuencia, se produce la pérdida irreversible de la funcionalidad enzimática y estructural de las células microbianas, lo que conduce a su inactivación o muerte. Esta acción abarca tanto el citoplasma como las proteínas de membrana, afectando la integridad y permeabilidad celular, lo que culmina en la lisis de la célula. La eficacia de esta acción depende en gran medida de la presencia de agua en la solución desinfectante, ya que el agua favorece la penetración del alcohol en la membrana celular y permite una hidratación parcial de las proteínas. Esta hidratación es un paso previo esencial para que las proteínas puedan ser desnaturalizadas, ya que una proteína completamente deshidratada ofrece mayor resistencia a la acción del alcohol. Por ello, las soluciones de alcohol absoluto (100 %) no resultan óptimas como agentes antimicrobianos, ya que provocan una deshidratación súbita de la membrana celular, que puede endurecer su estructura e impedir una penetración profunda, limitando así el daño intracelular. En contraposición, las soluciones hidroalcohólicas, especialmente aquellas con concentraciones entre el 60 % y el 80 %, han demostrado una eficacia significativamente superior. Entre estas, la solución al 70 % de etanol o isopropanol es la más utilizada en contextos clínicos, ya que proporciona el mejor equilibrio entre tiempo de acción, penetración celular y capacidad de desnaturalización proteica. Esta formulación permite que el alcohol actúe durante un periodo breve pero suficiente para ejercer su acción microbicida, evaporándose luego con rapidez, lo que favorece el secado rápido del área tratada sin dejar residuos químicos que puedan

interferir con otros materiales o procedimientos clínicos. Desde el punto de vista microbiológico, los alcoholes presentan actividad bactericida de amplio espectro frente a bacterias grampositivas y gramnegativas en su forma vegetativa, hongos como *Candida albicans* y ciertos virus lipídicos, incluyendo *Herpes simplex virus*, *influenza* y *hepatitis B*. Su eficacia se extiende también a algunas micobacterias, aunque en menor grado. No obstante, su acción es muy limitada frente a esporas bacterianas —como las de *Bacillus* o *Clostridium*— y virus no envueltos, como *norovirus* o *adenovirus*, debido a la resistencia estructural de estos patógenos. Asimismo, los alcoholes no poseen propiedades detergentes ni son capaces de solubilizar materia orgánica, lo que compromete su efectividad en superficies que no han sido previamente limpiadas o que presentan restos de sangre, saliva, pus u otros fluidos orgánicos. Otro aspecto clínicamente relevante es que los alcoholes, a pesar de su eficacia inmediata, no presentan efecto residual significativo. Una vez que se han evaporado, cesa su acción antimicrobiana. A diferencia de otros agentes como la clorhexidina, que pueden permanecer activos sobre la superficie tratada durante varias horas, los alcoholes carecen de esta propiedad. Por tanto, no ofrecen una protección sostenida contra la recolonización microbiana, lo que los hace menos apropiados en escenarios donde se requiere una barrera antimicrobiana prolongada o un efecto preventivo a largo plazo. En el contexto de la endodoncia, estas características definen claramente el rol del alcohol como agente desinfectante puntual y de acción rápida, particularmente útil en la descontaminación de materiales termosensibles como los conos de gutapercha. Dado que este material no puede ser sometido a métodos de esterilización térmica, el uso de soluciones alcohólicas representa una alternativa viable, siempre que se utilicen dentro de un protocolo controlado que contemple sus limitaciones. El alcohol al 70 %, por su rápida evaporación, permite desinfectar los conos sin comprometer su forma o integridad, lo que resulta especialmente ventajoso en tratamientos donde la manipulación es constante y la posibilidad de contaminación cruzada está latente. Asimismo, su aplicación requiere medidas de precaución, ya que su inflamabilidad y volatilidad lo convierten en una sustancia potencialmente riesgosa si no se manipula adecuadamente. En clínicas odontológicas, donde se emplean fuentes de calor como lámparas

halógenas, unidades de obturación caliente o equipos eléctricos, es fundamental asegurar que el alcohol haya evaporado completamente antes de proceder con otros pasos clínicos. La falta de adherencia a esta recomendación podría generar accidentes por combustión, poniendo en riesgo tanto al paciente como al operador. Finalmente, es importante subrayar que, aunque el alcohol puede ser útil para la desinfección inmediata de conos de gutapercha o superficies clínicas, su aplicación no sustituye la necesidad de mantener condiciones generales de asepsia, tales como el uso de pinzas estériles, bandejas cubiertas, guantes limpios y el aislamiento absoluto mediante dique de goma. El alcohol, en este contexto, debe entenderse como un complemento más dentro de una estrategia integral de control de infecciones, no como una solución única (28).

5.1.5.3.3. Espectro de actividad

En el contexto específico de la endodoncia, el alcohol al 70 % ha sido evaluado como agente de desinfección de uso rápido, particularmente útil para la descontaminación superficial de materiales termosensibles como los conos de gutapercha, cuya exposición al calor está contraindicada por el riesgo de deformación. La facilidad de aplicación del alcohol, su bajo costo, y la rapidez de acción lo convierten en una alternativa accesible, especialmente en escenarios clínicos con limitaciones de tiempo o recursos. Sin embargo, su acción limitada frente a microorganismos más resistentes como *Enterococcus faecalis* o *Candida albicans*, así como su falta de persistencia en el tiempo, requiere que su uso esté cuidadosamente evaluado dentro del protocolo de desinfección. En estos casos, podría actuar como desinfectante complementario, o bien combinarse con otros agentes antimicrobianos que ofrezcan un espectro más amplio o una acción residual sostenida. Además, dado su carácter inflamable y sus propiedades irritantes en mucosas, se recomienda su manejo bajo normas estrictas de bioseguridad, evitando el contacto con tejidos sensibles y manteniéndolo alejado de fuentes de calor. En procedimientos odontológicos, donde el uso de piezas de alta rotación genera chispas o temperaturas elevadas, debe extremarse la precaución para prevenir accidentes. Por tanto, aunque el alcohol cumple un papel relevante como desinfectante de uso rápido en la consulta odontológica,

su efectividad depende de su correcta aplicación, la naturaleza del microorganismo objetivo y las condiciones del entorno clínico. La selección de este agente debe realizarse considerando tanto su eficacia probada frente a ciertos patógenos, como sus limitaciones frente a otros más resistentes o en situaciones que demanden desinfección prolongada (30).

5.2. Antecedentes investigativos

5.2.1. Antecedentes locales

- Título: Acción desinfectante del glutaraldehído al 2% y el hipoclorito de sodio al 2% sobre los conos de gutapercha. Clínica odontológica de la UCSM Arequipa- 2000.

Autor: Condori, Nercy

Lugar: Arequipa, Perú.

Resumen: Los resultados de esta investigación no solo permiten establecer comparaciones cuantitativas entre el glutaraldehído al 2% y el hipoclorito de sodio al 2%, sino que también invitan a una reflexión crítica sobre los criterios de selección de agentes desinfectantes en la práctica endodóntica cotidiana. El hecho de que ninguna de las soluciones lograra una esterilización completa, a pesar del tiempo prolongado de inmersión (15 minutos), evidencia la resistencia que pueden presentar ciertas especies bacterianas en condiciones clínicas reales. Esta resistencia puede deberse, en parte, a la formación de biopelículas sobre la superficie de los conos, lo que dificulta la acción penetrante de los desinfectantes y representa un obstáculo adicional en el control microbiológico eficaz. Desde una perspectiva clínica, el hallazgo de que el glutaraldehído mostró una eficacia absoluta frente a *Staphylococcus aureus* —una de las bacterias más persistentes y patógenas encontradas en infecciones endodónticas secundarias— es de suma importancia. Este resultado sugiere que el glutaraldehído podría ser particularmente útil en contextos donde se sospecha o se ha confirmado la presencia de cepas resistentes, o en retratamientos en los que la carga microbiana es más compleja y difícil de erradicar. Asimismo, es relevante considerar las implicancias del tiempo de desinfección empleado. Si bien 15 minutos es un lapso aceptable en condiciones de laboratorio, podría resultar poco práctico en el contexto clínico cotidiano, donde se requiere de procedimientos más rápidos y eficientes. Por ello, futuros estudios podrían centrarse en reducir el tiempo de exposición sin comprometer la eficacia antimicrobiana, evaluando, por ejemplo, concentraciones mayores de los mismos agentes o combinaciones sinérgicas entre ellos. Otra línea de investigación necesaria es la

evaluación del impacto que estos desinfectantes podrían tener sobre las propiedades físico-mecánicas de los conos de gutapercha. Alteraciones como pérdida de flexibilidad, cambios dimensionales o disminución de la capacidad de sellado podrían comprometer el resultado final del tratamiento, incluso si la desinfección fue exitosa. Por lo tanto, la eficacia antimicrobiana debe ser considerada en conjunto con la preservación de las propiedades estructurales del material. Por otro lado, el uso de agentes como el glutaraldehído también debe ser abordado desde una perspectiva de bioseguridad. A pesar de su efectividad, este compuesto presenta una toxicidad significativa y puede generar vapores irritantes, por lo que su manipulación debe realizarse en condiciones controladas, preferentemente en áreas ventiladas y con el uso de barreras de protección. Este factor puede limitar su uso rutinario en consultorios sin infraestructura adecuada. Finalmente, los hallazgos de esta investigación refuerzan la necesidad de establecer protocolos clínicos estandarizados para la desinfección de conos de gutapercha antes de su inserción en el sistema de conductos. Aunque muchas veces se subestima esta etapa del procedimiento, su correcta ejecución puede ser determinante en la prevención de fracasos terapéuticos asociados a la reintroducción de microorganismos. La adopción de rutinas simples pero eficaces de desinfección, sustentadas por evidencia científica, debe formar parte integral de la práctica clínica endodóntica moderna (31).

5.2.2. Antecedentes nacionales

- Título: Efectividad de tres agentes antimicrobianos en la desinfección de los conos de gutapercha.

Autor: Carhuanira, Elda

Lugar: Trujillo, Perú.

Resumen: Objetivo: Estos hallazgos no solo permiten establecer una jerarquía clara entre los agentes desinfectantes evaluados, sino que también tienen implicancias clínicas relevantes para la práctica endodóntica diaria. La elección del desinfectante adecuado puede marcar una diferencia significativa en el control microbiológico del conducto radicular, especialmente considerando que la contaminación cruzada durante la manipulación de los materiales es un factor de riesgo latente en cualquier procedimiento clínico. La capacidad del hipoclorito de sodio al 5,25 % para eliminar eficazmente la carga microbiana en un contexto de exposición ambiental realista lo posiciona como el desinfectante de elección, tanto por su potencia bactericida como por su tiempo de acción

breve y su amplio espectro de actividad. Por otra parte, aunque la clorhexidina al 2 % mostró una efectividad intermedia, su uso no debe ser descartado, ya que presenta ventajas adicionales como su biocompatibilidad, baja toxicidad y acción residual prolongada, lo cual podría aportar beneficios complementarios si se emplea de forma adecuada. No obstante, su limitada capacidad para alcanzar niveles de efectividad alta en este estudio sugiere que podría no ser suficiente como agente único, especialmente en casos donde la exposición a patógenos más resistentes o en mayor carga bacteriana es probable. El alcohol al 70 %, a pesar de su uso extendido como antiséptico en diversos contextos clínicos, demostró ser claramente ineficaz como método de desinfección para conos de gutapercha. Esto puede atribuirse a su rápida evaporación, la cual limita el tiempo de contacto efectivo con la superficie del cono, así como a su incapacidad para penetrar matrices orgánicas o biopelículas adheridas. Por ello, su uso como único desinfectante en endodoncia debe ser reevaluado, y en todo caso, restringido a usos donde no se requiera una acción antimicrobiana profunda. Desde una perspectiva metodológica, el presente estudio también destaca la importancia de evaluar los desinfectantes en condiciones que simulen escenarios clínicos reales, como la exposición al ambiente de una clínica odontológica durante la práctica operativa. Este enfoque otorga mayor validez externa a los resultados, al considerar factores que difícilmente se replican en modelos puramente in vitro, como la presencia de aerosoles, la manipulación manual y la variabilidad ambiental. Se recomienda, como línea de investigación futura, evaluar no solo la eficacia microbiológica de los desinfectantes, sino también su impacto sobre las propiedades físico-químicas de los conos de gutapercha, tales como su plasticidad, rigidez, capacidad de sellado y compatibilidad con los cementos selladores utilizados en la obturación. Además, sería de interés investigar la eficacia de combinaciones de agentes desinfectantes o el uso de tecnologías de activación, como ultrasonido o fotodinámica, que podrían potenciar su efecto sin comprometer la integridad del material. En definitiva, este estudio reafirma la necesidad de incorporar una etapa de desinfección previa a la colocación del cono de gutapercha en el sistema de conductos, incluso cuando se utilicen conos provenientes de envases recién abiertos. El uso de un desinfectante con eficacia comprobada, como el hipoclorito de sodio al 5,25 %, puede ser decisivo para reducir los riesgos de reinfección y mejorar el pronóstico del tratamiento endodóntico, elevando así el estándar de calidad en los procedimientos clínicos (28).

- Título: Comparación entre el efecto del extracto hidroetanólico de semillas de *caesalpinia spinosa* (tara), hipoclorito al 5,25% y gluconato de clorhexidina al 2% en la desinfección in vitro de conos de gutapercha contaminados con *enterococcus faecalis* ATCC 29212.

Autor: Cuyan, Mary

Lugar: Chiclayo, Perú.

Resumen: El objetivo de esta investigación fue comparar el efecto del extracto hidroetanólico de semilla de *Caesalpinia spinosa* (tara), el hipoclorito de sodio al 5,25 % y el gluconato de clorhexidina al 2 % en la desinfección in vitro de conos de gutapercha contaminados con *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, una de las bacterias más frecuentemente asociadas al fracaso del tratamiento endodóntico. Este microorganismo presenta una elevada resistencia a condiciones ambientales adversas y a muchos de los agentes antimicrobianos convencionales utilizados en endodoncia, lo que lo convierte en un modelo ideal para evaluar la eficacia de sustancias desinfectantes. Para llevar a cabo el estudio, se emplearon 90 conos de gutapercha estandarizados, previamente esterilizados mediante exposición a radiación ultravioleta durante un periodo controlado, a fin de asegurar la eliminación total de cualquier carga microbiana inicial. Posteriormente, los conos fueron contaminados de forma controlada mediante su inmersión en una suspensión bacteriana de *Enterococcus faecalis*, con el propósito de reproducir una situación clínica de contaminación cruzada que podría presentarse durante la manipulación de materiales en el entorno operatorio. Los conos contaminados fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos experimentales, cada uno de los cuales fue expuesto durante tres minutos a una de las siguientes soluciones desinfectantes: gluconato de clorhexidina al 2 %, hipoclorito de sodio al 5,25 % y extracto hidroetanólico de *Caesalpinia spinosa* al 60 %. Cabe destacar que estas sustancias fueron seleccionadas por su reconocida actividad antimicrobiana, accesibilidad y potencial aplicación en la práctica clínica diaria. La exposición se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio, asegurando una inmersión completa de cada cono durante el tiempo estipulado. Una vez completado el proceso de desinfección, cada cono fue sembrado por dispersión en placas con medio de cultivo Agar Soya Trypticasa, medio apropiado para el desarrollo de *E. faecalis*,

y luego incubado a una temperatura constante de 36,5 °C durante un periodo de 48 horas. Transcurrido este tiempo, se procedió a la evaluación del crecimiento bacteriano mediante la observación macroscópica de colonias, con el objetivo de determinar la presencia o ausencia de viabilidad microbiana residual como indicador directo de la efectividad de cada agente desinfectante. Los resultados obtenidos evidenciaron que el hipoclorito de sodio al 5,25 % fue la sustancia con mayor eficacia bactericida, logrando una eliminación total del crecimiento de *Enterococcus faecalis* en el 100 % de los conos evaluados. Este hallazgo ratifica su papel como uno de los agentes desinfectantes más potentes y confiables en el ámbito endodóntico, debido a su capacidad para disolver materia orgánica, desnaturalizar proteínas y actuar frente a una amplia gama de microorganismos, tanto grampositivos como gramnegativos. En segundo lugar, el extracto hidroetanólico de *Caesalpinia spinosa* al 60 % mostró una efectividad comparable a la del gluconato de clorhexidina al 2 %, ya que ambas sustancias lograron inhibir significativamente el crecimiento bacteriano, aunque sin alcanzar la erradicación completa del patógeno. Este resultado sugiere que la tara podría constituir una alternativa prometedora de origen natural para la desinfección de materiales odontológicos, especialmente en contextos donde se priorice el uso de compuestos biocompatibles, sostenibles y menos agresivos para los tejidos periapicales. Se destaca, además, que tanto el extracto de tara como la clorhexidina demostraron tener una actividad antimicrobiana relevante en tiempos de exposición cortos, lo cual es favorable en términos de aplicabilidad clínica. Sin embargo, el hecho de que no se lograra una eliminación total del *E. faecalis* con estas dos sustancias indica la necesidad de continuar investigando la optimización de sus concentraciones, tiempos de acción y posibles combinaciones sinérgicas con otros compuestos antimicrobianos para mejorar su efectividad. Estos hallazgos respaldan el uso del hipoclorito de sodio como agente desinfectante altamente eficaz en la descontaminación de materiales endodónticos, y al mismo tiempo abren nuevas perspectivas para el desarrollo de productos basados en extractos vegetales como el de *Caesalpinia spinosa*. La incorporación de agentes naturales en los protocolos clínicos podría representar un avance significativo hacia una odontología más ecológica, segura y respetuosa con los principios de la bioseguridad. No obstante, se señala la importancia de realizar estudios

adicionales que incluyan la estandarización de concentraciones, el análisis de su biocompatibilidad con los tejidos periapicales, la evaluación de sus propiedades físico-químicas en condiciones clínicas reales y su interacción con otros materiales utilizados en endodoncia. Solo así podrá determinarse la viabilidad real de su implementación como alternativa o complemento a los desinfectantes tradicionales en la práctica odontológica (32).

5.2.3. Antecedentes internacionales

- Título: “Efectividad de soluciones desinfectantes de uso habitual sobre conos de gutapercha previamente contaminados.”

Autor: Oyarzun, Rodrigo

Lugar: Santiago, Chile

Resumen: Las puntas o conos de gutapercha constituyen el material de obturación más ampliamente utilizado en los tratamientos endodónticos, debido a las múltiples ventajas que ofrecen, entre ellas su biocompatibilidad, estabilidad dimensional, radiopacidad y facilidad de manipulación. Estos conos se comercializan en cajas selladas y, en condiciones iniciales, estériles; sin embargo, dicha condición se ve comprometida tras la apertura del dispensador, ya que la exposición repetida al entorno clínico y su manipulación directa aumentan considerablemente el riesgo de contaminación microbiana. Esta situación plantea la necesidad de establecer protocolos de desinfección previos a su inserción en el conducto radicular, con el fin de asegurar la asepsia durante la fase de obturación y prevenir fracasos terapéuticos derivados de la reintroducción de microorganismos en el sistema de conductos. Con este propósito, el presente estudio evaluó la eficacia de tres soluciones desinfectantes — gluconato de clorhexidina al 2 %, hipoclorito de sodio al 5,25 % y alcohol al 70°— en la descontaminación de conos de gutapercha previamente expuestos a cepas estándar (ATCC) de *Staphylococcus aureus*, *Actinomyces* spp., *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*, microorganismos comúnmente implicados en infecciones endodónticas persistentes y fracasos del tratamiento. Se consideraron dos tiempos de inmersión (1 y 3 minutos) para evaluar posibles diferencias en la eficacia de cada agente en

función del tiempo de contacto. Los resultados del análisis microbiológico revelaron que las tres soluciones evaluadas —independientemente del tiempo de exposición— fueron efectivas en la reducción significativa de la carga microbiana presente en los conos contaminados. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas que demostraran una superioridad marcada de un agente sobre otro. De manera destacable, el alcohol al 70° presentó una eficacia comparable a la del gluconato de clorhexidina al 2 % y al hipoclorito de sodio al 5,25 %, lo cual sugiere su viabilidad como alternativa de desinfección rápida, accesible y eficaz, siempre que se utilice bajo condiciones controladas. Estos hallazgos respaldan el uso de gluconato de clorhexidina al 2 %, hipoclorito de sodio al 5,25 % y alcohol al 70° como agentes válidos para la desinfección de conos de gutapercha contaminados con microorganismos clínicamente relevantes. Asimismo, refuerzan la importancia de incorporar protocolos sencillos pero eficaces de descontaminación en la práctica clínica diaria, como parte integral de la rutina endodóntica, a fin de preservar la asepsia del procedimiento y mejorar las probabilidades de éxito a largo plazo del tratamiento (12).

- Título “Efectividad de desinfectantes odontológicos en conos de gutapercha. Universidad Nacional de Chimborazo, 2019”

Autor: Ramos, Sandra

Lugar: Riobamba, Ecuador.

Resumen: El objetivo general de esta investigación fue determinar la efectividad de distintos desinfectantes odontológicos aplicados sobre conos de gutapercha expuestos al ambiente clínico, en el contexto de la Unidad Integral Odontológica de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). Para ello, se diseñó un estudio de tipo correlacional, comparativo, cuasi-experimental y cuantitativo, en el cual se evaluaron microbiológicamente 45 conos de gutapercha por cada agente desinfectante analizado. Los conos fueron previamente expuestos al ambiente operatorio y luego distribuidos en cuatro grupos experimentales: un grupo control sin

ningún tipo de desinfección, un grupo tratado con hipoclorito de sodio al 5,25 % durante 1 y 2 minutos, otro con alcohol etílico al 70 % también en ambos tiempos, y un último grupo sometido a gluconato de clorhexidina al 2 %, evaluado igualmente a 1 y 2 minutos de inmersión. Tras la aplicación de los agentes desinfectantes, se procedió a la siembra microbiológica de las muestras en medio de cultivo Agar Sangre, con el propósito de identificar morfotipos bacterianos mediante tinción de Gram, clasificando los aislamientos en cocos Gram positivos, bacilos Gram negativos y hongos. Para una caracterización más específica, se utilizaron medios selectivos y diferenciales: Agar Manitol Salado para la detección de cocos Gram positivos, Agar MacConkey para bacilos Gram negativos y Agar Sabouraud para hongos y levaduras. Como resultado, se identificaron 25 muestras con cocos Gram positivos, de los cuales 9 correspondieron a *Staphylococcus aureus* y 7 a otras especies del género *Staphylococcus* spp.; 46 muestras con bacilos Gram negativos, incluyendo dos cepas de *Escherichia coli*, y 24 con crecimiento fúngico. Los datos obtenidos fueron sistematizados y analizados utilizando el software estadístico SPSS. A través del análisis de varianza (ANOVA), se determinó que, aunque todos los agentes desinfectantes aplicados redujeron la carga microbiana, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, dado que los valores de significancia obtenidos fueron mayores a 0,05 ($p=0,400$ para cocos, $p=0,921$ para bacilos y $p=0,358$ para hongos). No obstante, desde una perspectiva descriptiva microbiológica, los resultados revelaron que los conos tratados con alcohol etílico al 70 % y gluconato de clorhexidina al 2 % presentaron la mayor reducción en unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml), tanto a 1 como a 2 minutos de exposición, en comparación con los tratados con hipoclorito de sodio al 5,25 %. Esta observación sugiere una mayor eficacia relativa de estos dos agentes en las condiciones experimentales del estudio. En conjunto, estos hallazgos permiten inferir que tanto el alcohol al 70 % como la clorhexidina al 2 % son opciones viables y eficaces para la desinfección rápida de conos de gutapercha contaminados con microorganismos clínicamente relevantes. A pesar de la ausencia de significancia estadística entre los tratamientos evaluados, la evidencia microbiológica obtenida respalda la incorporación de estos agentes en

protocolos clínicos de asepsia durante la fase de obturación endodóntica, contribuyendo a minimizar el riesgo de contaminación cruzada y mejorar la tasa de éxito del tratamiento endodóntico (13).

- Título: “Decontaminacion of Gutta-Percha Cones employed in Endodontics”

Autor: Carvalho et al.

Lugar: Brasil

Resumen: Los conos de gutapercha empleados en tratamientos endodónticos se fabrican bajo condiciones asépticas y su formulación incluye óxido de zinc, compuesto que les confiere cierta actividad antibacteriana inherente. No obstante, esta protección no es absoluta, ya que los conos pueden contaminarse durante su manipulación clínica, por la acción de aerosoles presentes en el entorno operatorio, o durante el almacenamiento posterior a la apertura del envase original. Esta posibilidad de contaminación representa un riesgo clínico considerable, particularmente en la fase final del tratamiento endodóntico, donde la reinfección del conducto puede comprometer el pronóstico del diente tratado. Frente a esta situación, diversos estudios han evaluado la eficacia de agentes químicos como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el digluconato de clorhexidina (CHX) en la descontaminación de conos de gutapercha, aunque hasta la fecha no existe un consenso definitivo respecto al protocolo más efectivo, especialmente en lo que concierne a la combinación óptima de concentración y tiempo de exposición. Con el objetivo de aportar evidencia científica a esta problemática, el presente estudio evaluó la eficacia de diferentes concentraciones de CHX y NaOCl en la eliminación de *Enterococcus faecalis*, uno de los microorganismos más resistentes y frecuentemente implicados en fracasos endodónticos. Para ello, se seleccionaron de forma aleatoria conos de gutapercha tamaño 40 provenientes de un paquete sellado, los cuales fueron contaminados mediante inmersión durante un minuto en una suspensión estandarizada de *E. faecalis*. Posteriormente, los conos contaminados fueron asignados aleatoriamente a distintos grupos

experimentales, cada uno expuesto a una solución desinfectante específica: CHX al 2 %, NaOCl al 1 % y NaOCl al 2,5 %, con tiempos de contacto de 30 segundos y 1 minuto. Finalizada la exposición al agente químico, los conos fueron trasladados a tubos con caldo cerebro-corazón (BHI) y se incubaron durante 48 horas a 36,5 °C para evaluar la presencia o ausencia de crecimiento bacteriano. Los resultados mostraron que tanto el NaOCl al 1 % como al 2,5 % y la CHX al 2 % fueron eficaces para eliminar *E. faecalis* siempre que el tiempo de exposición fuera de al menos 1 minuto. Sin embargo, en una de las réplicas tratadas con CHX al 2 % durante solo 30 segundos se evidenció crecimiento microbiano, lo cual sugiere que una exposición insuficiente podría no garantizar una desinfección completa. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar no solo la elección del agente desinfectante, sino también el tiempo mínimo necesario de exposición para alcanzar una descontaminación efectiva. La reducción de este tiempo, con el objetivo de agilizar el procedimiento clínico, podría comprometer la eficacia antimicrobiana del protocolo y aumentar el riesgo de reinfección del sistema de conductos radiculares. Por tanto, este estudio subraya la necesidad de mantener un tiempo de contacto mínimo de al menos un minuto con el agente desinfectante, como una medida esencial para optimizar la bioseguridad del procedimiento endodóntico y mejorar la tasa de éxito del tratamiento (21).

6. Hipótesis

Dado que, el hipoclorito de sodio es un agente antimicrobiano ampliamente usado en la odontología debido a su gran capacidad para eliminar una amplia gama de microorganismos a diferencia de la clorhexidina y del alcohol etílico que siendo también efectivos no han demostrado un espectro tan amplio de acción, frente a ciertas especies microbianas resistentes.

Es probable, que crecimiento microbiano en los tubos de ensayo de los conos de gutapercha desinfectados con hipoclorito de sodio al 5.25% sea menor en comparación con los conos desinfectados con clorhexidina al 2% o alcohol etílico al 70%.





1. Diseño metodológico

1.1. Nivel

Es explicativo porque busca determinar la relación causa – efecto entre el agente desinfectante y la presencia o ausencia de crecimiento bacteriano en los conos de gutapercha (33).

1.2. Tipo

- Cualitativo: porque los datos fueron recolectados por valores no numéricos.
- Prospectivo: porque se planificó el procedimiento y luego se observaron los resultados.
- Comparativo: porque se compararon distintos grupos entre sí (33).

1.3. Diseño de la investigación

- Experimental (33).

2. Población y muestra

2.1. Identificación de los grupos

- Se utilizaron 3 grupos de estudio
- Grupo de estudio 1: recibió el hipoclorito de sodio al 5.25%
- Grupo de estudio 2: recibió el alcohol etílico al 70%
- Grupo de estudio 3: recibió la clorhexidina al 2%

2.2. Control o igualación de los grupos

2.2.1. Criterios de inclusión

- Conos de gutapercha
- Calibre 30
- Longitud estándar
- Conos del mismo lote
- Conos del mismo tiempo de vigencia
- Conos que sean de la misma marca
- Tiempo de exposición al agente antimicrobiano: 1 minuto

2.2.2. Criterios de exclusión

- Conos con características diferentes a los criterios de inclusión.

2.3. Tamaño de los grupos

2.3.1. Datos

- n = tamaño de la muestra - $W = 0.25$
- $P = 0.40$ - $NC = 95\%$
- $Z = 1.96$
- i (nivel de precisión) = $W/2 = 0.25/2 = 0.125$

2.3.2. Cálculo

$$n = \frac{Z^2 \cdot P(1 - P)}{i^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot 0.40(1 - 0.40)}{0.125^2}$$

$n = 60$ conos totales

2.3.3. Formalización de los grupos

GRUPO	N°
Grupo experimental 1	20
Grupo experimental 2	20
Grupo experimental 3	20

3. Variables

Tabla 1
Variables

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA / CATEGORÍAS	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE Agente desinfectante	<ul style="list-style-type: none"> Hipoclorito de sodio al 5.25% Clorhexidina al 2% Alcohol etílico al 70% 		
VARIABLE DEPENDIENTE: Eficacia de desinfección	Presencia/ausencia de contaminación	<ul style="list-style-type: none"> Transparente= sin crecimiento. Turbio = con crecimiento. 	Cualitativa

4. Técnicas y procedimientos

4.1. Técnica

4.1.1. Especificación

En esta investigación se utilizó la técnica de la observación experimental in vitro.

4.1.2. Esquematización

VARIABLE INVESTIGATIVA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Eficacia de desinfección	Observación experimental	Ficha de registro experimental

4.1.3. Descripción de la técnica

- Día 1 - Preparación de cultivos microbianos

Se realizó la replicación de las cuatro cepas microbianas: *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*. Las cuatro cepas fueron previamente cultivadas en caldo Brain Heart Infusion (BHI) hasta alcanzar crecimiento activo.

- Día 2 – Contaminación y desinfección de conos

Se tomaron volúmenes iguales de cada cultivo en fase activa y se mezclaron en dos placas Petri estériles, obteniéndose así un caldo polimicrobiano homogéneo. La mezcla se homogenizó suavemente para asegurar la distribución equitativa de las cuatro cepas en las placas y así garantizar que todos los conos sean expuestos a la misma carga microbiana.

Los conos de gutapercha (n=60) fueron sumergidos 30 en cada placa Petri, durante 2 horas para asegurar su contaminación.

Pasadas las 2 horas, los conos fueron enjuagados con agua destilada estéril, y se dividieron aleatoriamente en tres grupos de estudio (n=20 por cada grupo) durante 1 minuto. El tiempo de inmersión de un minuto fue seleccionado siguiendo estudios previos que señalan que lapsos cortos (1–3 minutos) son suficientes para lograr una desinfección efectiva de los conos de gutapercha sin alterar sus propiedades físicas y resultan clínicamente aplicables en la práctica odontológica. Oyarzún, Rodrigo evaluó hipoclorito de sodio, clorhexidina y alcohol en conos contaminados a 1 y 3 minutos, encontrando eficacia en ambos tiempos (12). Ramos, Sandra comparó alcohol, hipoclorito y clorhexidina a 1 y 2 minutos, demostrando efectividad significativa incluso en tiempos breves (13).

- Grupo 1: Hipoclorito de sodio al 5.25% (1 minuto)
- Grupo 2: Alcohol etílico al 70% (1 minuto)
- Grupo 3: Clorhexidina al 2% (1 minuto)
- Cada cono fue colocado individualmente en un tubo de ensayo estéril con caldo BHI para su incubación y posterior lectura.
- Día 3 - Primera lectura de turbidez (luego de 24 horas)

- Día 4 – Segunda lectura de turbidez (luego de 48 horas)
- Día 5 – Tercera lectura de turbidez (quinto día)
- Las lecturas de turbidez se realizaron mediante la observación visual de la turbidez del medio de cultivo en los tubos de ensayo. Se consideró “transparente” cuando no se observó crecimiento microbiano y “turbio” cuando se observó crecimiento bacteriano.

Los resultados obtenidos fueron registrados en una hoja y posteriormente sometidos a un análisis estadístico para determinar diferencias significativas entre los tres grupos.

4.2. Instrumento documental

4.2.1. Especificación

Se utilizó el instrumento denominado ficha de registro experimental, el cual nos permitió ordenar los datos obtenidos en la evaluación microbiológica (33).

4.2.2. Estructura del instrumento

La ficha de registro se organizó en las siguientes secciones:

- Muestra
- Grupo experimental al que pertenece (hipoclorito, clorhexidina, alcohol etílico)

4.2.3. Modelo del instrumento

Ficha de recolección de datos (revisar Anexo 2)

4.2.4. Materiales de verificación

4.2.4.1. Equipos de laboratorio

- Estufa de incubación

4.2.4.2. Instrumental de laboratorio

- Guantes estériles
- Mechero
- Pinzas estériles
- Tubos de ensayo estériles

- Placas Petri
- Micropipetas y puntas estériles
- Medio de cultivo (Agar BHI)

4.2.4.3. Instrumental de odontología

- Conos de gutapercha (Marca GAPADENT)
- Hipoclorito de sodio al 5.25%
- Clorhexidina al 2%
- Alcohol etílico al 70%

4.2.4.4. Material biológico

- Se emplearon las siguientes cepas microbianas:
- *Streptococcus mutans* UA159
- *Candida albicans* ATCC 10231
- *Staphylococcus aureus* ATCC 29213
- *Enterococcus faecalis* ATCC 29212

Estas cepas fueron donadas por el candidato a Dr. Emilio Ponce Fuentes, del departamento de Microbiología de la Facultad de Odontología de Piracicaba, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP).

5. Plan de análisis

5.1. Plan de procesamiento de datos

Todos los datos fueron registrados en un instrumento que fue llenado por el investigador, luego se organizaron los datos en tablas y gráficos.

6. Consideraciones éticas

- Se solicitó autorización al coordinador Laboratorio de Químico de Proteínas del Vicerrectorado de Investigación de la UCSM para el uso de instalaciones y materiales.
- El procedimiento se realizó respetando las normas de bioseguridad del laboratorio.
- El estudio fue de tipo experimental e in vitro, no involucro muestras biológicas de seres humanos ni de animales, por lo que no requirió aprobación de un comité de ética en investigación con sujetos humanos.

7. Recursos

7.1. Recursos humanos

- Investigadora: Cuela Miranda Claudia Astrid
- Asesor: Dr. Obando Pereda Gustavo Alberto

7.2. Recursos físicos

- Computadora, laptop.
- Cámara
- Útiles de escritorio
- Equipos de laboratorio

7.3. Recursos económicos

El presupuesto fue autofinanciado por la investigadora

7.4. Recursos institucionales

- Universidad Católica de Santa María
- Laboratorio de Químico de Proteínas del Vicerrectorado de Investigación de la UCSM



CAPÍTULO III RESULTADOS

Tabla 2

Lectura 1 - Primer día. Prueba de Kruskal-Wallis

P valor	<0,0001
P valor grafico	****
¿Es significativo (P < 0,05)?	Si
Numero de grupos	3
Kruskal-Wallis estadístico	35.91

La prueba estadística Kruskal-Wallis demostró que hay diferencia estadística entre los grupos experimentales ($p < 0.0001$)

Tabla 3

Lectura 1 - Primer día. Prueba de múltiple comparación de Dunn

	Diferencia de medias	Significante?	P valor
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs. Alcohol al 70%	-21	Si	<0,0001
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs Clorhexidina al 2%	0	No	>0,9999
Alcohol al 70% vs. Clorhexidina al 2%	21	Si	<0,0001

La prueba estadística de comparación múltiple de Dunn, mostró que entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con el alcohol a 70% si hubo una diferencia estadística con un $p > 0.0001$. Entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con la clorhexidina al 2% no hubo diferencia estadística ($p > 0.9999$). Entre el alcohol al 70% en comparación con la clorhexidina al 2% si tuvo una diferencia estadística con un $p < 0.0001$. Estos resultados demuestran que el hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% fueron efectivos en la desinfección de los conos de gutapercha a las 24 horas.

Tabla 4

Lectura 2 - Segundo día. Prueba de Kruskal-Wallis

P valor	<0,0001
P valor grafico	****
¿Es significativa (P < 0,05)?	Si
Numero de grupos	3
Kruskal-Wallis estadístico	35.91

La prueba estadística Kruskal-Wallis demostró que hay diferencia estadística entre los grupos experimentales ($p < 0.0001$)

Tabla 5

Lectura 2 - Segundo día. Prueba de múltiple comparación de Dunn

	Diferencia de medias	Significante?	P valor
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs. Alcohol al 70%	-21	Si	<0,0001
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs Clorhexidina al 2%	0	No	>0,9999
Alcohol al 70% vs. Clorhexidina al 2%	21	Si	<0,0001

La prueba estadística de comparación múltiple de Dunn, mostró que entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con el alcohol a 70% si hubo una diferencia estadística con un $p > 0.0001$. Entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con la clorhexidina al 2% no hubo diferencia estadística ($p > 0.9999$). Entre el alcohol al 70% en comparación con la clorhexidina al 2% si tuvo una diferencia estadística con un $p < 0.0001$. Estos resultados demuestran que el hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% fueron efectivos en la desinfección de los conos de gutapercha a las 48 horas.

Tabla 6

Lectura 3 – Quinto día. Prueba de Kruskal-Wallis

P valor	<0,0001
P valor grafico	****
¿Es significativo ($P < 0,05$)?	Si
Numero de grupos	3
Kruskal-Wallis estadístico	50.57

La prueba estadística Kruskal-Wallis demostró que hay diferencia estadística entre los grupos experimentales ($p < 0.0001$)

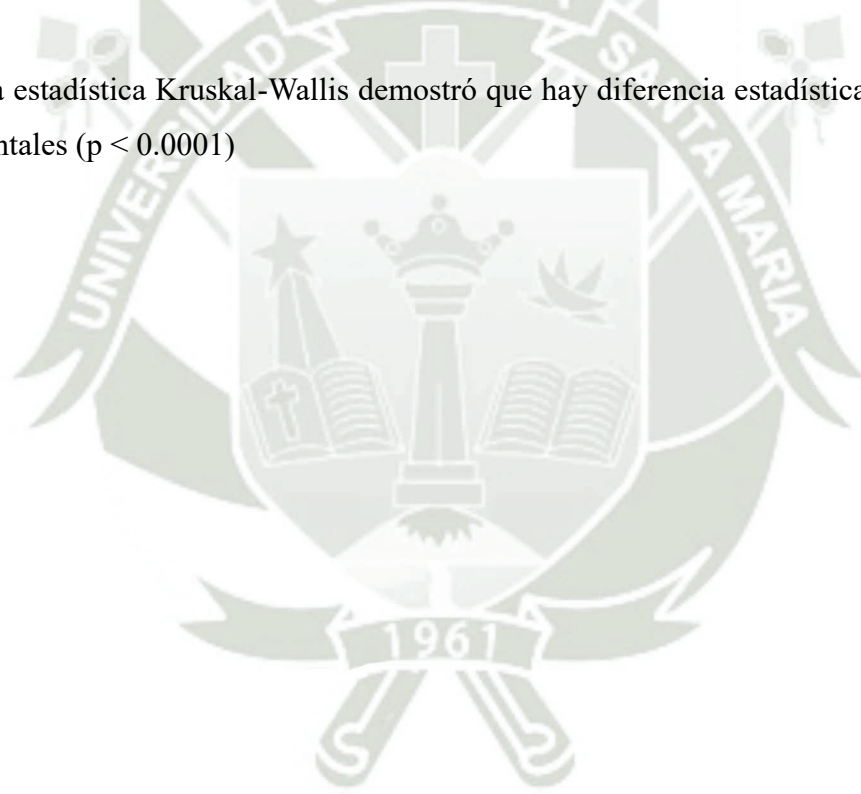


Tabla 7

Lectura 3 – Quinto día Prueba de múltiple comparación de Dunn

	Diferencia de medias	Significante?	P valor
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs. Alcohol al 70%	-27	Si	<0,0001
Hipoclorito de sodio al 5.25% vs Clorhexidina al 2%	0	No	>0,9999
Alcohol al 70% vs. Clorhexidina al 2%	27	Si	<0,0001

La prueba estadística de comparación múltiple de Dunn, mostró que entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con el alcohol a 70% si hubo una diferencia estadística con un $p > 0.0001$. Entre el hipoclorito de sodio al 5.25% en comparación con la clorhexidina al 2% no hubo diferencia estadística ($p > 0.9999$). Entre el alcohol al 70% en comparación con la clorhexidina al 2% si tuvo una diferencia estadística con un $p < 0.0001$. Estos resultados demuestran que el hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% fueron efectivos en la desinfección de los conos de gutapercha a los 5 días.

Tabla 8

Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°1 – Primer día.

GRUPO	MEDIANA	RIC(Q1-Q3)	% CONTAMINACION
Hipoclorito de sodio 5.25%	0	0-0	0%
Clorhexidina 2%	0	0-0	0%
Alcohol etílico al 70	1	0-1	70%

En la primera lectura, tanto el hipoclorito de sodio al 5.25% como la clorhexidina al 2% mostraron una mediana de 0, con un RIC de 0-0 y 0% de contaminación, lo que confirma la ausencia total de crecimiento microbiano en todos los conos de gutapercha. Sin embargo, el alcohol etílico al 70% presentó una mediana de 1 y un RIC de 0-1, lo que refleja variabilidad entre las muestras: 70% de los conos mostraron turbidez, mientras que el 30% permanecieron libres de contaminación.

Tabla 9

Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°2 – Segundo día

GRUPO	MEDIANA	RIC(Q1-Q3)	% CONTAMINACION
Hipoclorito de sodio 5.25%	0	0-0	0%
Clorhexidina 2%	0	0-0	0%
Alcohol etílico al 70	1	1-1	80%

En la segunda lectura, el hipoclorito de sodio y la clorhexidina mantuvieron una mediana de 0, RIC 0-0 y 0% de contaminación. En cambio, en el grupo de alcohol etílico, la mediana fue de 1 y el RIC 1-1, indicando que la gran mayoría de los conos presentaron turbidez. El porcentaje de contaminación se incrementó a 80%, mostrando una tendencia al aumento de crecimiento microbiano en el tiempo.

Tabla 10

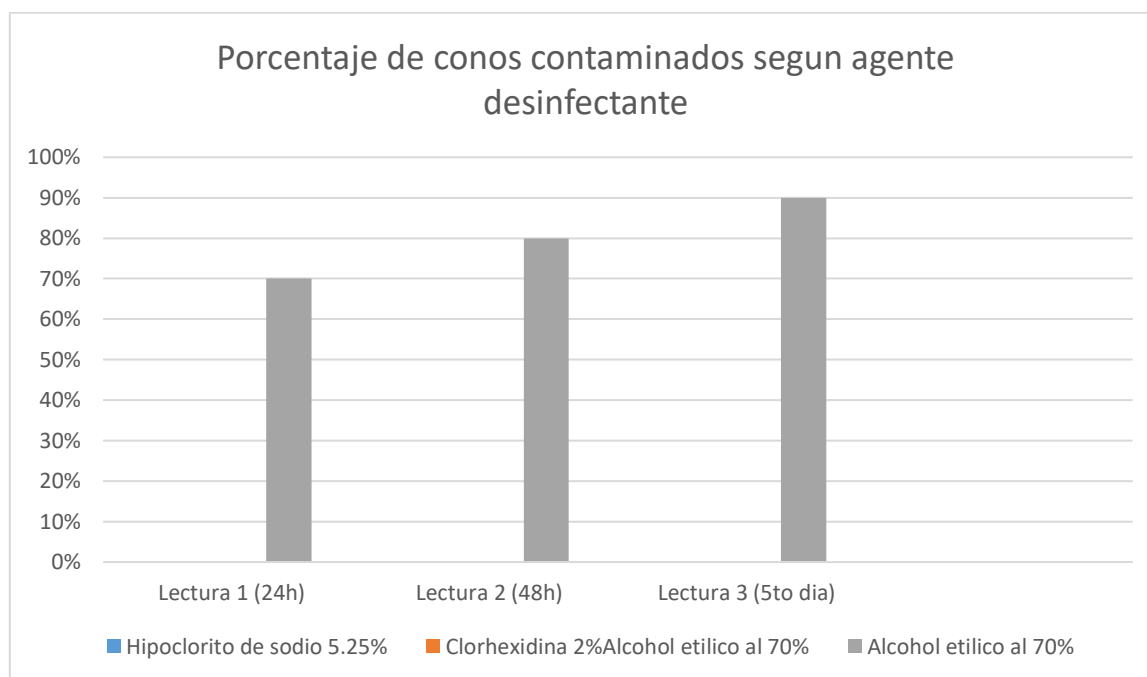
Medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y porcentajes de contaminación en conos de gutapercha – Lectura N°3 – Quinto día.

GRUPO	MEDIANA	RIC(Q1-Q3)	% CONTAMINACION
Hipoclorito de sodio 5.25%	0	0-0	0%
Clorhexidina 2%	0	0-0	0%
Alcohol etílico al 70	1	1-1	90%

En la tercera lectura, se mantuvo la ausencia de contaminación en los grupos de hipoclorito de sodio y clorhexidina (mediana 0, RIC 0-0, 0%). En el caso del alcohol, la mediana fue 1, con un RIC 1-1, evidenciando uniformidad en los resultados, ya que casi todos los conos resultaron turbios. El 90% de las muestras presentaron crecimiento microbiano, confirmando la baja eficacia del alcohol como desinfectante en comparación con el hipoclorito y la clorhexidina.

Figura 1

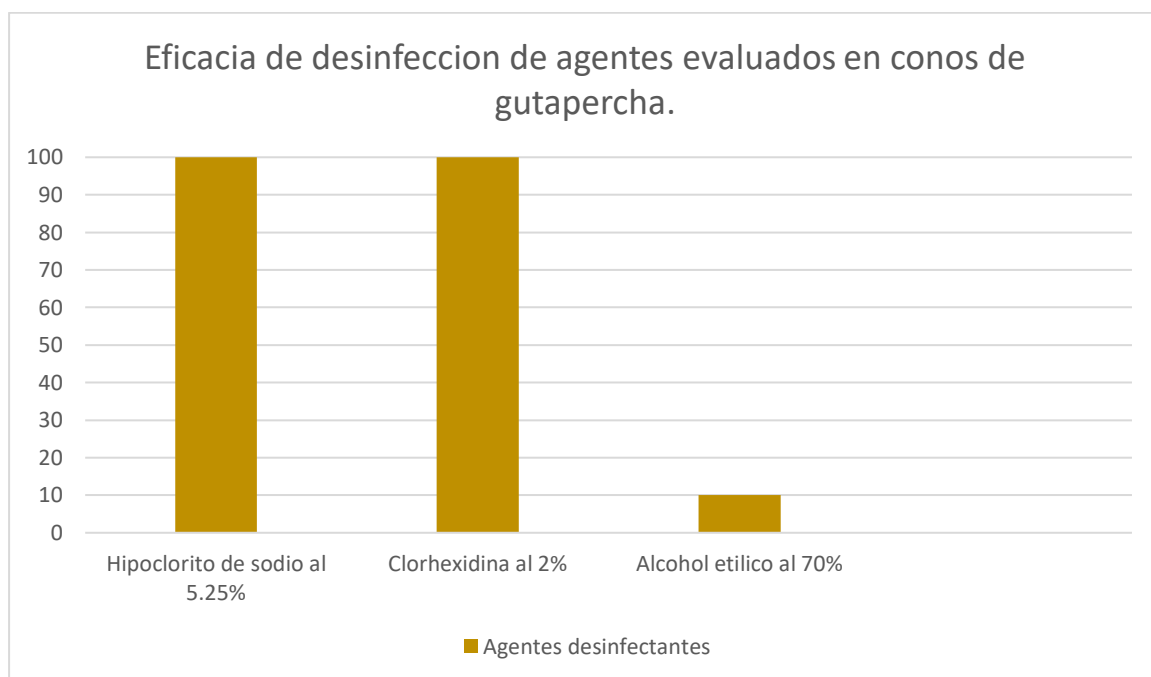
Porcentaje de conos de gutapercha contaminados según agente desinfectante en tres lecturas (24h, 48h, 5to día).



Se observa que los conos tratados con hipoclorito de sodio 5.25% y clorhexidina al 2% mantuvieron un 0% de contaminación en todas las lecturas. En contraste, los conos desinfectados con alcohol etílico al 70% mostraron porcentajes crecientes de contaminación: 70% en la primera lectura, 80% en la segunda y 90% en la tercera.

Figura 2

Eficacia de desinfección de agentes evaluados en conos de gutapercha (Lectura final, 5to día)



El hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% lograron una eficacia del 100% en la desinfección de los conos, mientras que el alcohol etílico al 70% mostro una eficacia reducida del 10% al quinto día.

DISCUSIÓN

El presente estudio fue realizado para comparar la efectividad de tres agentes antimicrobianos como son el hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2%, y el alcohol etílico al 70 % en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*). Los resultados de esta investigación demostraron que a los 5 días encontramos que el hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% fueron eficaces en comparación con el alcohol que presento una eficacia baja e insuficiente desde el primer día. Esto quiere decir que la clorhexidina al 2% y el hipoclorito de sodio al 5.25% son bactericidas y fungicidas al minuto de desinfectar la gutapercha.

Estos hallazgos coinciden con antecedentes nacionales como el de Carhuanira, Elda, quien reporto mayor efectividad del hipoclorito de sodio al 5.25% frente a la clorhexidina y al alcohol (28), y con Cuyan, Mary que confirmo la superioridad del hipoclorito de sodio en la desinfección de conos contaminados con *E. faecalis* (32). A nivel internacional, Bracciale et al también demostraron la eficacia del hipoclorito de sodio y clorhexidina frente a bacterias endodónticas, en contraste con otros agentes menos consistentes (34).

La eficacia que se observó con clorhexidina en esta investigación refuerza su papel como agente desinfectante alternativo al hipoclorito debido a que estudios recientes sostienen que la clorhexidina posee efecto antimicrobiano prolongado, es menos irritante que el hipoclorito y puede ser clínicamente útil en pacientes sensibles o en situaciones donde se busca preservar las propiedades físico-químicas de la gutapercha (11,35). Carvalho et al, en Brasil encontraron que tanto NaOCL como CHX resultaron efectivos en tiempos cortos de inmersión, lo cual concuerda con la metodología empleada en este trabajo (21).

En contraste, el alcohol etílico al 70% mostro una eficacia mínima en nuestro estudio. Este resultado concuerda con lo descrito por Ramos, Sandra quien encontró que el alcohol no fue comparable con el hipoclorito y la clorhexidina en la reducción de UFC (13). De manera similar, Oyarzun, Rodrigo señalo que, aunque el alcohol puede reducir parcialmente la contaminación, no es suficiente para garantizar la esterilidad clínica (12). Estos hallazgos cuestionan su empleo como desinfectante único de conos de gutapercha. Sin embargo, es importante considerar que la baja eficacia observada podría estar relacionada con el método de aplicación empleado en este estudio, por lo que otros métodos, como la frotación directa, podrían haber dado resultados distintos.

Un aspecto innovador de este estudio fue el uso de un caldo polimicrobiano con bacterias y hongos, que refleja condiciones clínicas más realistas. Estudios como el de Pauletto et al, han destacado la importancia de incluir *C. albicans* por su resistencia y capacidad de formar biopelículas (36). Nuestros resultados demostraron que tanto el hipoclorito de sodio como la clorhexidina fueron capaces de inhibir su crecimiento, lo que aporta evidencia valiosa para protocolos de desinfección efectivos frente a organismos persistentes.

Respecto al tiempo de inmersión, se seleccionó un minuto, sustentado en estudios previos como las de Oyarzun, Rodrigo y Ramos, Sandra que evidencian eficacia de los desinfectantes en tiempos breves clínicamente aplicables (12,13). Teles et al, también destacan que protocolos rápidos son esenciales en la práctica clínica para mantener la eficacia sin comprometer la seguridad del material (37).

Limitaciones del estudio: El presente estudio presentó algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, no se evaluaron los cambios fisicoquímicos en la estructura de la gutapercha después de haber sido expuestos a las soluciones desinfectantes, aspecto que podría influir en sus propiedades clínicas. Asimismo, se trabajó con un único tiempo de exposición (1 minuto), lo cual no permite establecer comparaciones con tiempos más prolongados o más cortos.

Relevancia clínica: La confirmación de la eficacia del hipoclorito de sodio y la clorhexidina en un modelo polimicrobiano refuerza su utilidad como desinfectantes de elección para conos de gutapercha. La aplicación de protocolos rápidos, como el empleado en este estudio, contribuye a reducir el riesgo de reinfecciones endodónticas y la persistencia microbiana, mejorando la seguridad y el éxito del tratamiento endodóntico.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que:

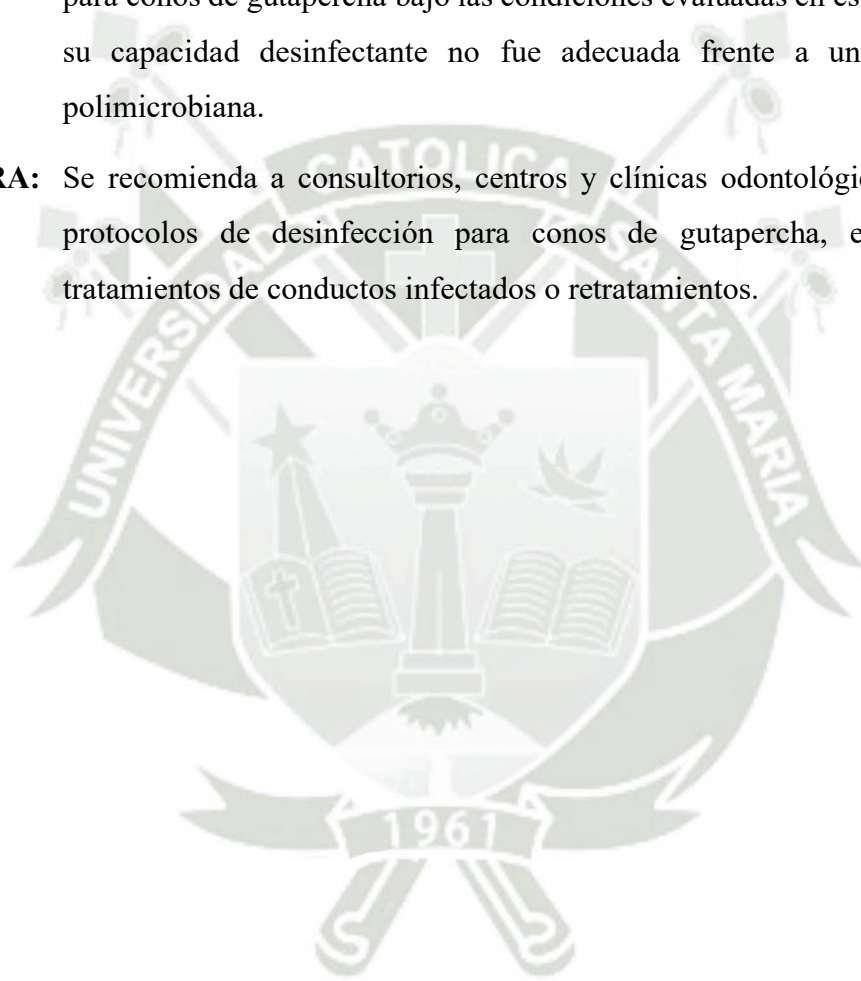
PRIMERA: El hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% demostraron ser agentes desinfectantes eficaces en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*), lo que confirma su acción bactericida y fungicida.

SEGUNDA: El alcohol etílico al 70% no logro eliminar de manera efectiva la carga microbiana presente en el caldo polimicrobiano durante los tres días de evaluación, demostrando así una eficacia limitada frente a bacterias resistentes y hongos.

TERCERA: Existe diferencias significativas en la eficacia antimicrobiana entre los agentes antimicrobianos evaluados, siendo el hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% notablemente superiores al alcohol etílico al 70% en términos de reducción total de la carga microbiana.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda el uso de hipoclorito de sodio al 5.25% y la clorhexidina al 2% para la desinfección de conos de gutapercha, debido a su eficacia frente a mezclas polimicrobianas que incluyen patógenos comunes (*S. mutans*, *S. aureus*) bacterias resistentes (*E. faecalis*) y hongos (*C. albicans*).
- SEGUNDA:** No se recomienda el uso de alcohol etílico al 70% como agente desinfectante para conos de gutapercha bajo las condiciones evaluadas en este estudio, ya que su capacidad desinfectante no fue adecuada frente a una contaminación polimicrobiana.
- TERCERA:** Se recomienda a consultorios, centros y clínicas odontológicas que incluyan protocolos de desinfección para conos de gutapercha, especialmente en tratamientos de conductos infectados o retratamientos.

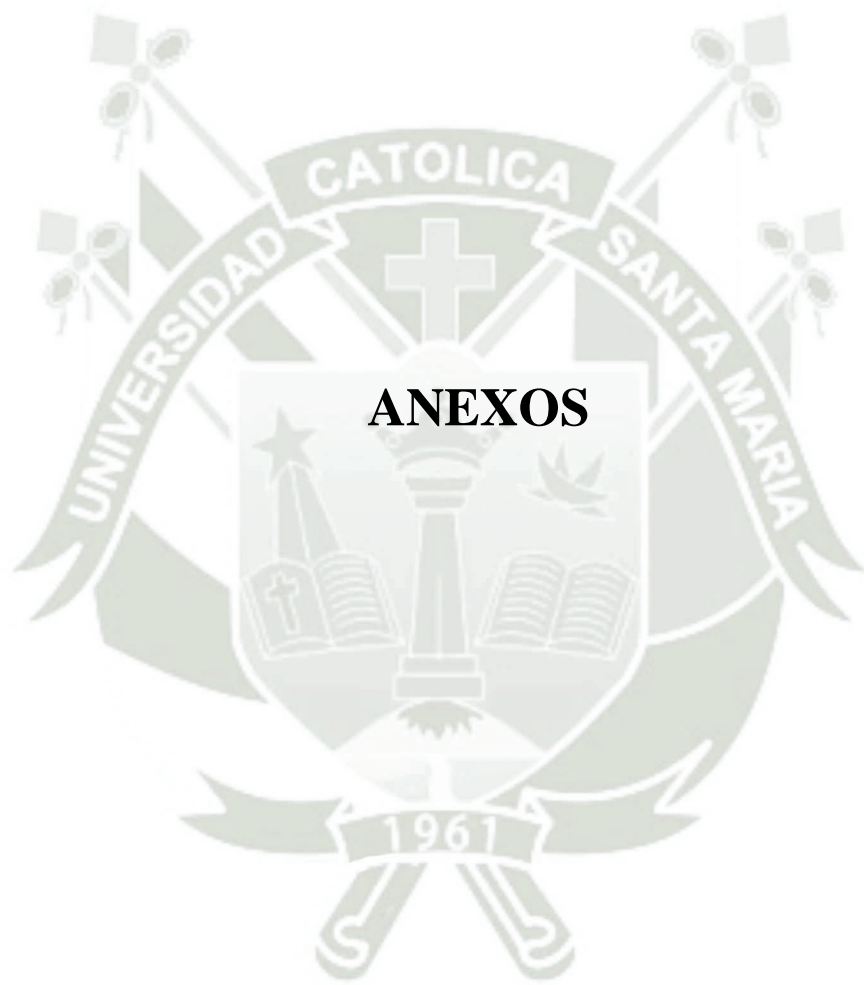


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nacif, Marcelino; Alves, F. Contaminacion de los conos de gutapercha para uso clinico por parte de odontologos y endodoncistas. *Revista Facultad de Odontologia*. 2017; 28(2): 335-349.
2. Lima et al. Phenotypic and Genotypic Characterization of Streptococcus mutans Strains Isolated from Endodontic Infections. *Journal of endodontics*. 2020; 46(12): 1876-1883.
3. Gutiérrez et al. Estudio de la presencia de enterococcus faecalis, staphylococcus aureus y candida albicans en los núcleos elaborados en la Clínica Odontológica de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2016.
4. Terrazas et al. Importancia de la desinfección de Los conos de Gutapercha. *Orbis Tertius - UPAL*. 2020; 4: 45-83.
5. Flores A, Orellana A. Técnicas y sistemas actuales de obturación en endodoncia. Revisión crítica de la literatura. *Revista KIRU ISSN (Impreso)*. 2018; 15(2): 2410-2717.
6. Cervantes R. Grado de contaminación microbiana en los conos de gutapercha de cajas abiertas y selladas de fábrica: [Tesis para optar el Grado de Especialista en Endoperiodontología]; 2024.
7. Chung J. Efectividad in vitro de diferentes agentes antimicrobianos en la desinfección de conos de gutapercha: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2019.
8. Kayaoglu et al. Examination of gutta-percha cones for microbial contamination during chemical use. *J Appl Oral Sci*. 2009; 17(3): 244-7.
9. Vishwanath V, Rao H. Gutta-percha in endodontics – A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent*. 2019; 22(3): 216-22.
10. Alegría A, Centeno K. Evaluación in vitro de la efectividad de los agentes antimicrobianos en la desinfección de conos de gutapercha de los centros odontológicos del cercado de Ica en el año 2016: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2016.
11. Mohammadi Z, Abbott P. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*. 2009; 42(4): 288-302.
12. Oyarzun R. Efectividad de soluciones desinfectantes de uso habitual sobre conos de gutapercha previamente contaminados: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2007.
13. Ramos S. Efectividad de desinfectantes odontológicos en conos de gutapercha: [Tesis para

- optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2020.
14. Narayanan L, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. *J Conserv Dent*. 2010; 13(4): 233-9.
 15. Cruz et al. Microanálisis químico puntual y topográfico en gutaperchas expuestas a hipoclorito de sodio y óxido dialil de disulfuro modificado. *Endodonc Act*. 2019; 14(2).
 16. Rodríguez M. Comparación in vitro del efecto antibacteriano de tres agentes químicos sobre conos de gutapercha inoculados con cepa de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212): [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2020.
 17. Hosseini et al. El uso potencial de bacteriófagos como agentes antibacterianos en infecciones dentales. *Virol J*. 2024; 21: 258.
 18. Wiczorkiewicz et al. Microbial dynamics in endodontic pathology—from bacterial infection to therapeutic interventions: a narrative review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(22): 11877.
 19. Jiménez et al. Eficiencia de diferentes protocolos de desinfección de conos de gutapercha con NaOCl, ante las especies *S. aureus* y *E. faecalis*. *Rev Cient Odontol*. 2014; 10(1): 37-41.
 20. Angarita et al. Análisis de *Enterococcus Faecalis*, *Staphylococcus Aureus* y *Candida Albicans* en núcleos colados en metal base. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2017; 28(2): 292-310.
 21. Carvalho et al. Decontamination of Gutta-percha Cones employed in Endodontics. *Acta odontol. latinoam*. 2020; 33(1): 45-49.
 22. Toledo L. Evaluación clínica y microscópica de los conos de gutapercha de la serie 45-80 que se distribuyen en la ciudad de Guatemala: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2006.
 23. Anampa T, Villcas K. Efectividad de diferentes agentes de desinfección y características superficiales de conos de gutapercha utilizadas en la clínica dental especializada, UTEA, Apurímac-2018: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2018.
 24. Gomes et al. Desinfección de conos de gutapercha con clorhexidina e hipoclorito de sodio. *Oral Pathol. Oral Radiol Endod*. 2005; 100(4): 512–7.
 25. Torres et al. La clorhexidina, bases estructurales y aplicaciones en la estomatología. *Gac Méd Espirit*. 2009; 11(1).
 26. Terrazas et al. Importancia de la desinfección de los conos de gutapercha. *OrbTer*. 2020;

- 4(7): 45-83.
27. Palomeque et al. Comparación de la efectividad del hipoclorito de sodio y clorhexidina como agentes de desinfección en conductos endodónticos: revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Rev Cient Multidiscip.* 2023; 7(5): 2344.
 28. Carhuanira E. Efectividad de tres agentes antimicrobianos en la desinfección de los conos de gutapercha: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2018.
 29. Castillo L, Luisina D. Evaluación in vitro del hipoclorito de sodio y el gluconato de clorhexidina como agentes químicos para la descontaminación de conos de gutapercha: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2013.
 30. Bernal C. Uso de alcohol de 96° ó de 70°: disyuntiva en tiempos de COVID-19. *CTSCAFE.* 2020; 4(12): 8.
 31. Condori N. Acción desinfectante del glutaraldehído al 2% y el hipoclorito de sodio al 2% sobre los conos de gutapercha. *Clínica odontológica de la UCSM:* [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2000.
 32. Cuyan M. Comparación entre el efecto del extracto hidroetanólico de semillas de *Caesalpinia spinosa* (tara), hipoclorito al 5,25% y gluconato de clorhexidina al 2% en la desinfección in vitro de conos de gutapercha contaminados con *Enterococcus faecalis* ATCC 29212: [Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]; 2019.
 33. Hernández et al. *Metodología de la investigación:* Mac Graw Hill; 2014.
 34. Bracciale et al. Evaluation of gutta-percha disinfection protocols: an in vitro study. *Eur Endod J.* 2020; 5(2): 105–10.
 35. Mishra et al. Disinfection of gutta-percha cones: a systematic review. *Int Endod J.* 2024; 5(3): 245–56.
 36. Pauletto et al. Antimicrobial efficacy of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite against *Candida albicans* in contaminated gutta-percha cones. *Int J Dent.* 2024;: 1–7.
 37. Teles et al. Rapid chairside disinfection protocols for gutta-percha cones: a clinical perspective. *Int J Dent.* 2024;: 1–8.



Anexo 1

Permiso para la utilización del laboratorio

Anexo x:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIZACION

El que suscribe *Professor* Luis Alberto Ponce Soto Ph.D. con DNI N°29546298, Docente Investigador y Coordinador del laboratorio de Química de Proteínas del Vicerrectorado de Investigación F-401, de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

DECLARO:

Que el trabajo de Investigación denominado: **“Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25%, clorhexidina al 2% y alcohol etílico al 70% en la desinfección de conos de gutapercha contaminados con un caldo polimicrobiano (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*) AREQUIPA, 2025.”**, se realizará por la Alumno: ***Claudia Astrid Cuela Miranda***, y docente ***Dr. Gustavo Alberto Obando Pereda*** en las instalaciones del laboratorio de Química de Proteínas, bajo mi supervisión.

Se expide la presente a solicitud de los interesados para los fines debidos.

Arequipa, 31 de julio del 2025.

Atentamente,



Professor Luis Alberto Ponce Soto
Coordinador del Laboratorio de Química de Proteínas
Vicerrectorado de Investigación
Universidad Católica de Santa María

ORCID: 0000-0001-5976-2913
<https://orcid.org/0000-0001-5976-2913>
Other IDs
Scopus Author ID: 8987609300
ResearcherID: B-1328-2017.

vrinvestigacion@ucsm.edu.pe

Teléfono: 382038. Anexo 1111

Universidad Católica de Santa María de Arequipa – Perú

Anexo 2

Ficha de recolección de datos

MUESTRA	HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%	ALCOHOL ETILICO AL 70%	CLORHEXIDINA AL 2%
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

0 = Transparente

1 = Turbio

LECTURA 1 PRIMER DÍA

TABULACION PRIMER DIA

MUESTRA	HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%	ALCOHOL ETILICO AL 70%	CLORHEXIDINA AL 2%
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	1	0
4	0	0	0
5	0	1	0
6	0	1	0
7	0	1	0
8	0	0	0
9	0	1	0
10	0	1	0
11	0	1	0
12	0	1	0
13	0	0	0
14	0	1	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	1	0
18	0	1	0
19	0	1	0
20	0	0	0

0 = Transparente

1 = Turbio

LECTURA 2 SEGUNDO DIA

TABULACION SEGUNDO DIA

MUESTRA	HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%	ALCOHOL ETILICO AL 70%	CLORHEXIDINA AL 2%
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	1	0
4	0	1	0
5	0	1	0
6	0	1	0
7	0	1	0
8	0	0	0
9	0	1	0
10	0	1	0
11	0	1	0
12	0	1	0
13	0	0	0
14	0	1	0
15	0	1	0
16	0	0	0
17	0	1	0
18	0	1	0
19	0	1	0
20	0	0	0

0 = Transparente

1 = Turbio

LECTURA 3 QUINTO DIA

TABULACION QUINTO DIA

MUESTRA	HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25%	ALCOHOL ETILICO AL 70%	CLORHEXIDINA AL 2%
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	1	0
4	0	1	0
5	0	1	0
6	0	1	0
7	0	1	0
8	0	0	0
9	0	1	0
10	0	1	0
11	0	1	0
12	0	1	0
13	0	0	0
14	0	1	0
15	0	1	0
16	0	1	0
17	0	1	0
18	0	1	0
19	0	1	0
20	0	1	0

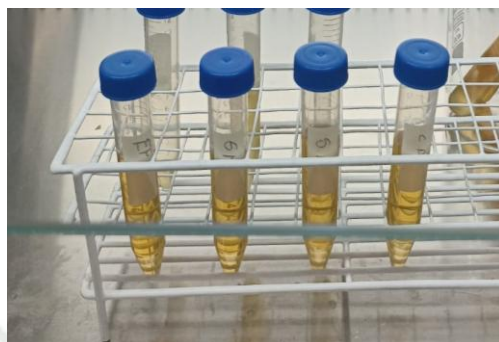
0 = Transparente

1 = Turbio

Anexo 3

Secuencias fotográfica

Replicación de las cuatro cepas microbianas



Formación del cultivo polimicrobiano en dos placas Petri



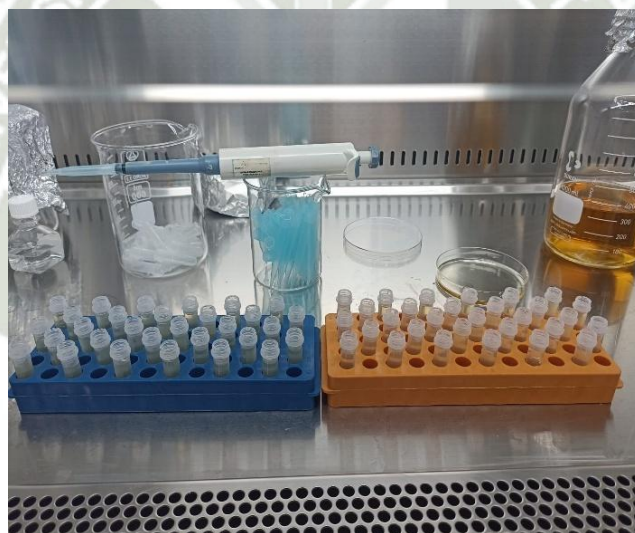
Sumersión de los conos de gutapercha en el caldo polimicrobiano por 2 horas.



Preparación y esterilización del medio de cultivo y los instrumentos



Distribución del medio de cultivo BHI en cada tubo de ensayo



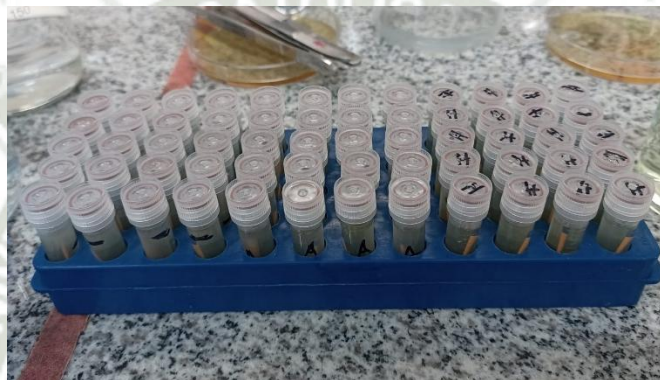
Conos de gutapercha enjuagados con agua estéril



Desinfección de los conos con las soluciones desinfectantes por 1 minuto



Colocación de cada cono desinfectado en los tubos de ensayo



Resultados

