

L.O. TANIA YOLANDA GACHUZO ROJAS

EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN LA ACCIÓN ANTIMICROBIANA DEL  
HIPOCLORITO DE SODIO CONTRA *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

2024



**Universidad Autónoma de Querétaro**

**Facultad de Medicina**

**“EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN LA ACCIÓN ANTIMICROBIANA  
DEL HIPOCLORITO DE SODIO CONTRA *ENTEROCOCCUS  
FAECALIS*”**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos  
para obtener el Diploma de la

**ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Presenta:

L.O. Tania Yolanda Gachuzo Rojas

Dirigido por:

D. en E.M.O.E.E. Santiago Andaracua García

Querétaro, Qro. Noviembre 2024

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Especialidad en Endodoncia

“Efecto de la temperatura en la acción antimicrobiana del  
hipoclorito de sodio contra *Enterococcus faecalis*”

### **Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la  
Especialidad en Endodoncia

#### **Presenta:**

L.O. Tania Yolanda Gachuzo Rojas

#### **Dirigido por:**

D. en E.M.O.E.E. Santiago Andaracua García

D. en E. Santiago Andaracua García  
Presidente

C.D. E.E. Irak Osiris Villarreal Vera  
Secretario

Dra. Rosa Martha Pérez Serrano  
Vocal

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez  
Suplente

E.E. Luciano Tinajero Bueno  
Suplente

Centro Universitario,  
Querétaro, Qro. Noviembre 2024  
México

## Resumen

**Introducción:** El objetivo del tratamiento de conductos radiculares es eliminar los restos de tejido pulpar, tanto vital como necrótico, así como microorganismos y sus toxinas además de la prevención de reinfección. Entre los patógenos endodónticos, *Enterococcus faecalis* se reconoce como la especie más resistente y se vincula a menudo con los fracasos en los tratamientos endodónticos. Para lograr la erradicación de los microorganismos del sistema de conductos se requiere un uso combinado de instrumentación y protocolos de control de desinfección química.

**Objetivo:** Determinar a qué temperatura el NaOCl en concentración de 2.25% tiene mayor efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis*, a 18°C o a 38°C.

**Materiales y métodos:** Se utilizó un diseño experimental *in vitro* con 42 dientes anteriores humanos extraídos, estandarizados a una longitud de 14mm e instrumentados hasta un ISO 30. Se dividieron en 3 recipientes etiquetados con el nombre de cada grupo experimental: Grupo solución salina, grupo NaOCl 18°C y grupo NaOCl 36°C. Posteriormente se inocularon con *Enterococcus faecalis* y se incubaron por un periodo de 3 semanas a 36°C. Los conductos radiculares se irrigaron con la solución correspondiente y técnica pasiva. Para la recolección de muestras, se introdujeron puntas de papel estériles a la longitud de trabajo durante 15 segundos. Para evaluar la actividad antimicrobiana, se empleó el método de conteo de UFC (Unidades Formadoras de Colonias).

**Resultados:** El grupo control de solución salina presentó el mayor número de UFC con un promedio de 203, seguido del grupo de NaOCl a 18°C con un promedio de 5.35 y NaOCl a 36°C con un promedio de 3.78. Sin embargo, la comparación *Post Hoc* entre grupos no mostró diferencias significativas entre NaOCl a 18°C y NaOCl a 38°C.

**Conclusiones:** El hipoclorito de sodio a 18° o a 38°C presenta la misma actividad antimicrobiana frente a *Enterococcus faecalis*.

**Palabras clave:** Hipoclorito de sodio, *Enterococcus faecalis*, acción antimicrobiana, temperatura de NaOCl, Irrigantes.

## Summary

**Introduction:** The objective of root canal treatment is to achieve the removal of vital and necrotic remains of pulp tissues, microorganisms and microbial toxins from the root canal system, as well as the prevention of reinfection. Among endodontic pathogens, *Enterococcus faecalis* is considered the most resistant species and is associated with endodontic treatment failures. To achieve the eradication of microorganisms from the duct system, a combined use of instrumentation and chemical disinfection control protocols is required. **Objective:** To determine at what temperature NaOCl in a concentration of 2.25% has the greatest antimicrobial effect against *Enterococcus faecalis*, at 18°C or 38°C. **Materials and Methods:** An *in vitro* experimental design was used with 42 extracted human anterior teeth, standardized to a length of 14mm and instrumented up to ISO 30. They were divided into 3 containers labeled with the name of each experimental group: Saline Group, 18°C NaOCl Group and 36°C NaOCl Group. They were then inoculated with *Enterococcus faecalis* and incubated for a period of 3 weeks at 36°C. The root canals were irrigated with the corresponding solution and passive technique. For sample collection, sterile paper tips were inserted at working length for 15 seconds. The CFU (Colony Forming Units) count was used as a method to evaluate antimicrobial activity. **Results:** The saline control group had the highest number of CFUs with an average of 203, followed by the NaOCl group at 18°C with an average of 5.35 and NaOCl at 36°C with an average of 3.78. However, the Post Hoc comparison between groups showed no significant differences between NaOCl at 18°C and NaOCl at 38°C. **Conclusions:** Either sodium hypochlorite at 18°C or preheated at 38°C has the same antimicrobial activity against *Enterococcus faecalis*.

**Keywords:** Sodium Hypochlorite, *Enterococcus faecalis*, Antimicrobial Action, NaOCl Temperature, Irrigants.

## **Dedicatorias**

En honor a ella.

## **Agradecimientos**

Mi eterno agradecimiento a Juan Javier por estar presente siempre, apoyarme y por darme el mejor ejemplo de responsabilidad, esfuerzo y constancia.

Gracias, Catalina, Paty y Ru, por ser mi refugio y mi pilar, por confiar incondicionalmente en mí. Gracias a ustedes, aprendo a nunca rendirme.

Jesús, quiero darte las gracias, ha sido una verdadera fortuna haber encontrado en ti mi soporte y mi compañero de vida. Gracias por enseñarme tanto y por ser el cómplice perfecto de este sueño.

Agradezco a Emma y Emilia que son mi rayito de sol y la motivación que me impulsa a ser una mejor versión de mí.

Gracias familia, los quiero con todo mi corazón y este trabajo es para ustedes.

Con orgullo de formar parte de la comunidad 100% UAQ, agradezco a mi alma máter, la Universidad Autónoma de Querétaro, por haberme abierto sus puertas en toda mi formación profesional.

Gracias a CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por su respaldo económico que me permitió realizar mis estudios de posgrado.

Agradezco al Dr. Santiago Andaracua García, mi director de tesis, por su constante apoyo, dedicación y tiempo que me brindó para hacer realidad este trabajo.

Quiero agradecer de manera especial al Dr. Rubén Abraham Domínguez por su paciencia, su compromiso, sus acertados consejos y por haberme guiado en cada etapa de este proyecto.

Mi sincero agradecimiento a los miembros del jurado sinodal por sus valiosas aportaciones durante la evaluación de este trabajo. Sus observaciones y sugerencias han sido fundamentales para enriquecer y perfeccionar esta tesis. Sin duda, su participación ha sido crucial en la consolidación de este proyecto.

Gracias a mis profesores, en especial a el Dr. Miguel Almanza, el Dr. Luciano Tinajero, la Dra. Isabel Soza, la Dra. Fer Rodríguez y al Dr. Irak Villarreal quienes a lo largo de mi formación como especialista me han brindado no solo su conocimiento, sino también su apoyo, orientación y motivación. Gracias por compartir su experiencia, por inspirarme a seguir adelante en los momentos más

desafiantes. Cada uno de ustedes ha dejado una huella invaluable en mi camino profesional y personal.

Agradezco a mis compañeros, Clau y Víc porque sin el equipo que formamos, no hubiera logrado esta meta.

Estoy agradecida con todos los que me acompañaron en este camino. Cada palabra de aliento, cada gesto, cada consejo fueron fundamentales para poder superar los momentos de duda y llegar a la meta.

A todos ustedes, gracias.



## Índice

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	I
<b>Summary</b>	II
<b>Dedicatorias</b>	III
<b>Agradecimientos</b>	IV
<b>Índice</b>	VI
<b>Índice de cuadros</b>	VIII
<b>Abreviaturas y siglas</b>	IX
<b>I. Introducción</b>	1
<b>II. Antecedentes</b>	3
<b>III. Fundamentación teórica</b>	6
III.1 Enfermedad pulpar y periapical	6
III.2 <i>Enterococcus faecalis</i>	7
III.3 Tratamiento endodóntico	8
III.4 Irrigación	9
III.5 Hipoclorito de sodio	10
III.6 Incremento de la temperatura de NaOCl	11
<b>IV. Hipótesis o supuestos</b>	12
<b>V. Objetivos</b>	13
V.1 General	13
V.2 Específicos	13
<b>VI. Material y métodos</b>	14
VI.1 Tipo de investigación	14
VI.2 Unidad de análisis	14
VI.3 Muestra	14
VI.3.1 Criterios de selección	14
VI.3.2 Variables estudiadas	16
VI.4 Procedimientos	17

VI.4.1 Análisis estadístico	24
VI.4.2 Consideraciones éticas	25
<b>VII. Resultados</b>	26
<b>VIII. Discusión</b>	27
<b>IX. Conclusiones</b>	31
<b>X. Propuestas</b>	32
<b>XI. Bibliografía</b>	33
<b>XII. Anexos</b>	42

## Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
VII.1	Cuadro 1. Comparación de las unidades formadoras de colonias de <i>Enterococcus faecalis</i> en los 3 grupos experimentales.	25
VII.2	Cuadro 2. Comparación de unidades formadoras de colonias de <i>Enterococcus faecalis</i> Post Hoc entre grupos.	25

## Abreviaturas y siglas

**NaOCl:** Hipoclorito de sodio

***E. faecalis:*** *Enterococcus faecalis*

**°C:** Grados centígrados

**K:** Kelvin

**°F:** Grados Fahrenheit

**UFC:** Unidades formadoras de colonia

**OD:** Órgano dental

**g:** Gramos

**ml:** mililitros

**BHI:** Brain Heart Infusión/ Infusión cerebro corazón agar.

**HOCl:** Ácido hipocloroso

**pH:** Potencial de hidrógeno

**RPBI:** Residuos peligro biológico infecciosos

## I. Introducción

El tratamiento de conductos previene o resuelve la periodontitis apical, provocada principalmente por microorganismos bacterianos. Su objetivo es eliminar los tejidos pulpares que pueden servir como sustrato microbiano, así como la biopelícula y las toxinas bacterianas (Retamozo et al., 2010; Mohammed et al., 2017).

Las bacterias han sido identificadas durante un largo periodo como los principales agentes causantes de las lesiones pulpares y periapicales (Siquiera, 2004). Los microorganismos que subsisten tras el proceso de higienización contribuyen de forma significativa al fracaso del tratamiento del conducto radicular. Es decir, si los microorganismos persisten dentro del conducto en el momento de la obturación, el tratamiento endodóntico tiene una mayor probabilidad de fracaso (Sjögren et al., 1997; Rosenthal et al., 2004).

Entre los patógenos endodónticos, *Enterococcus faecalis* se considera la especie más resistente en los conductos radiculares infectados y está fuertemente asociada al fracaso del tratamiento endodóntico. Los estudios *in vitro* demuestran que es capaz de penetrar en los túbulos dentinarios y permanecer activo incluso 12 meses después de la intervención (Sedgley et al., 2005; Haapasalo, 1987). Esto podría deberse a que el *Enterococcus faecalis* presenta características favorables para adaptarse a condiciones adversas, lo que le confiere la capacidad de resistir frente a distintos irrigantes utilizados en endodoncia (Zehnder et al., 2009).

Aunado a lo anterior, los estudios *ex vivo* y las pruebas clínicas demuestran que la instrumentación mecánica deja sin tocar hasta un 40% de zonas importantes de las paredes del conductor radicular (Peters, 2004; Peters et al., 2001; Sundqvist et al., 1998). Por lo tanto, la erradicación de bacterias en los sistemas de conductos radiculares requiere un uso combinado de instrumentación y protocolos de control de infecciones. En concreto, el número de microorganismos bacterianos se reduce

mediante la limpieza mecánica, la cual siempre debe ir seguida de una irrigación química (Sundqvist, 1992).

Hoy en día, debido a su amplio espectro antimicrobiano y capacidad para disolver el tejido orgánico e inorgánico del conducto radicular, el irrigante más utilizado es el hipoclorito de sodio (NaOCl), cuyas concentraciones van de 0.5% al 6% (Ohara et al., 1993). Se afirma que estas características aumentan con su concentración, pero eso también va acompañado de un aumento en su toxicidad si entra en contacto con los tejidos periapicales (Hülsmann et al., 2000; Spencer et al., 2007).

En la terapia endodóntica no existe un acuerdo respecto a la concentración a utilizar. Lo deseable es que el irrigante destruya microorganismos y neutralice sus productos sin dañar los tejidos del huésped. Por lo tanto, la mejor concentración debería ser aquella que combine baja toxicidad con efectos antibacterianos adecuados (Siquiera et al., 2000). Sin embargo, no existe una solución irrigante que cumpla con todas las características ideales; por tal motivo, se recurre a la combinación de soluciones y a la modificación de los protocolos (Basrani et al., 2012).

Una alternativa en los protocolos es aumentar la temperatura del hipoclorito de sodio para mejorar su eficacia a baja concentración. No obstante, existe poca evidencia y escasez de datos en la literatura dental que comparen la actividad antimicrobiana del hipoclorito de sodio precalentado frente a microbiota relevante para la endodoncia, como *Enterococcus faecalis*.

## II. Antecedentes

Las bacterias se han identificado como los principales agentes causales en la formación de lesiones pulpares y periapicales (Siquiera, 2008). La necrosis del conducto radicular crea un ambiente fértil para el crecimiento y desarrollo de diversas especies bacterianas.

Siquiera et al. (2011) enfatizaron que, en la cavidad bucal de cada persona existe un extenso número de especies de microorganismos, aproximadamente entre cien y doscientas. De estas, entre diez y veinte especies bacterianas se seleccionan continuamente para su propio desarrollo y supervivencia dentro del sistema radicular afectado por necrosis.

*Enterococcus faecalis*, se considera la especie más resistente en los conductos radiculares infectados y, además, se asocia frecuentemente con los fracasos del tratamiento de endodoncia. Así mismo, sobrevive en condiciones de inanición. Alghami et al. (2020) determinaron que este factor de virulencia está fuertemente asociado a la capacidad de *Enterococcus faecalis* de invadir los túbulos de la dentina.

Durante la terapia endodóntica, la cantidad de bacterias en el conducto radicular puede disminuir considerablemente mediante la configuración biomecánica y la desinfección química. A saber, durante el desbridamiento químico-mecánico de los conductos radiculares, el hipoclorito de sodio es el agente irrigante más utilizado, como lo concluyen algunos estudios, entre los que se pueden mencionar los siguientes: Auerbach (1953), quien demostró la eficacia de la irrigación con hipoclorito de sodio combinado con la limpieza mecánica en la reducción de la población bacteriana de los conductos infectados. Veinte años más tarde, Spangberg et al. (1973) comprobaron que el hipoclorito de sodio es el irrigante preferido para la mayoría de los casos, por su efecto combinado antimicrobiano y de limpieza.

En numerosas publicaciones se ha afirmado que la acción antimicrobiana y la disolución de tejido del hipoclorito de sodio aumenta con su concentración. Otro enfoque es aumentar la temperatura, ya que mejora la actividad bactericida y la disolución pulpar. Hasta ahora, las temperaturas probadas para el hipoclorito de sodio en la disolución de tejidos son: 37°C por Sirtes et al. (2005), 45°C por Rossi-Fedele y De Figueiredo (2008), 60°C por Abou-Rass y Oglesby (1981) y 75°C por Stojcic et al. (2010).

Igualmente, Butterfield et al. (1943) determinaron que las propiedades bactericidas de los compuestos que contienen cloro se incrementan con el aumento de la temperatura de la solución entre 2°C a 5°C, es decir, de 20°C a 25°C.

Más tarde, a través de un estudio *in vitro*, Cunningham et al. (1980) indicaron que tanto las propiedades de desbridamiento como de desinfección del hipoclorito de sodio al 2.6% en el tratamiento endodóntico se potencian frente a cultivos de *Streptococcus sanguis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris* y *Bacillus subtilis*, al elevar la temperatura de la solución de 21°C a 37°C lo que además aumenta significativamente su capacidad de disolución de tejidos orgánicos.

Abou-Rass y Oglesby (1981) demostraron que, sin importar la concentración (2.6% o 5.25%), las soluciones de hipoclorito de sodio calentadas a 60°C resultaron ser más efectivas para disolver el tejido conectivo de ratas. Los resultados sobre el aumento de la capacidad antibacteriana de las soluciones de hipoclorito de sodio calentadas también fueron confirmados por Sirtes et al. (2005), quienes evaluaron la actividad antimicrobiana de la solución precalentada. Este estudio demostró un aumento de cien veces en la eliminación de *Enterococcus faecalis* entre las soluciones de hipoclorito de sodio a 20°C y a 45°C.

Por otro lado, recalcando lo citado por Estrela et al. (2002), químicamente, al aumentar la temperatura de una solución desinfectante, su capacidad de limpieza



mejora. Respecto al hipoclorito de sodio, esto puede deberse a que, al aplicar calor sobre el mismo, la fuerza de cohesión entre sus moléculas se reduce como consecuencia de la disminución en la tensión superficial, tornando al líquido más fluido y mejorando su capacidad de penetración (Bukiet, 2013).

Jaquez et al. (2011) describieron que la aplicación de calor a una solución es el factor determinante para el aumento de energía cinética sobre sus moléculas, obteniendo así una solución que se propaga a través de las paredes con un mecanismo de acción y desintegración de los elementos bacterianos más eficaz. En consecuencia, se obtienen mejores resultados de asepsia al interior del sistema de conductos radiculares, así como una disminución en la carga bacteriana presente.

Bukiet et al. (2013) mencionan que cuando un líquido se calienta, la energía cinética aumenta, sus moléculas se excitan y comienzan a moverse, es decir, las moléculas se mueven más rápidamente a 37°C que a 22°C. Del mismo modo, Myers et al. (1999), habían comprobado que, al aumentar la temperatura, la tensión superficial disminuía porque la energía cinética (velocidad) de las moléculas aumentaba. En resumen, las fuerzas intermoleculares disminuyen, lo que resulta también en una tensión superficial reducida.

Por lo anterior, se concluye que la temperatura de las soluciones de hipoclorito de sodio no sólo aumenta la acción bactericida y la capacidad de disolución de los tejidos, sino que también es una variable que influye en la viscosidad del fluido y la tensión superficial de este irrigante.

### **III. Fundamentación teórica**

#### **III.1 Enfermedad pulpar y periapical**

La periodontitis apical es una patología inflamatoria que surge debido a la infección del sistema de conductos radiculares. Su etiología es microbiana (Seltzer et al., 1988) e implica cambios histopatológicos en los tejidos que rodean al diente: el hueso alveolar, el ligamento periodontal y el cemento radicular. Estos cambios suelen deberse a los microorganismos, a sus toxinas bacterianas, subproductos metabólicos nocivos y al tejido pulpar desintegrado en el sistema de conductos radiculares (Sundqvist, 1976).

El complejo dentinopulpar se encuentra rodeado por tejidos (dentina y esmalte) que funcionan como una barrera mecánica defensiva frente a agentes agresores. Cuando esta barrera se rompe, ya sea a consecuencia de traumatismos, fracturas, desgastes, abrasiones o caries, por mencionar algunos, se desencadena una respuesta inflamatoria e inmune en la pulpa. Siempre que la dentina se esponga, existe el riesgo de infección pulpar debido a la permeabilidad de los túbulos de la dentina normal (Pashley, 1985).

La infección endodóntica se establece y desarrolla cuando las bacterias que colonizan el conducto radicular se extienden hasta entrar en contacto con los tejidos perirradiculares a través de las múltiples vías de comunicación, como los forámenes apicales, conductos laterales y accesorios, túbulos dentinarios, perforaciones y/o anomalías de desarrollo (Sonde et al., 2020).

Aunque se han identificado microorganismos como hongos, arqueas y virus, las bacterias son consideradas las principales responsables de las infecciones endodónticas (y, por ende, de la periodontitis apical) debido a su predominio, organización y capacidad patogénica (Siqueira et al., 2004). En las infecciones primarias del conducto generalmente predominan microorganismos anaerobios

obligados. Entre ellos se incluyen los bacilos anaerobios gramnegativos, los cocos anaerobios grampositivos, las especies de lactobacilos y los estreptococos grampositivos facultativos que son los microorganismos que con mayor frecuencia se aíslan antes del tratamiento (Sundqvist, 1994).

Cuando las bacterias facultativas se establecen tienen mayor probabilidad de sobrevivir tanto a la instrumentación químico-mecánica como a la medicación intraconducto. Tal es el caso de los estreptococos, enterococos y lactobacilos (Chávez et al., 2003). En particular, *Enterococcus faecalis* ha ganado atención, puesto que frecuentemente se aísla de conductos radiculares en tratamientos fallidos (Hancock et al., 2001; Kayaoglu et al., 2004; Siquiera et al., 2004).

### **III.2 *Enterococcus faecalis***

*Enterococcus faecalis* es una especie del género *Enterococcus*. Es un coco grampositivo de 0.5 a 1 µm de diámetro, anaerobio facultativo, que no forma esporas, con células de forma ovoide. *Enterococcus faecalis* es un patógeno oportunista que juega un papel clave como agente principal en las infecciones nosocomiales (Scheleifer et al., 1984), suele encontrarse en diversos entornos, como el tracto genitourinario, gastrointestinal o en la cavidad oral (Rocas et al., 2004).

De las especies de *Enterococcus*, *Enterococcus faecalis* es la que se aísla y detecta con más frecuencia en infecciones orales. Existe evidencia que respalda su asociación con la periodontitis marginal (Rocas et al., 2004), los conductos radiculares infectados (Engström, 1964) y abscesos perirradiculares (Brook et al., 1991; Ximes et al., 2013; Rocas et al., 2004). *Enterococcus faecalis* cuenta con factores de virulencia que pueden estar implicados en la causalidad de la enfermedad pulpar y perirradicular, entre los que se incluyen: citolisina (lítica hacia células de mamíferos seleccionados), enzimas líticas como gelatinasa e hialuronidasa (implicadas en daño tisular), sustancia de agregación (implicada en la

unión a leucocitos y matriz extracelular conectiva), feromonas (quimioatrayente para neutrófilos) y ácido lipoteicoico (implicado en la adhesión a superficies del huésped) (Rocas et al.,2004).

De igual manera, *Enterococcus faecalis* está asociado con numerosos fracasos en tratamientos endodónticos. (Lin et al 1992). Esto podría estar relacionado con su resistencia antimicrobiana innata, su habilidad para adaptarse y sobrevivir a las variaciones en el entorno, a su capacidad de traspasar los túbulos dentinarios a una profundidad considerable y a su crecimiento en la superficie interna del conducto radicular en forma de biofilm (Ramachandran, 1987).

### **III.3 Tratamiento endodóntico**

La terapia de conductos radiculares es el método eficaz y comúnmente aplicado en el tratamiento clínico de la enfermedad pulpar y perirradicular. Sus objetivos son: curar o prevenir la aparición de periodontitis apical, evitar que los conductos se vuelvan a contaminar, promover la reparación del hueso alveolar y devolver al paciente a su estado funcional (Orstavik, 1998; Trope, 2003).

El tratamiento ortógrado habitual consta de:

-Diagnóstico: Consiste en determinar cuál es el problema del paciente y la causa que lo origina, lo que resulta fundamental para la elaboración de un plan de tratamiento adecuado.

-Conformación y limpieza o desinfección: Tienen como objetivo erradicar los microorganismos que contaminan el sistema de conductos radiculares a través de la instrumentación biomecánica, es decir, mediante conductos ensanchados con instrumentos manuales o rotatorios. Shilder (1974) señaló que se debe preparar una conicidad uniforme y continua, lo que facilita la desinfección química con soluciones irrigantes (Siqueira et al, 2011; Peters et al., 2004).

-Obturación tridimensional del foramen apical.

### **III.4 Irrigación**

En el campo de la medicina, el término “irrigación” se utiliza comúnmente y puede definirse como el método empleado en la limpieza de un órgano, de una cavidad corporal o herida mediante la aplicación de un líquido o solución (Collins, 2003).

Durante la terapia endodóntica, la instrumentación siempre debe complementarse con soluciones de irrigación activa. Varios estudios han demostrado que la conformación mecánica garantiza sólo el 60% de la preparación del conducto, y hasta un 40% de la pared principal permanece sin tocar (Peters et al., 2001), lo que subraya la importancia de los medios químicos para limpiar y desinfectar todas las zonas del conducto radicular, incluyendo conductos accesorios y laterales, istmos y la microanatomía de los túbulos dentinarios (Haapasalo, 2010; Sundqvist et al. 1998; Peters, 2004).

Se recomienda el uso de diferentes soluciones irrigantes durante el tratamiento endodóntico para disminuir y eliminar bacterias o fragmentos de tejido pulpar. De acuerdo con Haapasalo (2010), una solución irrigante ideal para la terapia endodóntica debe cumplir con las siguientes características:

1. Acción de lavado (Ayudar a eliminar residuos).
2. Funcionar como lubricante y disminuir la fricción de los instrumentos.
3. Facilitar eliminación de dentina.
4. Disolver dentina (tejido inorgánico).
5. Penetrar en la periferia del conducto.
6. Desintegrar colágeno dentinario, tejido pulpar, biofilm (materia orgánica).
7. Ser bactericida, amplio espectro y eficaz contra anaerobios facultativos.
8. No irritar ni dañar los tejidos periapicales (sin efectos cáusticos ni citotóxicos).

9. No dañar estructura dental ni teñirla.
10. Tensión superficial reducida.
11. Ser accesible y relativamente económico.

Desafortunadamente, ninguna de las soluciones de irrigación disponibles puede considerarse óptima.

### **III.5 Hipoclorito de sodio**

Las soluciones de hipoclorito de sodio son comercialmente fáciles de conseguir, a bajo costo y con buena durabilidad. Se usan a menudo como desinfectante o blanqueador (Dychdala et al., 1991; Frais et al., 2001).

En la primera guerra mundial Dakin recomendó una disolución al 0.5% para la irrigación de heridas, pero fue Coolidge quien impulsó la aplicación y uso de NaOCl en endodoncia como la principal solución irrigante hasta 1919.

El NaOCl es el estándar de oro de los irrigantes en endodoncia y el más utilizado, porque satisface muchas características ideales mencionadas anteriormente, entre las que se encuentran: propiedades antimicrobianas de amplio espectro (*Enterococcus faecalis*, *Atinomyces naeslundii* y *Candida albicans*, especies involucradas en la infección endodóntica) (Rahimi et al., 2014) y, al mismo tiempo, la capacidad de disolver compuestos orgánicos, ya sean pulpares o de la dentina. Asimismo, provoca un aumento en el pH, superando 11, lo que altera la membrana citoplasmática y lleva a la destrucción de las células y biopelículas bacterianas (Senias et al., 1971; Estrela et al., 2002). Además, cumple una función lubricante, facilitando la acción de los instrumentos.

El NaOCl se utiliza en diferentes concentraciones, entre las cuales se incluyen: 0.5% (Solución de Dakin), 1% (solución de Milton), 2.5% (solución de Labarraque) y 5.25% (soda clorada), siendo ésta última la de mayor uso clínico. No obstante, se han reportado daños severos cuando dichas soluciones concentradas

se extruyen hacia los tejidos perirradiculares o filtran a través del dique de hule (Zehnder,2006). La efectividad antibacteriana y la capacidad de disolución de tejidos del hipoclorito de sodio dependen de su concentración, igual que su nivel de toxicidad (Sapngberg et al., 1973).

### **III.6 Incremento de la temperatura del NaOCI**

La temperatura es la medida del promedio de energía cinética de los átomos y moléculas en el sistema. Típicamente, se calcula en unidades de grados Celcius (°C), Fahrenheit (°F) o Kelvin (K) (Knight, 2013).

La literatura sugiere varias técnicas para mejorar la eficacia del hipoclorito de sodio, como el precalentamiento de la solución irrigante (Zehnder, 2006; Haapasalo, 2010). La eficacia del hipoclorito de sodio calentado se debe a la aceleración de la velocidad de reacción y a la mejora del flujo del irrigante (Bukiet, 1998).

La acción de las disoluciones de hipoclorito de sodio puede incrementarse al calentarlo para aumentar su temperatura. Las ventajas reportadas son numerosas, por ejemplo: mayor actividad antimicrobiana, mejora en su capacidad de disolución de tejidos (Stojicic, 2010; Woodmansey, 2005), eliminación de residuos orgánicos y disminución de su viscosidad (Gopikrishna,2014).

El calentamiento del hipoclorito de sodio se puede realizar precalentando la solución fuera del conducto; existen dispositivos para precalentar jeringas de hipoclorito de sodio (Rossie-Fedele, 2008; Sirtes, 2005), o mediante el calentamiento *in situ* dentro del conducto, a través de la activación de puntas sónicas/ultrasónicas, fuentes de calor controladas o transportadores de calor (Cunningham, 1980; Woodmansey, 2005, Zeltner, 2009).

## **IV. Hipótesis**

### **IV.1 Hipótesis de trabajo:**

El NaOCl en concentración de 2.5% tiene mayor efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* a temperatura de 38°C que a 18°C durante el tratamiento endodóntico.

### **IV.2 Hipótesis nula:**

El NaOCl en concentración de 2.5% tiene mayor efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* a temperatura de 18°C que a 38°C durante el tratamiento endodóntico.



## V. Objetivos

### V.1 Objetivo general

Determinar a qué temperatura el NaOCl en concentración de 2.5% tiene mayor efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis*, a temperatura de 18°C o a 38°C durante el tratamiento endodóntico.

### V.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* de NaOCl en concentración de 2.5% a temperatura de 38°C durante el tratamiento endodóntico.
- Evaluar el efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* de NaOCl en concentración de 2.5% a temperatura de 18°C durante el tratamiento endodóntico.
- Comparar el efecto antimicrobiano contra *Enterococcus faecalis* de NaOCl en concentración de 2.5% a temperatura de 38°C e NaOCl a concentración de 2.5% a 18°C de temperatura.

## **VI. Material y métodos**

### **VI.1 Tipo de investigación**

Experimental *in vitro*

### **VI.2 Unidad de análisis**

Cajas Petri de agar cerebro corazón en las que se sembraron muestras de órganos dentales previamente inoculados con *Enterococcus faecalis*, los cuales, dependiendo el grupo, fueron irrigados con solución salina, NaOCl a 18°C de temperatura o NaOCl a 38°C de temperatura.

### **VI.3 Muestra**

42 órganos dentales anteriores que cumplieron con los criterios de inclusión, divididos en 3 grupos dependiendo el irrigante a ser usado: Solución salina (n=14), NaOCl 2.5% a 18°C (n= 14) y NaOCl 2.5% 38°C (n=14).

#### **VI.3.1 Criterios de selección**

##### **Criterios de inclusión:**

Órganos dentales anteriores (caninos, incisivos centrales y laterales) humanos extraídos con las siguientes características:

- Unirradiculares
- Con raíces rectas
- Con ápices maduros (cerrados)
- Con conductos únicos

**Criterios de exclusión:**

Órganos dentales anteriores (caninos, incisivos centrales y laterales) humanos extraídos con las siguientes características:

- Previamente tratados
- Con Malformaciones radiculares
- Con restauraciones
- Con presencia de calcificaciones
- Con reabsorción radicular interna o externa
- Con fisuras o fracturas
- Con caries

**Criterios de eliminación:**

- Órganos dentales anteriores extraídos que se hayan fracturado durante el procedimiento.
- Órganos dentales anteriores extraídos que se hayan perforado durante el procedimiento.

### VI.3.2 Variables estudiadas

#### Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
Efecto antimicrobiano	Capacidad de eliminar <i>Enterococcus faecalis</i> total o parcialmente.	Contando cantidad de UFC en cajas Petri donde se coloca la muestra tomada del conducto radicular después de utilizar las soluciones de NaOCl a diferentes temperaturas.	Cuantitativa	Continua	UFC/ml

#### Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
Temperatura de 18°C o 38°C de NaOCl.	Magnitud física que cuantifica el nivel de calor de un cuerpo o sistema.	La temperatura se obtiene utilizando un termómetro de mercurio, asegurando que esté en contacto con la sustancia a medir, y luego leyendo el valor numérico proporcionado en la escala de temperatura relevante.	Cuantitativa	Continua	Grados centígrados (°C)

## VI.4 Procedimientos

Se dividió en 6 fases que se desarrollan a continuación:

### 1. Fase de recolección

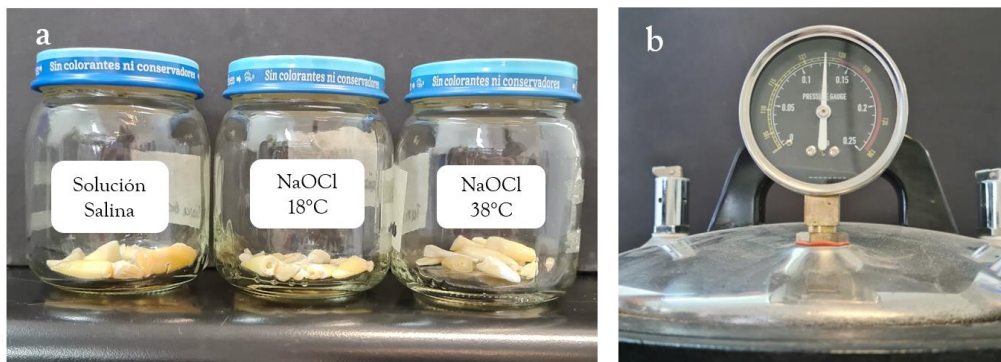
- Se recolectaron 42 órganos dentales anteriores de pacientes, donados sin fines de lucro y con el propósito único de realizar esta investigación, los cuales fueron extraídos por enfermedad periodontal o indicación protésica.
- Se eliminó el tejido blando remanente de los órganos dentales al ser lavados con un cepillo.
- Se removió cálculo y placa dentobacteriana con ultrasonido DTE6 Lux® (Woodpecker).
- Posteriormente, se almacenaron en solución salina hasta su preparación.

### 2. Fase de preparación de la muestra

- Los órganos dentales se recortaron en sentido transversal con un disco de diamante con el objetivo de estandarizar la longitud a 14mm (midiendo a partir del ápice anatómico hacia cervical).
- Por medio de limas tipo k calibre #10 K-FILE® (Dentsply Maillefer. Ballaigues, Suiza) se patentizó el conducto de cada órgano dental y se determinó la conductometría al insertar la lima dentro del conducto hasta que sobresalió del foramen apical.
- Se realizó la preparación mecánica con sistema rotatorio Vtaper Gold Rotary file® (FANTA) hasta lograr un ISO 30 en cada órgano dental.

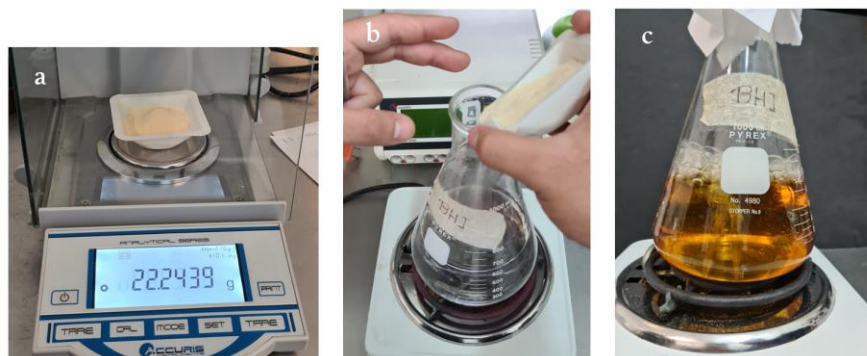
- Para evitar filtración a través de los túbulos dentinarios, se cubrió con 2 capas de barniz para uñas la parte externa de cada órgano dental (incluyendo 1/3 apical y superficie radicular).

- Los 42 órganos dentales (OD) se dividieron en 3 recipientes de vidrio (1 recipiente por grupo, cada uno con 14 OD). Se etiquetaron con el nombre de los grupos experimentales correspondientes, es decir, Grupo Solución Salina, Grupo NaOCl 18°C, NaOCl 38°C. Se esterilizaron en autoclave durante 20 min a 121° con 1.5 atm de presión (Fig.1).



**Fig. 1** a) Recipientes de vidrio con 14 órganos dentales por grupo y b) autoclave que muestra la temperatura de esterilización

- Se prepararon 22.24 gr. de agar cerebro corazón BHI diluido en 600 ml de agua bidestilada, mezclando homogéneamente mediante agitación constante y calentando hasta la disolución completa del polvo (Fig. 2).



**Fig. 2** a) Gramaje de polvo de BHI, b) Dilución en agua bidestilada c) Ebullición de la preparación final.

- Posteriormente los recipientes se llenaron con 25 ml de BHI para esterilizarlos durante 30 min a 121° (Fig. 3).



Fig. 3 Recipientes de vidrio con Infusión Cerebro Corazón BHI

- Las muestras se incubaron a 37°C durante 48 horas.

- Se inocularon 50 microlitros de *Enterococcus faecalis* en cada grupo (Fig. 4).

- Las 42 muestras fueron incubadas durante 3 semanas a 36°C y se revisaron cada 48 horas para realizar el cambio de BHI (Fig. 4).

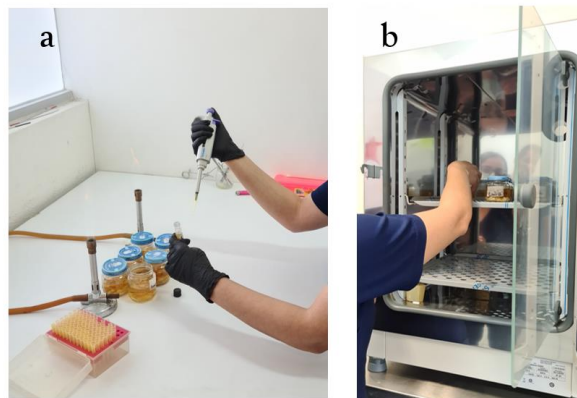


Fig. 4 a) Inoculación de 50 microlitros de *E. faecalis* por frasco b) Estufa de cultivo donde se incuban a 36°C

### 3. Fase experimental:

-Obtención de hipoclorito de sodio al 2.5%:

El hipoclorito de sodio fue comprado bajo la marca comercial de Cloralex® con una concentración de 5.25%. Con base en esta concentración, se aplicó una regla de 3 para poder obtener 100 ml de hipoclorito de sodio al 2.5%, de la siguiente manera: por cada 476 ml de hipoclorito de sodio al 5.25%, se agregaron 524 ml de agua bidestilada, obteniendo 1 litro de hipoclorito de sodio al 2.5% que se almacenó en una botella rígida opaca, hasta su utilización.

- Cada espécimen se irrigó con una jeringa hipodérmica desechable estéril y aguja metálica de salida lateral Endo Eze® (Ultradent Products, Inc.), ésta se introdujo en el conducto de forma pasiva a 1 mm del foramen apical (Fig. 5).



Fig. 5 Irrigación de órgano dental con jeringa hipodérmica y aguja de salida lateral

- La técnica de irrigación fue pasiva, se usaron 2 ml de solución y dependiendo el grupo se siguieron las siguientes indicaciones:

- Grupo solución salina: Se irrigó con 2 ml de solución salina a temperatura ambiente.
- Grupo hipoclorito de sodio 18°C: Con un termómetro de mercurio en contacto con la solución, se tomó la medida de la temperatura, obteniéndose un valor de 18°C. A continuación, se utilizaron 2 ml para irrigar cada órgano dental correspondiente a este grupo.
- Grupo hipoclorito de sodio 38°C: Se colocó hipoclorito de sodio al 2.5% en matraz Erlenmeyer, se calentó y se controló la temperatura con ayuda de



termómetro hasta obtener 38 °C. Se tomaron 2 ml de esta solución de hipoclorito de sodio precalentado para irrigar cada órgano dental correspondiente a este grupo.

#### 4. Obtención de la muestra:

- Se prepararon con solución estéril 14 tubos de eppendorf por grupo.
- Para cada muestra, se utilizó una punta de papel estéril insertándola dentro del conducto a la longitud de trabajo durante 10 segundos. Se conservó en los tubos de eppendorf previamente dispuestos (Fig. 6).

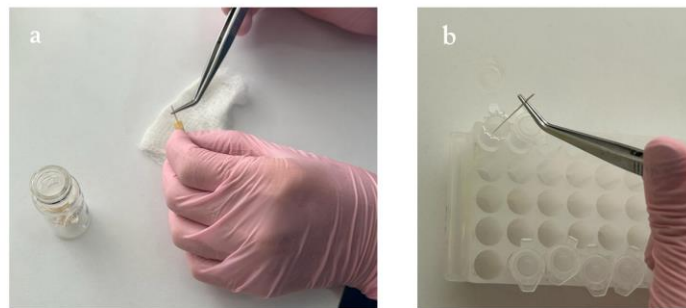


Fig. 6 a) Toma de muestra con punta de papel de órgano dental b) Tubo de eppendorf que conserva muestra de punta de papel

- El medio de cultivo se preparó utilizando 14 cajas Petri con agar cerebro-corazón para cada grupo.
- Para el cultivo, se tomó la muestra de cada tubo de eppendorf con una micropipeta y se sembró en la caja Petri con agar cerebro corazón (Fig. 7).

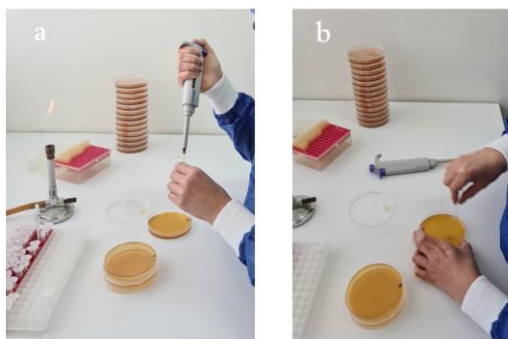


Fig. 7 a) Toma de muestra de tubo de eppendorf con micropipeta b) Siembra de muestra en caja petri

- Las 42 cajas Petri fueron incubadas a 37 °C durante 48 horas en una incubadora.

##### 5. Recolección de resultados

- Después de 48 horas de incubación, se procedió a revisar las cajas Petri (Fig. 8).

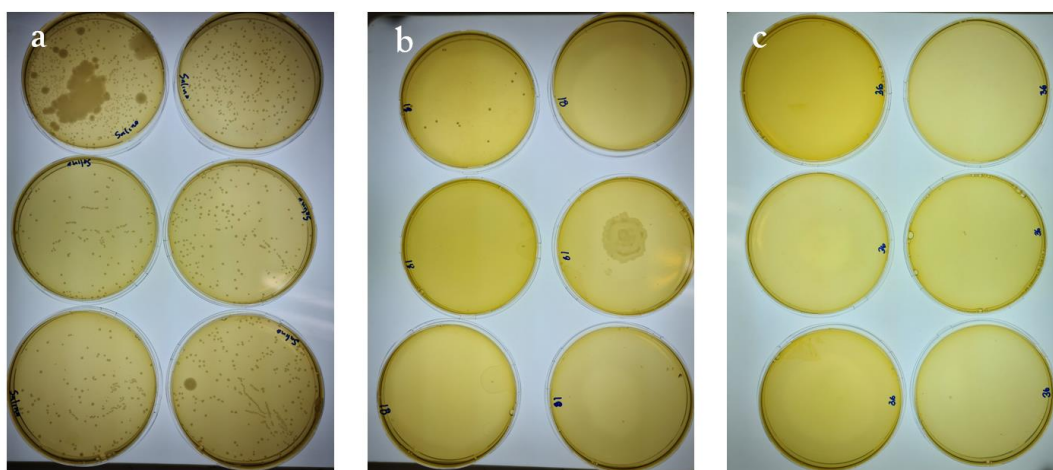


Fig. 8 Imágenes representativas de las cajas Petri de cada grupo, a) Solución salina, b) NaOCl 18° y c) NaOCl 38°

- Se tomaron fotografías de cada caja Petri y con aplicación digital Promega colony counter se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias.
- Se registraron los resultados en una base de datos Excel.

## 6. Eliminación y manejo de desechos

- Se eliminaron los desechos y materiales siguiendo el protocolo de la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002 para el manejo de RPBI.

#### **VI.4.1 Análisis estadístico**

Los datos capturados en registro de Excel fueron procesados en el programa GraphPad Prism para su análisis estadístico, el cual consistió en dos fases; análisis descriptivo y análisis comparativo.

En el análisis descriptivo, se determinaron las medias y las desviaciones estándar del conteo de unidades formadoras de colonias correspondientes a cada grupo.

En el análisis comparativo se estableció un alfa de 0.05 para determinar significancia estadística. Se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas del conteo de UFC entre los grupos de comparación y posteriormente se realizó la prueba de Dunn como Post-hoc para identificar entre que grupos se encontraban las diferencias estadísticas.

#### **VI.4.2 Consideraciones éticas**

En el presente estudio se utilizaron órganos dentales que se consiguieron a través de pacientes a quienes se les realizó la extracción por enfermedad periodontal e indicación protésica y quienes donaron dichos órganos con el único objetivo de realizar esta investigación sin fines de lucro.

Fueron recolectados con las medidas de higiene pertinentes para evitar contaminación o infecciones cruzadas.

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de investigación odontológica multidisciplinaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, cumpliendo con los protocolos de seguridad para el manejo de residuos biológicos infecciosos. El material de desecho fue almacenado en la zona establecida para su recolección (previamente esterilizado, sellado y rotulado para su manejo).

## VII. Resultados

En el cuadro 1 se presentan los valores de unidades formadoras de colonias (UFC) de *Enterococcus faecalis* en contacto con los tres grupos experimentales; Solución salina (grupo control) con un promedio de 203 UFC, hipoclorito de sodio a 18°C con un promedio de 5.35 UFC e hipoclorito de sodio a 38°C con un promedio de 3.78 UFC. Se observa que al comparar los grupos se obtuvo un valor de  $P < 0.0001$ , lo que implica diferencia significativa por lo que se decide hacer la prueba de Dunn.

**Cuadro 1.** Comparación de las Unidades Formadoras de Colonias de *Enterococcus faecalis* en los 3 grupos experimentales

Grupo	Solución Salina (C) (n=10)	NaOCl 18°C (n=14) X ± DE (Rango)	NaOCl 38°C (n=10)	Valor de P
UFC <i>Enterococcus faecalis</i>	203 ± 82.14 (114-340)	5.35 ± 4.71 (1-15)	3.78 ± 2.51 (1-8)	<0.0001

NaOCl: Hipoclorito de sodio; UFC: Unidades formadoras de colonias; X: Promedio; DE: Desviación estándar.

Prueba de Kruskal-Wallis.

En el cuadro 2 se muestra el análisis de Dunn en donde se confirma que el grupo de Solución Salina mostró una diferencia significativa contra los grupos de hipoclorito de sodio a 18°C y a 38°C. También se observa que, en los grupos hipoclorito de sodio a 18°C e hipoclorito de sodio a 38°C, la diferencia no fue estadísticamente significativa con un valor de  $P > 0.9999$ .

**Cuadro 2.** Comparación de UFC Post Hoc entre grupos

Grupo 1	Grupo 2	Valor de P
Solución Salina (C)	NaOCl 18°C	0.0002
Solución Salina (C)	NaOCl 38°C	< 0.0001
NaOCl 18°C	NaOCl 38°C	>0.9999

Prueba Dunn

## VIII. Discusión

Las bacterias y sus productos metabólicos son los principales factores causales de la infección pulpar y periapical (Siquiera et al., 2004). Lograr una esterilización total del sistema de conductos radiculares puede ser una tarea imposible. Por ello, el principal desafío en la endodoncia actual consiste en disminuir la carga bacteriana hasta el punto que permita al propio sistema de defensa del organismo conseguir la curación, así pues, considerando que se trabaja en un sistema de conductos interna y anatómicamente muy complejo (Iandolo et al. 2017).

Para este propósito se usan soluciones irrigantes como el hipoclorito de sodio que, en mayores concentraciones conduce a una mayor eficacia. Sin embargo, también conlleva riesgo alto de citotoxicidad, Sapngberg et al. (1973) demostraron que el hipoclorito de sodio al 5.25% era considerablemente más fuerte de lo necesario para eliminar cepas bacterianas comúnmente encontradas en conductos radiculares infectados, por tal motivo, en la presente investigación se decidió utilizar una concentración al 2.5%. Ahora bien, para garantizar la eficacia de concentraciones bajas, se sugieren muchos métodos tales como; prolongar el tiempo de trabajo, aplicar vibraciones ultrasónicas y calentar la solución de irrigación (De Santis et al., 2022).

En este estudio, se investigó el efecto del hipoclorito de sodio al 2.5% a temperatura ambiente frente al mismo agente precalentado a 38°C en la irrigación de conductos radiculares contaminados con *Enterococcus faecalis*. A pesar de nuestras expectativas iniciales, los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, por lo que se rechaza la hipótesis de trabajo que fue planteada.

Estos hallazgos coinciden con estudios anteriores que también han encontrado resultados similares en términos de la comparativa de diferentes temperaturas del hipoclorito de sodio en la desinfección endodóntica. Por ejemplo,

Donald Raphael et al. (1981), discuten que la eficacia del NaOCl en la eliminación de 3 cepas bacterianas, incluido *Enterococcus faecalis*, no se vio afectada significativamente por la temperatura. Este hallazgo respalda este protocolo, donde se observa que a pesar de las diferencias de temperatura del agente irrigador, no se visualiza un impacto claro en la efectividad antibacteriana contra *Enterococcus faecalis*.

Esto difiere de otros estudios, la discrepancia en resultados puede deberse a la marca comercial usada, a la concentración, temperatura y propiedades del NaOCl o a las cepas evaluadas. Como ejemplo, Walter T. et al. (1980) compararon la capacidad de las soluciones de NaOCl a 21°C y 37°C en una concentración de 2.6% para reducir cultivos planctónicos de *S. aureus*, *S. sanguis*, *E. coli*, *P. vulgaris* y *B. subtilis* y concluyó que el tiempo para eliminar cultivos bacterianos se redujo significativamente a 37°C. En primer lugar, se estudian cepas bacterianas distintas; es importante considerar que *Enterococcus faecalis* es conocido por sus características microbianas y microbiológicas que le confieren capacidad de resistir ambientes hostiles, incluyendo los tratamientos de irrigación con agentes químicos (Rocas et al., 2004; Ramachandran, 1987). Segundo, Walter et al. (1980) evaluaron el tiempo, variable que no se incluye en la presente investigación.

Gulsahi et al. (2014) informaron que el tiempo de irrigación fue más efectivo que la temperatura al eliminar *Enterococcus faecalis*, quizá haya un punto óptimo de exposición al irrigante que se alcanzó en este estudio y que podría explicar la falta de diferencia significativa entre las temperaturas. Macedo et al. (2014), afirmaron que la eficacia del NaOCl en la dentina mejora mediante el tiempo de exposición y recambio.

A pesar de que Sirtes et al. (2005) reportaron un aumento de hasta 100 veces la efectividad para eliminar *Enterococcus faecalis* del NaOCl al 1% a temperatura de 60°C frente a NaOCl a 20°C o 45°C, el resultado experimental de este protocolo no demostró una ventaja clara una sobre la otra (precalentado o a



temperatura ambiente). Es posible que la concentración de hipoclorito de sodio al 2.5% en ambos grupos haya sido suficientemente alta para ejercer un efecto antimicrobiano considerable, independientemente de la temperatura de irrigación. Se ha demostrado que el NaOCl destruye microorganismos diana rápidamente, incluso en concentraciones bajas; algunos estudios clínicos como el de Byström et al. (1985) y Cvek (1976) no observaron una diferencia significativa en el efecto antibacteriano entre las concentraciones del 0.5% y 5% de NaOCl. Estos estudios concuerdan con Siquiera et al. (2000) quien evaluó los efectos de 3 soluciones de NaOCl (1%, 2.5% y 5.25%) sobre *Enterococcus faecalis* mediante la prueba de difusión de agar, aunque todas las soluciones redujeron el total de células bacterianas no hubo diferencias significativas entre las 3 soluciones ensayadas.

Es importante reconocer las limitaciones de nuestro estudio, como la utilización de un modelo *in vitro* que puede no reflejar completamente las condiciones clínicas reales o algunos factores en la metodología utilizada que podrían haber influido en los resultados, entre los que se pueden mencionar:

El aumento de la temperatura fue moderado, aunque autores mencionan que este aumento mejora la eficacia de las soluciones de hipoclorito (Giardino et al., 2016; Kamburis et al., 2003; Gulsahi et al., 2014; Sirtes et al., 2005), la transferencia de calor a tejidos periodontales adyacentes a través de la dentina podría representar un problema clínico tal y como concluyen Eriksson y Albrektsson (1983) quienes mencionan que la temperatura para daño óseo es de 47°C.

Si bien no se conoce la influencia de la temperatura del irrigante calentado en tejidos circundantes, para este estudio se seleccionó la temperatura máxima de 38°C ya que es muy cercana a la temperatura corporal y además razonablemente fácil de lograr en un entorno clínico. Debido a la configuración del experimento fue difícil mantener esa temperatura estable. Más aún, Iandolo et al. (2017) mencionan que un aumento de 10° por encima de la temperatura ambiente es insuficiente.

Para algunos autores el precalentamiento del hipoclorito de sodio fuera del conducto tiene una utilidad limitada debido a su rápido equilibrio a la temperatura corporal y a la temperatura ambiente (Cunningham y Balekjian, 1980) así pues, como mencionan Macedo et al. (2014) tras la inyección dentro del conducto, la temperatura del irrigante puede descender rápidamente y por lo tanto la mejora en sus propiedades podría durar poco tiempo, es por eso que se recomienda un calentamiento *in situ* del NaOCl.

En los resultados de la prueba de Dunn, se observa diferencia significativa de las soluciones en ambas temperaturas respecto al grupo control de solución salina, con ese resultado y con la falta de diferencia significativa entre precalentar o no la solución de irrigación, desde una perspectiva clínica, se sugiere que ambos métodos podrían ser igualmente efectivos en la descontaminación inicial de conductos infectados con *Enterococcus faecalis*, teniendo implicaciones clínicas importantes en términos de selección de protocolos clínicos, costo-beneficio y comodidad para el paciente durante el tratamiento endodóntico.

## **IX. Conclusiones**

Este estudio concluye que el hipoclorito de sodio a 18°C o a 38°C, en concentración de 2.5%, presenta la misma actividad antimicrobiana frente a *Enterococcus faecalis*.

## **IX. Propuestas**

- Se propone investigar la acción antimicrobiana del hipoclorito de sodio precalentado frente a algún otro dominio como hongos u otra cepa bacteriana también presentes en las biopelículas.
- Se propone investigar y comparar la acción antimicrobiana de una concentración mínima de NaOCl a temperatura sobre 60°C o más, frente a una mayor concentración a temperatura ambiente.
- Se propone investigar la comparativa en aumento de temperatura de hipoclorito de sodio controlando variables como tiempo y concentración.
- Se propone investigar la comparativa de aumentar en mayor medida la temperatura de hipoclorito de sodio con otro método como activación ultrasónica.

## X. Bibliografía

Alghamdi F., Shakir M.; The Influence of *Enterococcus faecalis* as a Dental Root Canal Pathogen on Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*, 2020;13;12(3): e7257.

Abou-Rass M., Oglesby SW.; The effects of temperature, concentration and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod*, 1981;7:376–377.

Auerbach M.; Antibiotics vs Instrumentation in endodontics. *N.Y. State Dent J*, 1953;19:225.

Barbakow F., Lutz F., Toth L.; Materials and technics in root canal treatments in Switzerland a determination of their status. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 1995; 105:1265–71.

Basrani Br., Manek S., Fillery E.; Using diazotization to characterize the effect of heat or sodium hypochlorite on 2.0 % chlorhexidine. *J Endod*, 2009;35:1296–9.

Basrani Br., Haapasalo M.; Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*, 2012; 27(1), 74–102.

Brook I, Frazier EH, Gher ME.; Aerobic and anaerobic microbiology of periapical abscess. *Oral Microbiol Immunol*, 1991;6:123–5.

Bukiet F, Soler T, Guivarch M, et al.; Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. *J Endod* 1998; 24:432–4.

Bukiet F., Soler T., Guivarch M., Camps J., Tassery H., Cuisinier F.; Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow. *Int Endod J*, 2013;46:954–961.

Butterfield C., Wattie E., Megregian S.; Influence of PH and temperature on the Survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to free chlorine. *Public Health Rep*, 1943;1837-1866.

Bystrom A. Sundqvist G.; The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*, 1985;18:35-40.

Chavez De Paz LE., Dahlén G., Molander A., Möller A., Bergenholtz G.; Bacteria recovered from teeth with apical periodontitis after antimicrobial endodontic treatment. *Int Endod J*, 2003;36:500–8.

Coolidge ED.; The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Natl Dent Assoc*, 1919; 6.

Collins English dictionary, ed 11, England, 2003, HarperCollins Publishers.

Cunningham WT., Joseph SW.; Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1980;50(6): 569–71.

Cunningham WT., Balekjian AY.; Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1980;49:175–7.

Cvek M, Nord C-E, Hollender L.; Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontol Revy*, 1976;27:1-10.

Dakin HD.; On the use of certain antiseptic substances in treatment of infected wounds. *BMJ*, 1915;2:318–20.

De Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, de Moor RJ, Bottenberg P; In vivo intracanal temperature evolution during endodontic treatment after the injection of room temperature or preheated sodium hypochlorite. *J Endod*, 2015; 41:1112–1115.

Dychdala GR. Chlorine and chlorine compounds. In: Block SS, ed. Disinfection, sterilization and preservation. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991:131–51.

De Santis, R., Iaculli, F., Lodato, V., Gallicchio, V., Simeone, M., Spagnuolo, G., Rengo, C.; The Efficacy of Selected Sodium Hypochlorite Heating Methods for Increasing and Maintaining Its Intracanal Temperature—An Ex Vivo Study. *Appl. Sci*, 2022;12– 891.

Eriksson AR, Albrektsson T.; Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*, 1983; 50:101–107.

Estrela C., Barbin E., Spanó JL., Marchesan MA., Pécora JD; Mechanism of action of Sodium Hypochlorite. *Braz Dent J*, 2002;13(2):113-117.

Faerber P.P., and Seltzer S.; Endodontic microbiology. I. Etiology. *J Endod* ,1988; 14: pp 363-371.

Frais S, Ng YL, Gulabivala K.; Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodiumhypochlorite. *Int Endod J*, 2001; 34: 206-215.

Giardino L., Mohammadi Z., Beltrami R., Poggio C., Estrela C., Generali L.; Influence of Temperature on the Antibacterial Activity of Sodium Hypochlorite. *Braz. Dent. J.* 2016; 27, 32–36.

Gopikrishna V., Ashok P., Pradeep AR., Lakshmi LN.; Influence of temperature and concentration on the dynamic viscosity of sodium hypochlorite in comparison with 17% EDTA and 2% chlorhexidine gluconate: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 2014;17:57–60.

Gulsahi K., Tirali RE., Cehreli SB., Karahan ZC., Uzunoglu E., Sabuncuoglu B.; The effect of temperature and contact time of sodium hypochlorite on human roots infected with *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *Odontology J*, 2014;102(1):36–41.

Haapasalo M., Orstavik D.; In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res*, 1987;66:1375–9.

Hancock HH., Sigurdsson A., Trope M., Moiseiwitsch J.; Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2001; 91(5):579–86.

Hess W.; Anatomy of root canals in the teeth of the permanent dentition. *New York: William Wood & Co*, 1925; 19:430–450.

Hu'lsmann M., Hahn W.; Complications during root canal irrigation: literature review and case reports [review]. *International Endodontic Journal*, 2000;33:186–93.

Iandolo A., Simone M., Orefice S., Rengo S.; 3D cleaning, a perfected technique: thermal profile assessment of heated NaOCl. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 2017;31: 58-61.



Jaquez EB., Maytté MC.; Una visión actualizada del uso del hipoclorito de sodio en Endodoncia. *Universidad Iberoamericana UNIBE*, 2011.

Kayaoglu G, Orstavik D: Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2004; 15- 308.

Kamburis J.J., Barker T.H., Barfield R.D., Eleazer P.D.; Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J. Endod*, 2003; 29, 559–561

Karl F, WoodMansey. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution. An improved endodontic irrigation technique. *Dentistry Today*, 2005;24(10):114- 6.

Lin LM, Skribner JE, Gaengler P.; Factors associated with endodontic treatment failures. *J Endod*, 1992;18:625–7.

Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, et al.; Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod*, 2014;40: 4.

Mohammadi Z.; Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*, 2008; 58.

Mohammadi Z., Giardino L., Mombeinipour A.; Antibacterial substantivity of a new antibiotic-based endodontic irrigation solution. *Aust Endod J*, 2012;38:26–30.

Mohammed, Saifalarab A., Morgana E., Vianna, Matthew R., Stephen T., Hilton, and Jonathan C.K.; The effect of sodium hypochlorite concentration and irrigation needle extension on biofilm removal from a simulated root canal model. *Aust. Endod. J*, 2017; 43-39: 102-9.

Myers D.; Interfaces and Colloids: Principles and Applications. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA. 1999; 143.

Ohara, P., Torabinejad, M., & Kettering.; Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Endodontics & Dental Traumatology*, 1993; 9(3), 95-100.

Ørstavik D, Pitt Ford TR: Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis. *Blackwell Science* ed, 1998.

Palazzi F., Morra M., Mohammadi Z., Grandini S., Giardino L.; Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite based endodontic irrigants. *J Endod*, 2012;45:129–135.

Pashley DH: Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res*, 1985; 64(Spec No):613-620.

Peters OA., Laib A., Gohring T., Barbakow F.; Changes in root canal geometry after preparation assessed by high resolution computed tomography. *J Endod*, 2001;27:1–6.

Peters OA., Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*, 2004;30(8):559-67.

Portenier I., Haapasalo H., Ørstavik D., Yamauchi M., Haapasalo M.; Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide and chlorhexidine digluconate against *Enterococcus faecalis* by dentin, dentin matrix, type-I collagen, and heat-killed microbial whole cells. *J Endod*, 2000; 28, 634–7.

Rahimi S, Janani M, Lotfi M, Shahi S, Aghbali A, Vahid Pakdel M, et al. Una revisión de los agentes antibacterianos en el tratamiento de endodoncia. *Irán Endod J*, 2014;9:161–8.

Ramachandran Nair PN.; Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. *J Endod*, 1987;13:29–39.

Retamozo B., Shabahang S., Johnson N., Aprecio RM., Torabinejad M.; Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, 2010;36(3):520-3.

Rocas IN, Siqueira JF Jr, Santos KR.; Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod*, 2004;30:315–20.

Rosenthal S., Spångberg L., Safavi K.; Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004;98:488–492.

Rossi-Fedele G, De Figueiredo AP. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Aust Endod J*, 2008;34:39-42.

Schleifer KH, Kilpper-Balz R.; Transfer of *Streptococcus faecalis* and *Streptococcus faecium* to the genus *Enterococcus* nom. rev. as *Enterococcus faecalis* comb. nov. and *Enterococcus faecium* comb. nov., *Int J Syst Bacteriol*, 1984;34:31–4.

Sedgley C., Lennan S., Applebe O.; Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals. *Int J Endod*, 2005;38:735–42.

Senia ES, Marshall FJ, Rosen S.; The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1971; 31-1.

Schilder H: Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 1974; 18- 2.

Siqueira JF., Jr. Irrigation En: In: Siqueira, Treatment of Endodontic Infection. Alemania: Quintessence; 2011;78-85.

Siqueira JF., Rocas I.; Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004;97:85–94.

Siqueira JF Jr, Sen BH: Fungi in endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004; 97:632-641.

Siqueira J., Rôças I., Favieri A., & Lima K.; Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 2000;26(6), 331–334.

Sirtes G., Waltimo T., Schaetzle M., Zehnder M.; The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod*, 2005;31:669–671.

Sjögren U., Figdor D., Persson S., Sundqvist G.; Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 1997;30:297–306.

Sonde N, Edwards M. Perio-Endo Lesions: A Guide to Diagnosis and Clinical Management. *Prim Dent J*, 2020;9(4):45-51.

Spangberg L., Engstrom B.; Langeland K.; Biologic effects of dental materials. III: Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surg*, 1973; 36:856-871

Spencer HR., Ike V., Brennan P.; Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics-potential complications and their management. *Br Dent J*, 2007;202:555–9.

Stojicic S1, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod*, 2010;36(9): 1558— 62. 4.

Sundqvist G: Bacteriological studies of necrotic dental pulps. *Odontological Dissertation no.7]*, 1976.

Sundqvist G.; Ecology of the root canal flora. *J Endod*, 1992;18:427–430.

Sundqvist G., Figdor D., Persson S., Sjögren U.; Microbiological analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1998;85,86–93.

Trope M.; The vital tooth- its importance in the study and practice of endodontics. *Endod Topics*, 2003;5- 1.

Viswanath DS., Ghosh TK., Prasad DHL., Dutt NVK., Rani KY.; Viscosity of Liquids Theory, Estimation, Experiment, and Data. *Netherlands Springer*, 2007; 1–8.

Zehnder M.; Root canal irrigants. *J Endod*, 2006;32:389–398.

Zehnder M., Guggenheim B.; The mysterious appearance of enterococci in filled root canals. *Int Endod J*, 2009; 42(4):277–87.

Zeltner M, Peters OA, Paqu\_e F.; Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. *J Endod*, 2009; 35:573–7.

## XI. Anexos

### X1.1 Hoja de recolección de datos

RESULTADOS					
GRUPO 1 SOLUCIÓN SALINA		GRUPO 2 NaOCl 18°		GRUPO 3 NaOCl 36°	
No.Caja de Petri	UFC	No.Caja de Petri	UFC	No.Caja de Petri	UFC
1	138	1	14	1	2
2		2	8	2	1
3		3	15	3	8
4	289	4	2	4	8
5	286	5	3	5	2
6	140	6	2	6	2
7	114	7	1	7	4
8	208	8	1	8	8
9	247	9	4	9	4
10		10	10	10	2
11	140	11	2	11	4
12		12	3	12	3
13	340	13	7	13	4
14	128	14	3	14	1
PROMEDIO	203		5.357142857		3.785714286
Desv. Estándar	82.14080053		4.716699349		2.516975335
Rango	(114-340)		(1-15)		(1-8)