

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**



**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LOS CAMBIOS EN LA
TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA
APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO**

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

MCS. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2024

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LOS CAMBIOS EN LA
TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA
APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO**

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"

Tijuana, Baja California a, 12 de abril de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACION IN VITRO DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO.

Propuesto por la C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
PRESIDENTE

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"

Tijuana, Baja California a, 12 de abril de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACION IN VITRO DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO.**

Propuesto por la C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



MCS LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"

Tijuana, Baja California a, 12 de abril de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACION IN VITRO DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO.**

Propuesto por la C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ
SINODAL

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2024, año de los pueblos yúmaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"

Tijuana, Baja California a, 12 de abril de 2024

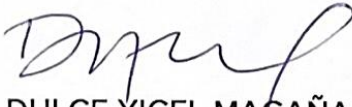
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACION IN VITRO DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO.

Propuesto por la C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"


DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
SINODAL

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LOS CAMBIOS EN LA
TEMPERATURA RADICULAR EXTERNA POSTERIOR A LA
APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA INTRACONDUCTO.**

PRESENTA


C.D. JACQUELINE PORTILLO LIZÁRRAGA

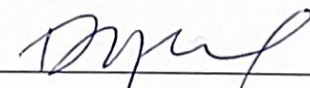
PRESIDENTE


DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VARGUEZ

SINODALES


MCS LUIS HERNÁN CARRILLO
VARGUEZ


DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ
VELÁZQUEZ


DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

Tijuana, Baja California, 12 de abril de 2024

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agradezco mis padres Olimpia y José Ángel, por su guía, amor, y por siempre estar presentes a pesar de la distancia, por creer en mí e impulsarme a cumplir todos mis sueños. Gracias por ser parte de mi vida en cada paso y escalón avanzado, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas, Alma y Valeria por siempre estar a mi lado, por ser mis grandes amigas y compañeras.

A mi tía, Josefina Lizárraga, por abrirme las puertas de su hogar, acompañarme, y animarme a iniciar una nueva aventura.

A mi tía, Lourdes Portillo, por siempre estar presente en los momentos importantes y por apoyarme con toda la disposición en este proyecto.

A Diego, por ser mi mejor amigo, mi apoyo incondicional y siempre ayudarme a creer en mí misma.

A mis abuelitas, Josefina y Florinda, por ser una gran inspiración en mi vida.

A mis amigos, por hacer de esta etapa algo inolvidable y convertirse en una segunda familia para mí, les agradezco su compañía, consejos y cariño a lo largo de estos dos años.

A mi directora de tesis Dra. Gaby, gracias por brindarme la oportunidad de pertenecer a este posgrado y por siempre ofrecerme apoyo y confianza en cada paso.

A mis sinodales, Dra. Eustolia, Dr. Hernán y Dra. Dulce por ser parte tan importante tanto de este proyecto como del trayecto de mi especialidad y por ser un pilar fundamental en mi formación y desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco a **CONAHCYT** por la beca otorgada No. 1226507.

Agradezco de la manera más cálida a la **Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Odontología campus Tijuana** por permitirme un espacio para crecer personal y profesionalmente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS PERSONALES	viii
AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES	ix
CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
I. RESUMEN	1
1.1 ABSTRACT	2
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1. ENDODONCIA	3
2.1.1. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	3
2.1.2. DIAGNÓSTICO EN ENDODONCIA	6
2.2. DOLOR	9
2.2.1. DOLOR POSTOPERATORIO	10
2.2.2. MANEJO DEL DOLOR POSTOPERATORIO EN ENDODONCIA	12
2.2.2.1. AINES	13
2.2.2.2. OPIOIDES	14
2.2.2.3. ACETAMINOFÉN	15
2.2.2.5. CRIOTERAPIA	16
2.2.2.5.1. CRIOTERAPIA EN ENDODONCIA	17
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
IV. JUSTIFICACIÓN	20
V. HIPÓTESIS	21
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO	21
5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)	21
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)	21

VI. OBJETIVOS	22
6.1. OBJETIVO GENERAL	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VII. VARIABLES	23
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	23
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	23
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	23
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1. TIPO DE ESTUDIO	24
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	24
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL	24
8.4. METODOLOGÍA	26
8.4.1. PREPARACIÓN DE OD PARA LA EXPERIMENTACIÓN	26
8.4.2. PREPARACIÓN DE LA INCUBADORA	27
8.4.3. COLOCACIÓN DE LA MUESTRA EN LA INCUBADORA	28
8.4.4. ENFRIAMIENTO DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE	30
8.4.5. APLICACIÓN DE PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA	30
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
IX. RESULTADOS	33
9.1. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR DURANTE LA IRRIGACIÓN CON CRIOTERAPIA	33
9.2. COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA EXTERNA RADICULAR OBTENIDOS POR GRUPO EXPERIMENTAL EN LA IRRIGACIÓN CON CRIOTERAPIA	38
9.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL	40
X. DISCUSIÓN	43

XI. CONCLUSIONES	46
XII. RECOMENDACIONES	48
XIII. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del hipoclorito de sodio. _____	5
Figura 2. Estructura química del EDTA. _____	5
Figura 3. Túbulos dentinarios posterior a irrigación con EDTA. _____	6
Figura 4. Periodontitis Apical observada radiográficamente. _____	8
Figura 5. Modelo 3D del diseño de incubadora para experimento <i>in vitro</i> . _____	26
Figura 6. Colocación del termopar en las muestras experimentales. _____	27
Figura 7. Termo baño y acoplamiento de incubadora a 37 °C. _____	28
Figura 8. Colocación y aislamiento de la muestra en la incubadora. _____	29
Figura 9. OD previo a la experimentación. _____	29
Figura 10. Enfriamiento de solución irrigante para aplicación de crioterapia. ____	30
Figura 11. Aplicación de protocolos de crioterapia. _____	31
Figura 12. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 10 ml a 2.5 °C. _____	35
Figura 13. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos mediante irrigación con 20 ml a 2.5 °C. _____	35
Figura 14. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 10 ml a 4 °C. _____	36
Figura 15. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 20 ml a 4 °C. _____	36
Figura 16. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos mediante irrigación con 10 ml a 25.7 °C. _____	37
Figura 17. Comparación de la evolución de los cambios de temperatura radicular externas obtenidas en los 5 grupos. _____	37

Figura 18. Comparación de los cambios de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 2.5 minutos. _____	38
Figura 19. Comparación de los cambios de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 5 minutos. _____	39
Figura 20. Comparación de los cambios de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 2.5 y 5 minutos. _____	40
Figura 21. Prueba de efectos inter sujetos. _____	41
Figura 22. Tabla de comparaciones múltiples _____	42

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
AAS	Ácido acetil salicílico
AINEs	Antiinflamatorios no esteroideos
COX	Ciclo oxigenasas
DP	Dolor postoperatorio
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
<i>et al.</i>	<i>Et allí</i> , y otros
h	Horas
mg	Miligramos
OD	Órgano dentario
PAS	Periodontitis apical sintomática

I. RESUMEN

Introducción: El dolor postoperatorio (DP) es una exacerbación de la patología periapical posterior a un tratamiento de conductos y posee una incidencia de entre el 82.9% y 10.6% de los casos y en la actualidad existen diversas terapias alternativas a la farmacoterapia para el tratamiento de dicho malestar. La crioterapia intraconducto posee un efecto analgésico y antiinflamatorio y consiste en la irrigación con soluciones a bajas temperaturas al finalizar el tratamiento de conductos, causando así, un descenso de la temperatura radicular externa.

Objetivo: Comparar los cambios en la temperatura radicular externa obtenidos durante la irrigación intraconducto con solución salina a 2.5 °C y 4 °C con volúmenes de 10 y 20 ml en un medio controlado a 37 °C. **Metodología:** Se analizó el efecto de la aplicación de crioterapia con cloruro de sodio al 0.9% enfriado previamente a la irrigación intraconducto. La solución salina fue enfriada mediante baños de agua, sal y hielo. Las condiciones de los grupos experimentales fueron las siguientes: A) 10 ml a 2.5 °C, B) 20 ml a 2.5 °C, C) 10 ml a 4 °C y D) 20 ml a 4 °C. Mediante termopares tipo K unidos a las muestras y a un termómetro digital de 4 canales, se registraron los cambios en la temperatura radicular externa en °C mientras se llevó a cabo la irrigación durante 5 minutos. Como grupo control, se llevó a cabo la irrigación con 10 ml de solución salina a temperatura ambiente (25.75 °C en promedio). Se realizó un análisis estadístico de ANOVA multifactorial y *post hoc* Tukey-Kramer. **Resultados:** Se registró a los 5 minutos un cambio en la temperatura radicular externa de -8.22 °C en el grupo de 10 ml a 2.5 °C, de -8.15 en el grupo de 20 ml a 2.5 °C, de -6.4 °C en el grupo de 10 ml a 4 °C, de -11.3 °C en el grupo de 20 ml a 4 °C y en el grupo control de -2.5 °C. **Conclusión:** Se determinó una diferencia estadísticamente significativa en los cambios obtenidos entre el grupo de 10 ml a 2.5 °C, 20 ml a 2.5 °C, 10 ml a 4 °C, y 20 ml a 4 °C contra el grupo control, sin embargo, no existió diferencia estadísticamente significativa en la comparación entre grupos experimentales ($p < 0.05$).

1.1 ABSTRACT

Introduction: Postoperative pain (PP) is an exacerbation of the periapical pathology presented after root canal treatment with an incidence ranging from 82.9% to 10.6%. In order to treat PP, diverse therapies alternative to drugs have been developed. Cryotherapy is an alternative palliative treatment for PP acting as an anti-inflammatory and analgesic therapy, it consists of the irrigation of the radicular canal with low-temperature solutions upon completion of a root canal treatment causing the descent of the extra radicular temperature. **Objective:** This study aims to compare changes in extra radicular temperature caused by the effect of intracanal irrigation using 10 and 20 ml of saline solution at 2.5 °C and 4 °C in a controlled environment set at 37 °C. **Methodology:** The effect of intracanal irrigation using pre-cooled 0.9% saline solution was studied. Saline solution was cooled using baths of ice, water, and salt. The experimental groups conditions were the following: A) 10 ml at 2.5 °C, B) 20 ml at 2.5 °C, C) 10 ml at 4 °C, D) 20 ml at 4 °C and a control group (CG) consisting of 10 ml of saline solution at room temperature. Using type K thermocouples and a digital 4 channel thermometer during the 5-minute experimentation, the changes in extra radicular temperature (°C) while applying intracanal cryotherapy were registered. A multifactorial ANOVA test and Tukey-Kramer *post hoc* was performed. **Results:** The average change in extra radicular temperature (°C) at 5 minutes was of -8.22 °C in the 10 ml at 2.5 °C group, -8.15 °C in the 20 ml at 2.5 °C group, -6.4 °C in the 10 ml at 4 °C group, -11.3 °C in the 20 ml at 4 °C group and -2.5 °C in CG. A statistically significant difference was determined in the changes obtained comparing the 10 ml at 2.5 °C, 20 ml at 2.5 °C, 10 ml at 4 °C and 20 ml at 4 °C with the CG, however while comparing the experimental groups between themselves, no statistically significant difference was established ($p < 0.05$). **Conclusion:** A statistically significant difference was established at the comparison of the experimental groups and the CG, however this difference was not observed while comparing the four experimental groups among themselves ($p < 0.05$).

II. INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología y los procedimientos médicos, el personal de la salud está en la búsqueda constante del conocimiento y mejora de los tratamientos para asegurar el bienestar y salud de nuestros pacientes. Durante el último siglo, el avance de la odontología ha visto grandes cambios, volviéndose un área de conocimiento científico más que experimental, como lo fue en sus inicios. Una de las ramas de la odontología que se ha revolucionado en los últimos años es la endodoncia (1).

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es una ciencia integrada en el conjunto de las ciencias de la salud y su objetivo es el estudio de la estructura, morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y tejidos perirradiculares, así como el diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades de estos. En el ámbito de la endodoncia se incluyen el diagnóstico diferencial y tratamiento de dolor bucofacial de origen pulpar y periapical, siendo uno de los principales motivos de consulta para los endodoncistas. Su entendimiento y manejo constituyen un reto en la práctica clínica (1).

Cuando un paciente se presenta a consulta con una problemática, dolor o enfermedad, ya sea pulpar o periapical, es de suma importancia buscar la manera de solucionar dicho problema. En el ámbito de la endodoncia, el tratamiento más común en la práctica del endodoncista es el tratamiento de conductos, este se lleva a cabo para procurar devolver la salud y preservar un órgano dentario cuyos tejidos han sido comprometidos o afectados (2).

2.1.1. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

El tratamiento de conductos, también conocido coloquialmente como endodoncia, es el tratamiento terapéutico más común en la búsqueda por la resolución problemas tanto pulpares como patologías periapicales. La endodoncia consiste en

un conjunto de principios que se desarrollan en los siguientes pasos: Instrumentación del sistema de conductos radiculares, irrigación y obturación, también conocida como la triada endodóntica (3).

La preparación biomecánica, o instrumentación consiste en la inserción de instrumentos al sistema de conductos radicular con el objetivo de proporcionar acceso a las soluciones de irrigación y desinfección hasta la porción apical, además de crear un espacio oportuno para la inserción de medicamentos intraconducto y su posterior obturación. La preparación biomecánica se puede llevar a cabo mediante el uso de instrumentos manuales y rotatorios. Los instrumentos endodónticos se han modificado en diseño, metalurgia y métodos de trabajo, todo lo anterior, con el objetivo de realizar la preparación de los conductos radiculares con menor índice de errores operatorios, es decir, con un porcentaje mayor de éxito clínico (4, 5).

La irrigación es el procedimiento, durante la endodoncia, de introducir soluciones en el sistema de conductos con el objetivo de remover microorganismos, tejido infectado y permitir la difusión de desinfectantes y medicamentos. La irrigación, durante el proceso de instrumentación, facilita la remoción de tejido del conducto radicular además de funcionar como un lubricante para los instrumentos endodónticos. Un irrigante de uso común en la endodoncia es el hipoclorito de sodio (NaOCl), con su alta actividad de disolución de materia orgánica se considera el estándar para los tratamientos de endodoncia (Figura 1). Existen, además, un grupo de irrigantes conocidos como agentes quelantes que se encargan de la disolución de material inorgánico, complementando el efecto de los disolventes orgánicos. Algunos de estos ejemplos son el ácido etilendiaminotetraacético o EDTA (Figura 2) y ácido cítrico, que al unirse a los iones calcio de la dentina, forman anillos con iones metálicos. El uso de agentes quelantes mejora el efecto de las soluciones desinfectantes, ya que les permite una mayor penetración a los túbulos dentinarios por el aumento que confiere a la permeabilidad dentinaria (Figura 3). Debido a la gran complejidad del sistema de conductos, los instrumentos no tocan la superficie

en su totalidad, por lo que la desinfección química con irrigantes juega un papel clave en la limpieza de estas áreas (6–9).

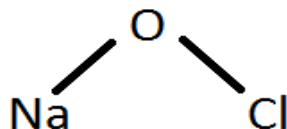


Figura 1. Estructura química del hipoclorito de sodio.

El hipoclorito de sodio actúa como agente desinfectante disolvente de materia orgánica. Es un líquido cristalino de pH alcalino considerado el estándar en irrigantes en endodoncia (8).

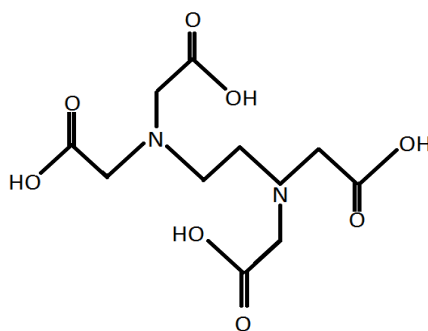


Figura 2. Estructura química del EDTA.

El ácido etilendiaminotetraacético interactúa con compuestos minerales haciendo la función de quelante en la dentina. No posee actividad antimicrobiana importante, sin embargo, es auxiliar para eliminar el barrillo dentinario (8).

La preparación biomecánica e irrigación se realizan en conjunto, ambas con el objetivo principal de disminuir la carga bacteriana de manera mecánica y química, para que, al finalizar estos dos pasos, sea posible llegar a la obturación. Como último paso de la endodoncia, la obturación de los conductos radiculares es clave para el éxito del tratamiento. Un llenado incompleto de los conductos radiculares puede poner en riesgo el resultado del tratamiento, ya sea por desarrollo o persistencia de una patología periapical. Una obturación correcta previene el contacto de las bacterias remanentes los conductos con su fuente de nutrientes, reduciendo así, la probabilidad de reinfección. La obturación se puede llevar a cabo

mediante diversos sistemas, utilizando un material como núcleo y un cemento sellador para acarrear dicho núcleo, y así, sellar todos los espacios que queden entre este y la pared del conducto. Se han desarrollado diversas técnicas de obturación y materiales para ellas, sin embargo, todas tienen como objetivo formar un sellado apical hermético que evite la reinfección o el mantenimiento de esta (7, 10).

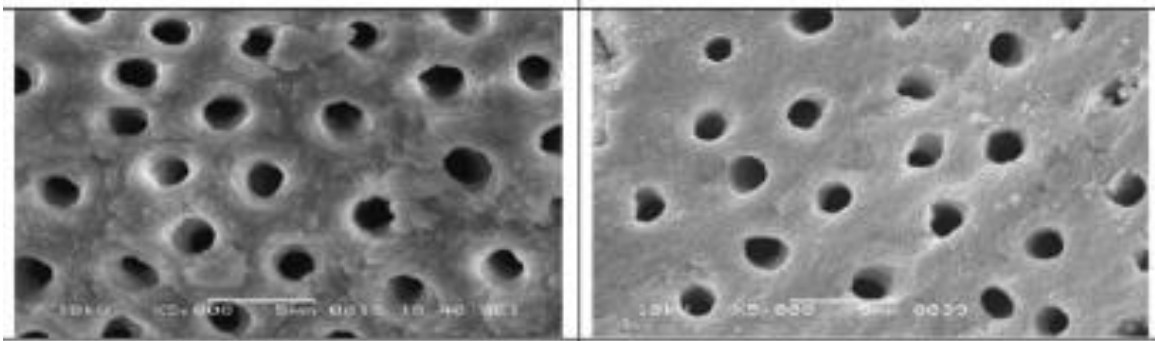


Figura 3. Túbulos dentinarios posterior a irrigación con EDTA.

Al utilizar EDTA como agente quelante, se elimina el contenido inorgánico contenido en los túbulos dentinarios permitiendo mayor penetración de agentes irrigantes y cemento sellador durante la obturación (9).

De acuerdo a la condición que presenta cada paciente, se puede enfocar o modificar los pasos de la triada endodóntica, tomando en cuenta los signos y síntomas que obtenemos durante la anamnesis y examinación clínica. Por lo tanto, para poder lograr un tratamiento endodóntico exitoso, debemos comenzar por llegar al correcto diagnóstico de la patología que aqueja a nuestros pacientes (7).

2.1.2. DIAGNÓSTICO EN ENDODONCIA

El diagnóstico es la determinación de la naturaleza de una enfermedad mediante la observación y signos que esta advierte. Su propósito es encontrar el problema del paciente y el motivo de dicho padecimiento. El diagnóstico endodóntico se define como el proceso para identificar una condición pulpar y periapical. Estos se llevarán a cabo mediante un conjunto de pruebas clínicas y procedimientos diagnósticos

para determinar la patología de cada paciente. Es indispensable llegar a un diagnóstico certero para poder, a su vez, realizar el tratamiento competente a cada caso (1, 11, 12).

Cada diagnóstico tendrá su importancia en cuanto a la posibilidad de padecer dolor durante el cuadro clínico que pudiera presentar y se deberá recopilar información mediante anamnesis para llegar a un diagnóstico presuntivo. Al combinar los conocimientos obtenidos mediante el historial médico-dental, exámenes clínicos, pruebas y exámenes radiográficos se podrá llegar a un diagnóstico preliminar (1).

Los diagnósticos clínicos de enfermedad pulpar son la pulpitis y necrosis pulpar. La pulpitis es un término clínico e histológico que nos habla de la inflamación de la pulpa dental. Dentro de la pulpitis tenemos 3 clasificaciones: 1. Pulpitis reversible, definida como una irritación pulpar causada por estímulos nocivos con sintomatología dolorosa que cede al momento de retirar dicho estímulo dañino; 2. Pulpitis irreversible sintomática, caracterizada por dolor intenso intermitente o espontáneo que puede ser agudo o sordo, localizado o referido y se puede manifestar como un cuadro urgente que requiere tratamiento inmediato, con dolor a los cambios térmicos que presentará una reacción exacerbada que permanecerá aun retirando dichos estímulos; 3. Pulpitis irreversible asintomática, diagnóstico que corresponde a un diente que no presenta sintomatología alguna pero es posible apreciar gran afectación a la estructura dental o pulpar. La necrosis pulpar es un término indicativo de la muerte pulpar debido a afectación de la estructura dental, lesión cariosa, trauma o infección de los tejidos dentales causando así la pérdida de la capacidad de defensa de los tejidos pulpares (11, 13, 14).

Existen además condiciones patológicas que aquejan a los tejidos perirradiculares: La periodontitis apical sintomática (PAS) es un diagnóstico clínico periapical inflamatorio caracterizado por dolor a la percusión o palpación. Se refiere como una sensación de presión en la zona apical del diente involucrado y puede estar asociada a productos bacterianos, tejido pulpar inflamado o necrótico, traumatismos dentales o, en consecuencia, a un tratamiento de conductos como dolor postoperatorio. La PAS puede, o no, ser apreciada radiográficamente como una zona radiolúcida en la zona periapical al órgano dentario afectado (Figura 4); la periodontitis apical asintomática es una patología periapical evidente radiográficamente, con la misma etiología de PAS, pero esta cursa de manera asintomática; el absceso apical agudo es un proceso infeccioso causado por una necrosis pulpar caracterizado por una rápida evolución, dolor, inflamación y exudado purulento intra o extraoral; y por último el absceso apical crónico es un proceso similar al absceso apical agudo, pero a diferencia, este tiene un comienzo gradual y tracto sinuoso para permitir la salida del exudado purulento (1, 13, 14).

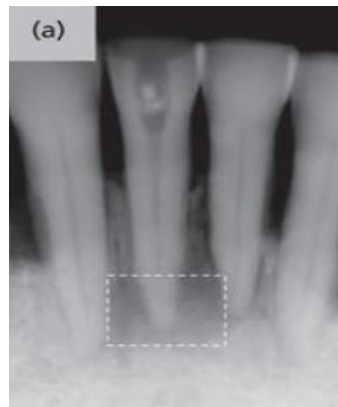


Figura 4. Periodontitis Apical observada radiográficamente.

Se puede apreciar una zona radiolúcida en el área periapical de O.D. 41 que corresponde a una periodontitis apical asociada a una necrosis pulpar. El área radiolúcida es indicativa de una degeneración de tejidos óseos (14).

El éxito de un tratamiento de conductos se define con la prevención o eliminación de la periodontitis apical y resolución de la sintomatología del paciente. Estas

patologías, como fue descrito anteriormente, pueden causar dolor en diferentes grados según la afección padecida, por lo que es de suma importancia tener en claro el concepto de dolor y cómo manejarlo (14).

2.2. DOLOR

El dolor es la causa más frecuente de consulta médico dental. Del latín, *doloris*, se define como una sensación molesta y aflictiva en una parte del cuerpo por una causa interior o exterior. La asociación internacional para el estudio del dolor, IASP por sus siglas en inglés, lo ha definido como una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a un daño tisular real o potencial. El dolor es una experiencia individual y subjetiva que deberá evaluarse y atenderse para asegurar el bienestar físico y emocional del paciente, sin embargo, debido a que es una vivencia individual que involucra cuestiones psicosociales, económicas y sentimentales, su diagnóstico se puede volver complejo y variable (15 –17).

El dolor dental es un problema de salud que se presenta de manera común e impacta negativamente las actividades diarias de quien lo padece. El impacto del dolor en la calidad de vida del paciente se ve modificado por algunos factores como si es dolor agudo, crónico, la intensidad, frecuencia y duración. Existen diversos padecimientos que pudieran ser agentes causales para el dolor dental como lo son infecciones, traumatismos y daños químicos o mecánicos. Una de las afecciones dentales más comunes que causan dolor es la caries (18 –20).

La caries dental es un padecimiento que afecta gran parte de la población siendo una de las causas principales de la pérdida dental en todas las edades. En 2010 se reportó a la caries dental como un problema global de salud, afectando a 2.4 millones de personas. Es una enfermedad infecciosa multifactorial caracterizada por una desmineralización, pérdida de estructura dental y colonización bacteriana. Las lesiones cariosas no tratadas pueden causar daño severo en la pulpa dental, y dependerán de la profundidad y extensión de estas, generando patologías pulpares y periapicales que requerirán diversos tratamientos. La caries dental tiene efecto

negativo en salud oral del paciente y se considera que afecta directamente la calidad de vida de quien la padece (17, 18, 21).

En la práctica del endodoncista, el correcto diagnóstico y manejo del dolor son necesarios para poder realizar tratamientos correspondientes y de esta manera poder asegurar el bienestar de aquellos que acuden a consulta. En algunas ocasiones, posterior al tratamiento de conductos se puede generar una PAS como una respuesta inflamatoria periapical altamente dolorosa y se le asigna el nombre de dolor postoperatorio (15, 17).

2.2.1. DOLOR POSTOPERATORIO

El dolor postoperatorio (DP), según la Asociación Americana de Endodoncia, AAE por sus siglas en inglés, es una exacerbación de la patología periapical posterior al tratamiento de conductos, manifestado como dolor e inflamación que permanece durante horas o incluso días. Los factores etiológicos incluyen lesiones mecánicas, químicas o microbianas que pueden afectar tanto a tejido pulpar como periapical (15).

El DP se manifiesta como una inflamación aguda de los tejidos perirradiculares proveniente del sistema de conductos y puede tener diversas causas como factores físicos, sociales y psicológicos. Algunas variables que pudieran influir en la presencia de dolor postoperatorio son la condición pulpar y periapical previa al tratamiento, diente a tratar, edad y sexo del paciente (22).

La sintomatología dolorosa posterior al tratamiento de conductos se observa con mayor incidencia en dientes posteriores comparado a anteriores, y a su vez, tiene mayor incidencia en órganos dentarios mandibulares que en maxilares; la edad es un factor predictor importante de la posibilidad de presentar DP, ya que la posibilidad de padecer dolor aumenta de manera proporcional a esta; en cuanto al sexo del paciente, el sexo femenino tiende a mostrar tasas mayores de DP (22).

Entre otros factores que pudieran afectar la probabilidad de padecer un cuadro de dolor posterior a un tratamiento de conductos se encuentran: la técnica de

instrumentación y obturación utilizadas, la presencia o ausencia de dolor previo a la intervención dental, la sobre instrumentación, obturación deficiente (sobre o subobturación), omisión de conductos en dientes con más de un conducto radicular, selección de instrumentos, irrigantes y medicación intraconducto utilizada en el tratamiento de conductos (22).

La gravedad del DP está relacionada directamente con el daño tisular inducido por el tratamiento. En condiciones normales, el dolor remitirá con el tiempo, sin embargo, en ocasiones es necesario realizar una reintervención. Según un estudio realizado por Arias *et al.* el dolor postoperatorio puede durar de entre 1 a 2 días en un 69.5% de los casos, y en un 30.5% puede durar entre 2 a 9 días. Esta variación es debido a las diversas situaciones clínicas que pudiera presentar cada caso en particular, como son las descritas anteriormente (15, 16).

El dolor posterior al tratamiento de conductos puede manifestarse como un dolor que se presenta de manera espontánea, desencadenado durante el contacto oclusal con el diente antagonista o masticación, en incluso en algunos casos, mediante ambos mecanismos en conjunto (16).

Debido a la manipulación de tejidos, inserción de líquidos irrigantes a los conductos radiculares, y la posibilidad de extrusión de *debris* o microorganismos fuera del conducto radicular, la inflamación de los tejidos perirradiculares posterior al tratamiento de endodoncia es relativamente común. El dolor post endodóntico en tratamientos puede tener una incidencia que puede variar entre 82.9% hasta 10.6% según diversos estudios. Se considera que, con el avance de los tratamientos de endodoncia, los materiales e instrumentos utilizados, esta incidencia puede ser mínima, sin embargo, este continúa siendo una experiencia desagradable para el paciente y el clínico operador y es una problemática que requiere solución (16, 23).

Al finalizar un tratamiento de conductos, la presencia de dolor pudiera llegar a ser considerado por los pacientes como un equivalente a un tratamiento deficiente, llegando a molestia, confusión e insatisfacción, por lo que, ante la presencia de

factores predecibles de posibilidad de DP es importante utilizar métodos para remediar dicho dolor, así como explicar la posibilidad de que este se presente (22).

2.2.2. MANEJO DEL DOLOR POSTOPERATORIO EN ENDODONCIA

Al estar realizando el tratamiento de conductos, el tener precaución con los instrumentos y soluciones, serán de vital importancia para la prevención del DP. Sin embargo, como se discutió previamente, existe una gran variedad de factores que pudieran ser causales ante la presencia de dolor al terminar el tratamiento de conductos. El manejo del dolor comienza con el reconocimiento de la probabilidad de padecerlo, la cual debería ser discutida de manera preoperatoria con el paciente. El control del DP en endodoncia es importante para de la comodidad y confianza del paciente, además la ansiedad estimula los receptores nociceptivos haciendo al paciente más perceptible al dolor, por lo tanto, el hecho de informar al paciente sobre que esperar al finalizar su tratamiento, pudiera tener un efecto importante sobre el dolor que este pueda sentir (24).

Los pasos para el manejo de DP son: 1. Determinar las metas del manejo de dolor, esto dependerá de los factores que pudieran desarrollar dolor postoperatorio y tipo y duración que se pueden anticipar. Además, es importante durante la anamnesis cuestionar al paciente sobre experiencias pasadas con procedimientos similares o con efectos adversos de medicamentos. 2. Educar a nuestros pacientes e imponer expectativas que se buscan en el manejo del control, régimen a seguir y las metas de este. 3. Eliminar causas del dolor si es posible. 4. Considerar terapias alternativas como bloqueo de nervios, agentes tópicos, realizar desgastes eliminando el contacto oclusal evitando estimular el ligamento periodontal, uso de terapéuticas intraconducto, crioterapia, entre otros. 5. Continua revisión del dolor que presenta nuestro paciente, si es necesario hacer cambios al procedimiento o régimen planeado, realizarlos de manera pertinente (25).

Tradicionalmente para el manejo del dolor posterior a la endodoncia se prescriben medicamentos con el objetivo de disminuir o evitar las molestias que se pudieran presentar. Al momento de notificar al paciente sobre la probabilidad de padecer

dolor postoperatorio, es común que entre sus cuidados e indicaciones se incluya una receta con terapéuticas de diferentes fármacos, generalmente, orales. Los medicamentos utilizados con mayor frecuencia son antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), opioides y acetaminofén (19, 24 –26).

2.2.2.1. AINES

Los AINEs, como bien indica su nombre, son medicamentos que auxilian en el control de la inflamación de los tejidos mediante la disminución en la producción de prostaglandinas por su acción en la vía de las ciclooxigenasas (COX). tanto por la vía de COX-1, como de COX-2, en diferentes grados. Mediante la vía COX-2 la acción de los AINES tiene efectos antiinflamatorios, antipiréticos y analgésicos, mientras que la inhibición de la vía COX-1 puede causar efectos patológicos en el sistema gastrointestinal, riñones y aumenta los tiempos de sangrado (26).

El ibuprofeno, es uno de los AINEs más utilizados en la práctica odontológica debido a su gran efecto analgésico en bajas dosis. Para dolor dental moderado se recomiendan dosis de 200 a 400 mg cada 4 o 6 horas. Se puede incrementar la dosis a 600 y 800 mg, sin embargo, esto aumentaría la posibilidad de padecer sus efectos secundarios como lo son las afecciones al sistema gastrointestinal, hepático o cardiovascular (26).

El naproxeno es otro medicamento de la familia de los AINEs utilizado en la odontología por su gran efecto antiinflamatorio y larga duración, sin embargo, a comparación del ibuprofeno, este tiene un mayor riesgo de daño gastrointestinal, por lo cual se recomienda su uso en casos donde el ibuprofeno no tenga un efecto antiinflamatorio suficiente (26).

Esta familia de analgésicos antiinflamatorios son efectivos y eficaces para el tratamiento del dolor dental, sin embargo, su uso no deberá ser durante un tiempo prolongado, ya que entre los efectos adversos se encuentran reflujo, vómito, diarrea, e incluso en casos graves, pueden causar afectaciones como perforaciones o úlceras gástricas. Las afectaciones gastrointestinales se deben debido a que la disminución en la producción de prostaglandinas, mismas que confieren su efecto

terapéutico, disminuyen la producción de mucosidad y bicarbonato y a su vez aumentan la producción de ácido gástrico causando un desbalance del pH del tracto gastrointestinal (26).

Debido al uso común de analgésicos en la práctica del endodoncista, es de gran importancia tomar en cuenta la historia clínica del paciente previo a la prescripción de estos, ya que es posible que se cree un antagonismo, se disminuya el efecto de algún fármaco o se aumenten los efectos adversos. En pacientes con riesgo de problemas cardiovasculares es frecuente que ingieran ácido acetil salicílico (AAS) en dosis bajas como un régimen diario, para reducir el riesgo de formación de coágulos y de cardiopatía isquémica. La prescripción de AINEs en conjunto de AAS puede disminuir el efecto cardioprotector de este último (17, 26).

Entre otras interacciones de la ingesta de AINEs en conjunto a medicamentos para enfermedades crónicas están: Los medicamentos orales para el tratamiento de diabetes aunados a AINEs pueden causar hipoglucemias, con beta bloqueadores e inhibidores de ACE se puede producir un aumento de la presión sanguínea, con corticosteroides se aumentan los efectos adversos gastrointestinales, medicamentos anticoagulantes o antiplaquetarios pudieran tener un riesgo de sangrado, entre otras interacciones (26).

2.2.2.2. OPIOIDES

El uso de opioides en conjunto a un analgésico no opioide para el tratamiento del dolor dental es una práctica efectiva que nos puede ser útil ante la presencia de dolores intensos. Sin embargo, el uso de opioides como analgésicos conlleva sus riesgos. Los efectos adversos de esta familia de medicamentos son daños gastrointestinales como vómito, constipación, retención urinaria, depresión respiratoria y sedación. El mayor riesgo en el uso de opiáceos es la dependencia y adicción que puede desarrollarse (26, 27).

La epidemia de opioides es un tema de salud pública y representa un problema social y económico en algunos países como Estados Unidos, Canadá, Australia y el Reino Unido. Los cinco opioides más vendidos a nivel global son codeína, fentanilo,

morfina, oxicodona y tramadol. Según datos de la Agencia Nacional Francesa para la seguridad de medicamentos y productos para la salud, ANSM por sus siglas en francés, entre 2004 y 2017 la prevalencia del uso de opioides aumentó entre un 123% a 1950% según el fármaco; entre el año 2000 y 2017 las hospitalizaciones relacionadas al uso de opioides aumentaron en un 167%, y entre 2000 y 2015, las muertes por abuso de opiáceos aumentaron en un 146%. Debido a lo anterior, la prescripción de medicamentos opioides se deberá hacer en casos necesarios, de manera controlada y con precaución tomando en cuenta los datos de la historia clínica de nuestros pacientes (26, 27).

2.2.2.3. ACETAMINOFÉN

El acetaminofén, o paracetamol, es un analgésico antipirético con mínima acción antiinflamatoria. Su método de acción es mediante la inhibición de la actividad de peroxidasas en COX. Este medicamento tiene un menor riesgo a desarrollar efectos adversos gastrointestinales, cardiovasculares y no afecta los tiempos de sangrado. La Asociación de los Estados Unidos de Administración de alimentos y fármacos, FDA por sus siglas en inglés, recomienda una dosis máxima de 3 gr al día. Es común que se encuentren diferentes medicamentos disponibles para compra sin receta que contengan paracetamol. por lo que, al recetar paracetamol, es importante aclarar que se deberá suspender la ingesta de otros medicamentos que contengan paracetamol. El mayor efecto adverso del consumo excesivo de acetaminofén es el daño hepático causado por acumulación de un metabolito hepatotóxico inducido por el sistema de citocromo p450. El paracetamol, aunque tiene menor probabilidad de desarrollar efectos adversos o secundarios, debe evitarse tomar indiscriminadamente, en especial en pacientes con enfermedad hepática (26).

La elección de fármacos a utilizar requiere de conocimientos clínicos, farmacológicos para poder seleccionar aquel adecuado para lograr disminuir o evitar el dolor padecido disminuyendo, en el mayor grado posible, los efectos adversos (17).

Estos fármacos, aunque útiles, pueden causar una serie de efectos adversos gastrointestinales, daño hepático, renal y desórdenes respiratorios. Debido a estos efectos indeseados, se ha buscado implementar el uso de terapias alternativas que nos ayuden en el tratamiento del dolor postoperatorio; una de las alternativas al uso de fármacos es la crioterapia (17, 23).

2.2.2.5. CRIOTERAPIA

La crioterapia, derivada del término griego *cryos* y *therapeia*, se refiere a un tratamiento utilizando frío y su propósito es disminuir la temperatura tisular reduciendo la inflamación por medio de vasoconstricción y prevención de la formación de edema (23).

La utilización de terapia con frío ha sido utilizada durante siglos. Los egipcios fueron los primeros en aplicar crioterapia para el tratamiento de heridas y reducción de inflamación, y fue descrita por primera vez por Hipócrates. Desde 1960 se ha utilizado la crioterapia para el manejo del dolor en medicina en áreas como la medicina deportiva, traumatología y cirugía. Se ha demostrado que la aplicación de frío mediante diversas metodologías disminuye la velocidad de conducción nerviosa, hemorragia, edema e inflamación local, y de esta manera, disminuye significativamente la presencia de dolor (23, 28 –30).

La acción de la crioterapia tiene fundamento en diversas reacciones fisiológicas como vasoconstricción y vasodilatación inducida por bajas temperaturas que disminuyen la permeabilidad y actividad celular, edema, además de aminorar la respuesta neurogénica al dolor disminuyendo la velocidad de conducción nerviosa y actividad de los receptores nociceptivos, y, por último, ayuda previniendo la hipoxia en tejidos evitando mayor daño tisular (29, 31).

La actividad de las enzimas inflamatorias aumenta proporcionalmente conforme aumenta la temperatura, por lo que la disminución de temperatura tisular mediante crioterapia disminuye su actividad confiriendo un efecto antiinflamatorio. La vasoconstricción alcanza su efecto máximo a los 15 °C, una disminución mayor a este pudiera generar vasodilatación y así generar el efecto opuesto. El efecto

analgésico de la terapia con frío se debe a la disminución de actividad de las terminaciones nerviosas, mientras que el efecto antiinflamatorio se atribuye a la vasoconstricción. Por lo tanto, los efectos de la crioterapia son a nivel vascular, neural y muscular (29, 30).

2.2.2.5.1. CRIOTERAPIA EN ENDODONCIA

Se han realizado diversos estudios para determinar el mejor método de aplicación de frío. Se han experimentado con diferentes técnicas para la aplicación de crioterapia como un paliativo antiinflamatorio y analgésico como lo son compresas, hielo e incluso gel que ha sido enfriado, hasta la aplicación de técnicas de enfriado continuo mediante apoyo mecánico. En odontología, la aplicación de crioterapia tiene su mayor uso en procedimientos de cirugía oral y maxilofacial para evitar la inflamación y dolor postoperatorio. Se ha considerado la aplicación de hielo o soluciones a bajas temperaturas externa e intraoralmente cercana al área del diente a tratar, inyección de solución anestésica conservada en refrigeración, uso de máscaras faciales con flujo de enfriado continuo posterior a cirugías, entre otros métodos de aplicación (23, 29, 30).

Se ha demostrado mediante estudios clínicos experimentales que la utilización de crioterapia no causa efectos adversos o empeora la condición clínica de dolor o inflamación del paciente, por el contrario, independiente al método que se utilice, el uso de bajas temperaturas muestra por lo menos una reducción en la inflamación que presenta el individuo (30, 32).

Con el objetivo de introducir el concepto de crioterapia al área de endodoncia, en 2015 Vera *et al.* propusieron el uso de crioterapia mediante el enfriamiento del irrigante final posterior al protocolo de instrumentación y desinfección, como un método que pudiera tener repercusiones positivas en la disminución del dolor postoperatorio. Mediante un estudio *in vitro* utilizó solución salina al 9% a 2.5 °C como irrigante final para observar el efecto que este pudiera tener en la superficie radicular observando reducciones mayores a 10 °C de la temperatura inicial, lo cual se consideró pudiera tener efecto analgésico clínico, iniciando la discusión de la

posibilidad de la implementación de este paso adicional a nuestros tratamientos de conductos (33).

Al utilizarse como coadyuvante en la prevención de dolor postoperatorio de un tratamiento de conductos, la crioterapia ha mostrado obtener resultados favorables a las 6 y 24 h posteriores a la endodoncia. A su vez, los sujetos sometidos a este tratamiento tienden a disminuir el uso de medicamentos analgésicos, lo cual disminuye las posibilidades de sufrir efectos adversos farmacológicos y mantiene a los pacientes con una percepción positiva de su tratamiento y recuperación. En un estudio publicado por Vera *et al.* en 2023, demostraron mediante modelos animales, que la aplicación de solución salina estéril a 2.5 °C durante 5 minutos fue capaz de reducir el proceso inflamatorio agudo en comparación a su aplicación durante 1 minuto (32, 34 – 36).

La endodoncia es un área que frecuentemente se encuentra con el tratamiento del dolor, por lo cual, el contar con una terapia alternativa sin efectos secundarios es de gran ayuda y posee un gran potencial terapéutico.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El DP es una problemática que afecta frecuentemente a los pacientes al finalizar un tratamiento de conductos, por lo cual es indispensable saber reconocer cuando existe la posibilidad de que dicho dolor se desarrolle; tradicionalmente se ha recurrido a la terapia farmacológica para su manejo, sin embargo, los medicamentos pueden causar interacciones con otros fármacos previamente administrados para diversos padecimientos crónicos, así como reacciones adversas, efectos secundarios e incluso adicciones, por lo que el uso de terapias alternas se ha vuelto un enfoque de interés entre quienes realizan tratamientos de endodoncia.

Se ha determinado que la crioterapia es un tratamiento coadyuvante para el tratamiento del DP, sin embargo, no se ha establecido un criterio sobre el uso de temperaturas y volúmenes utilizados en dicho tratamiento, por lo cual nos planteamos el siguiente cuestionamiento: ¿Existirá una diferencia significativa en la disminución de la temperatura radicular externa al comparar diferentes volúmenes y temperaturas de solución irrigante intraconducto al finalizar un tratamiento de conductos?

IV. JUSTIFICACIÓN

El manejo del DP es uno de los mayores retos al finalizar un tratamiento de conductos. Diversos factores como el tipo de diente tratado, edad, sexo, situación clínica inicial, diagnóstico, entre otras, pueden causar un aumento en la sintomatología postoperatoria.

Para buscar implementar un tratamiento para dicho DP, se han realizado diversos estudios clínicos poniendo a prueba la efectividad y eficacia de la crioterapia intraconducto posterior a un tratamiento de endodoncia y se ha demostrado ser un método óptimo para la disminución de DP. Este estudio pretende determinar que volumen y a que temperatura se alcanza una menor temperatura extra radicular, lo que conferirá un mayor efecto analgésico y sugerirá una pauta para su uso como protocolo clínico para el tratamiento del DP.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

El estudio planteado permitirá determinar el efecto del volumen y temperatura de la solución irrigante al aplicar crioterapia intraconducto en un sistema de temperatura controlada (37 °C) en los cambios de la temperatura radicular externa.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirá diferencia estadísticamente significativa en los cambios de temperatura externa radicular durante la irrigación intraconducto con diferentes volúmenes y temperaturas de crioterapia en un sistema de temperatura controlada a 37 °C ($p < 0.05$).

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Existirá una diferencia estadísticamente significativa en los cambios de temperatura radicular externa durante la irrigación con crioterapia intraconducto en un sistema de temperatura controlada (37 °C) en al menos uno de los grupos evaluados ($p < 0.05$).

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar los cambios en la temperatura radicular externa obtenidos durante la irrigación intraconducto con solución salina a 2.5 °C y 4 °C con volúmenes de 10 y 20 ml en un medio controlado a 37 °C.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir los cambios en la temperatura radicular externa durante la aplicación de crioterapia intraconducto en OD extraídos, colocados en una incubadora de acrílico, inmersos en agua a 37 °C.
2. Comparar los promedios de los datos obtenidos a 2.5 y 5 minutos de la irrigación con crioterapia intraconducto.
3. Realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

1. Volumen de solución salina (10 y 20 ml).
2. Temperatura de solución salina 0.9% (2.5 °C y 4 °C).

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

1. Cambios en temperatura (°C).

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Se analizó el efecto de la aplicación de crioterapia con cloruro de sodio al 0.9% enfriado previamente a la irrigación intraconducto. La solución salina se enfrió mediante baños de agua, sal y hielo. Los grupos experimentales fueron los siguientes: A) 10 ml a 2.5 °C, B) 20 ml a 2.5 °C, C) 10 ml a 4 °C y D) 20 ml a 4 °C. Mediante termopares tipo K unidos a las muestras y a un termómetro digital de 4 canales, se midieron los cambios en la temperatura radicular externa en °C cada segundo mientras se llevó a cabo la irrigación durante 5 minutos, en un medio ambiente controlado (37 °C) Como control se realizó la irrigación con 10 ml de solución salina a temperatura ambiente durante 5 minutos (25.75 °C en promedio).

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental (*in vitro*).

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

10 órganos dentales extraídos unirradiculares y de un conducto, que se utilizaron repetidamente en 4 grupos experimentales (n = 10) y un grupo control (n = 6) y se irrigaron mediante diferentes protocolos de crioterapia.

Grupo A: 10 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C.

Grupo B: 20 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C.

Grupo C: 10 ml de solución salina 0.9% a 4 °C.

Grupo D: 20 ml de solución salina 0.9% a 4 °C.

Grupo control (GC): 10 ml de solución salina 0.9% a temperatura ambiente (La temperatura se encontró en un rango de entre 25 °C y 26.5 °C, con un promedio de 25.75 °C).

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

10 órganos dentarios unirradiculares de extracción reciente, pieza de mano de alta velocidad (NSK, Japón), 5 fresa bola #2 (Mani, Japón) y 5 Endo Zeta (Dentsply, Maillefer, Suiza) para realizar acceso por la cara palatina en incisivos anteriores u oclusal en premolares. Para establecer conductometría se utilizaron 5 limas manuales tipo K #15 (Mani, Japón) y para llevar a cabo la medición se utilizará 1 Endoring II (Jordco, EE. UU). Para llevar a cabo la instrumentación biomecánica se utilizaron 4 juegos de limas ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Suiza) usando los

instrumentos Sx, S1, S2 y F2 como instrumentación final en un motor E-Connect Pro (Eighteeth, China); para la irrigación durante la instrumentación se realizó con ayuda de 1 jeringa hipodérmica de 5 ml (Ambiderm, México), 1 aguja #27 (Monoject Covidien, EE. UU), e hipoclorito de sodio al 5.25% (Cloralex, México). La activación del irrigante se llevó a cabo de manera ultrasónica (NSK, japon; eighteeth, China). Posterior a todo el protocolo de instrumentación, se realizó un acceso en la porción radicular, en tercio medio, utilizando una punta de ultrasonido E7 (NSK, Japón) y un ultrasonido Ultramint (Eighteeth, China). En dicha cavidad se insertó un termopar tipo K (Frienda, EE. UU.) y se fijó utilizando resina Block out (Ultradent, EE.UU) y una lámpara de foto curado.

Para el enfriamiento de las soluciones irrigantes necesarias para el protocolo de crioterapia, se utilizaron 3 matraces Erlenmeyer, contenedores plásticos, hielo, sal y agua; el monitoreo de la temperatura de la solución se llevó a cabo con un termómetro de alcohol.

Para realizar el protocolo experimental, se utilizó una incubadora de acrílico con apertura, como se aprecia en la Figura 5. Se colocó agua en su interior que se llevará a 37 °C mediante un termo baño (Felisa, México). La temperatura de la incubadora fue monitoreada mediante un termómetro de mercurio durante el procedimiento. La colocación y fijación de la muestra en la incubadora se llevó a cabo con una grapa #9, dique de hule de grosor medio y resina *block out*.

Para la irrigación con crioterapia se utilizaron 4 jeringas hipodérmicas de 5 ml, 4 agujas #27 (Monoject Covidien, EE. UU), 3 litros de solución salina (cloruro de sodio al 9%) (PiSA, México) y 1 jeringa de 20 ml para la aspiración del irrigante. Las temperaturas extra radicales fueron registradas mediante el uso de los termopares conectados a un termómetro digital de 4 canales registrador de temperaturas (AZ, Taiwán). Se utilizó una cámara fotográfica para captar la evidencia del experimento.

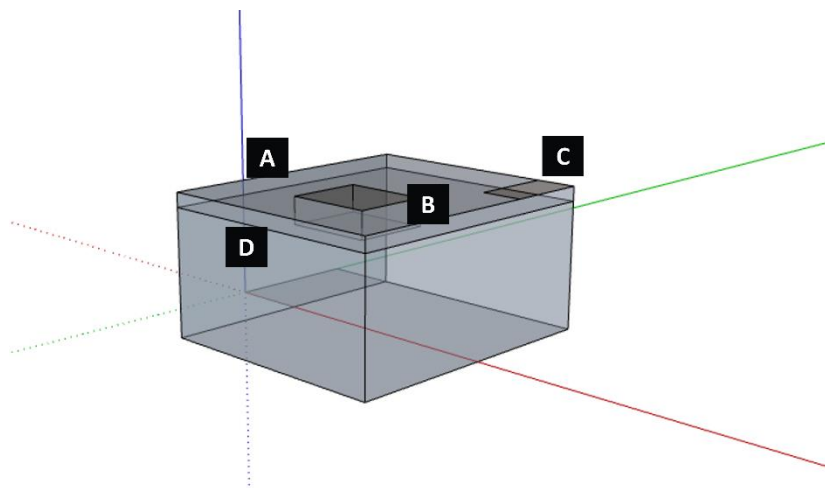


Figura 5. Modelo 3D del diseño de incubadora para experimento *in vitro*.

*En la imagen se observa un modelo en tercera dimensión del diseño creado para la experimentación *in vitro* un protocolo de monitoreo de temperatura extra radicular al aplicar diferentes protocolos de activación del irrigante mediante ultrasonido (37). **A.** Tapa de acrílico para mantener la temperatura. **B.** Apertura en la tapa para experimentación. **C.** Apertura para salida de termopar y colocación de un termómetro. **D.** Nivel de agua adecuado para la experimentación.*

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. PREPARACIÓN DE OD PARA LA EXPERIMENTACIÓN

Se realizó el acceso de los 10 órganos dentales unirradiculares utilizando una fresa de bola carburo #4 y se conformó la cavidad utilizando una fresa Endo Zeta. Durante el acceso, y todo el procedimiento, se utilizó como irrigación hipoclorito de sodio al 5.25% con ayuda de una jeringa de 5 ml y aguja con salida lateral #27. Se realizó la conductometría insertando una lima k #10 o #15 (según la permeabilidad del conducto) hasta observar la lima en el foramen apical. Esta longitud se midió con EndoRing II, y se le restó 1 mm; esta medida constituye nuestra longitud de trabajo. Alternando la irrigación y los instrumentos, se llevó a cabo la instrumentación biomecánica con limas ProTaper Gold, comenzando con Sx, S1, S2 y finalizando con F2. Al terminar dicho protocolo, se realizó la activación del irrigante mediante puntas ultrasónicas durante 3 activaciones de 20 segundos cada una. Al finalizar, con ayuda del ultrasonido se realizó un acceso en el tercio medio radicular para

colocar un termopar en cada muestra, teniendo precaución de no causar una comunicación con el conducto radicular, ya que esto pudiera causar cambios indeseables en los cambios de temperatura. Para lograr lo anterior mencionado, se realizó el acceso con una punta ED7 de NSK, y verificando que el acceso solo se mantuviera en la pared del conducto. Se colocó el termopar y se fijó con resina *Block Out* como se observa en la Figura 6A y 6B. Finalmente, se asignó un número a cada muestra para seguir en secuencia durante la experimentación.

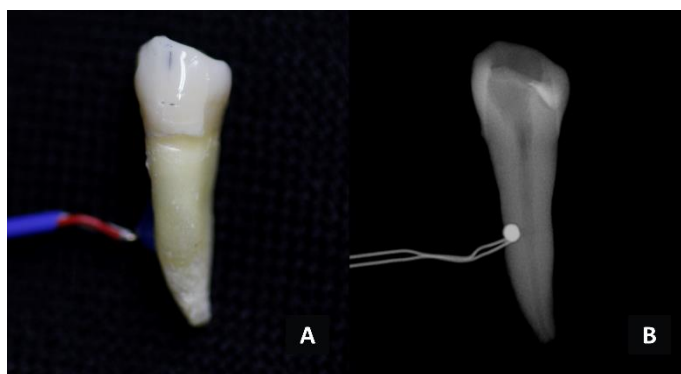


Figura 6. Colocación del termopar en las muestras experimentales.

*Se realizó un acceso en tercio medio radicular para colocar el termopar que medirá los cambios en la temperatura durante la experimentación. El acceso se limitó a la pared del conducto radicular, buscando evitar la comunicación al conducto. **A.** OD con termopar adherido con resina Block Out. **B.** Imagen radiográfica de OD con termopar en la pared del conducto.*

8.4.2. PREPARACIÓN DE LA INCUBADORA

Para realizar el experimento en condiciones que simulan aquellas de la cavidad bucal, se acondicionó una incubadora de acrílico en un termo baño; se seleccionó como temperatura inicial del termo baño 37.5 °C (Figura 7A) para acelerar la adaptación de este, posteriormente se disminuyó la temperatura a 37 °C y se colocó la incubadora dentro de esta, por al menos 30 minutos previo a la experimentación, como se observa en la Figura 7B. Se comprobó la temperatura de la incubadora con un termómetro de mercurio. Una vez acondicionada, se sacó la incubadora del termo baño y se continuó monitoreando la temperatura del agua; en caso de que la

temperatura tuviera algún cambio, se realizaron recambios de agua hasta volver a alcanzar los 37 °C.

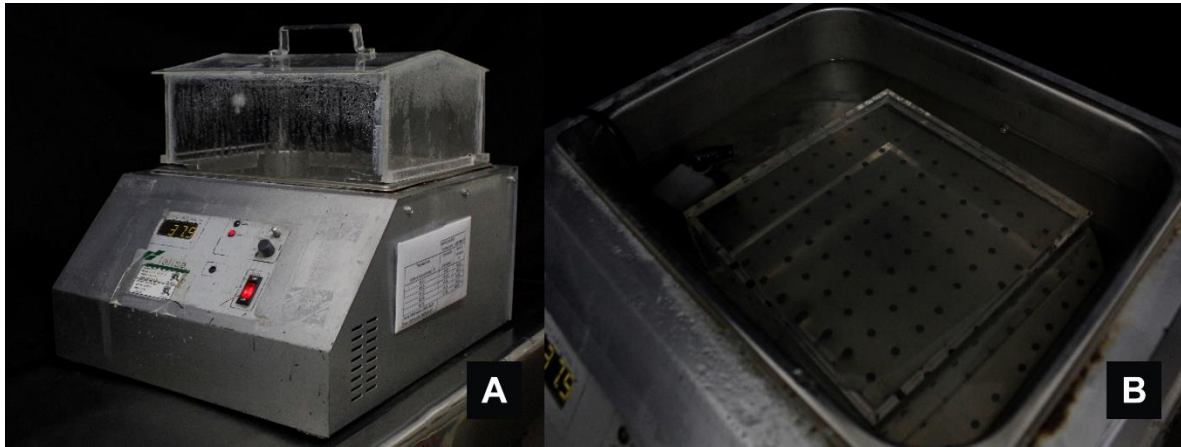


Figura 7. Termo baño y acoplamiento de incubadora a 37 °C.

A. Termo baño encendido con una temperatura inicial de 37.5 °C y una tapa de acrílico que mantiene la temperatura del agua. **B** La incubadora (sin tapa) siendo acoplada a la temperatura del termo baño. Este procedimiento se realizó 30 minutos previo a la experimentación para lograr acoplar la incubadora a 37 °C.

8.4.3. COLOCACIÓN DE LA MUESTRA EN LA INCUBADORA

Cada muestra fue asignada un número y según la secuencia asignada, se colocó en la incubadora mediante una grapa w9 fija en la tapa de la incubadora, que fue abierta con una pinza porta grapas, y un dique de hule sostenido por un arco de Young. Se colocó *block out* alrededor del diente para asegurar un sellado del aislamiento y evitar tanto la filtración de agua a 37 °C de la incubadora, como el paso de solución irrigante a la porción radicular (Figura 8), ya que esto pudiera modificar las temperaturas obtenidas durante la experimentación. La porción coronal del OD se mantuvo en exterior, y la porción radicular unida al termopar, quedó inmersa en el agua de la incubadora. El termopar se colocó en tal posición

que se permitiera su salida a través de la tapa de la incubadora y su conexión al canal 1 del termómetro digital (Figura 9).

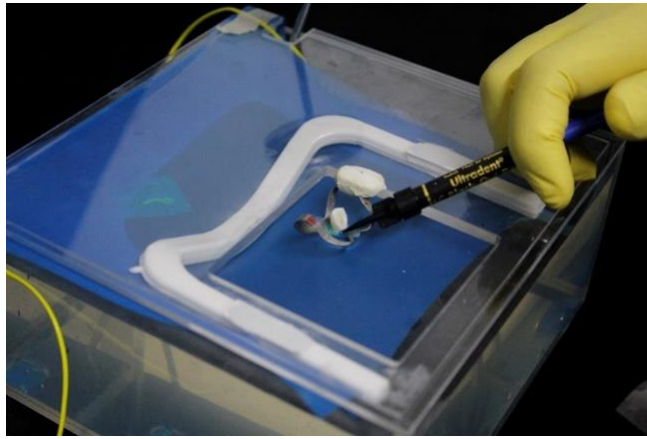


Figura 8. Colocación y aislamiento de la muestra en la incubadora.

Mediante una grapa w9, arco de Young y dique de hule, se realizó el aislamiento del OD, previniendo alteraciones en las temperaturas registradas durante la experimentación. Se finalizó el aislamiento con resina block out para eliminar la probabilidad de filtración tanto del irrigante, como del agua contenida en la incubadora.

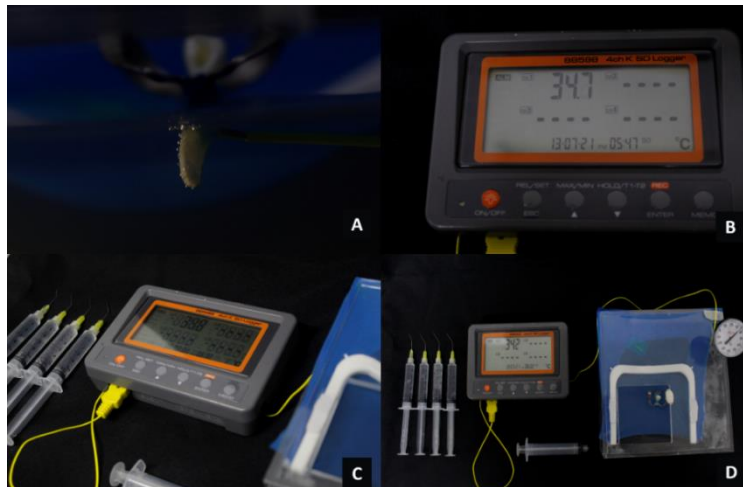


Figura 9. OD previo a la experimentación.

A. Posterior al aislamiento, la porción coronal de la muestra se encuentra por encima del dique de hule, mientras que la porción apical se encuentra sumergida en el agua a 37 °C. El termopar se observa en tercio medio radicular y ayudará a registrar las temperaturas obtenidas durante la experimentación. **B.** Termómetro digital de 4 canales registrando la temperatura radicular externa del OD inmerso en agua previo a la experimentación. **C.** Termopar conectado al canal 1 del termómetro digital; **D.** Muestra colocada en la incubadora, con un termómetro inmerso dentro de ella para monitoreo de la temperatura de la incubadora y termopar conectado a termómetro digital.

8.4.4. ENFRIAMIENTO DE LA SOLUCIÓN IRRIGANTE

Para llevar a cabo el protocolo de crioterapia se enfriaron las soluciones a 2.5 °C y 4 °C. Las solución salina se almacenó en un refrigerador a 6 °C y se vació en matraces Erlenmeyer que posteriormente se colocaron en envases plásticos con sal, hielo y agua, a manera de baño maría; modificando la cantidad de hielo y agua, se verificó la temperatura de la solución salina mediante un termómetro de alcohol (Figura 10).

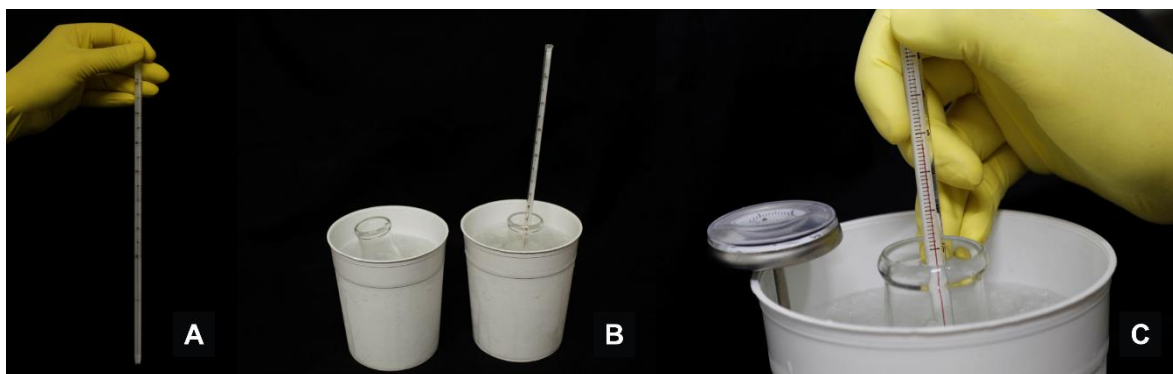


Figura 10. Enfriamiento de solución irrigante para aplicación de crioterapia.

A. Termómetro de alcohol con capacidad de medición de 50 °C a -10 °C. **B.** La solución salina previamente refrigerada se colocó en matraces Erlenmeyer que, a su vez, fueron colocados dentro de recipientes plásticos. En dichos recipientes se colocó hielo molido, agua y sal en diferentes proporciones con el propósito de enfriar la solución salina dentro del matraz. **C.** La temperatura del irrigante fue monitoreada mediante el termómetro de alcohol hasta alcanzar las temperaturas deseadas de 4 °C y 2.5 °C según el grupo experimental.

8.4.5. APLICACIÓN DE PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA

Los cuatro parámetros experimentales fueron aplicados a cada muestra, permitiendo previamente que el OD volviera a la temperatura inicial antes de comenzar una nueva experimentación. Mediante un cronómetro digital se aseguró que la crioterapia tendría una duración de 5 minutos, y mediante jeringas

hipodérmicas y agujas de salida lateral se llevó a cabo la experimentación de manera pasiva y con movimientos de barrido como se observa en la Figura 11.



Figura 11. Aplicación de protocolos de crioterapia.

Mediante jeringas hipodérmicas y agujas endodónticas se llevó a cabo la experimentación con crioterapia intraconducto. La irrigación se llevó a cabo mediante movimientos de entrada y salida como una irrigación de arrastre.

Para el grupo 1, 3 y el grupo control se utilizaron 2 jeringas de 5 ml, y, para los grupos 2 y 4, se usaron 4 jeringas de 5 ml, según las temperaturas deseadas. La irrigación se llevó a cabo de manera pasiva realizando movimientos de barrido saliendo y entrando al conducto radicular.

Durante la experimentación se registraron los cambios en la temperatura radicular externa durante la irrigación con crioterapia. Se registraron los cambios de temperatura con frecuencia de 1 segundo, durante 5 minutos, obteniendo 300 datos por cada muestra. Posteriormente se realizaron los promedios de las temperaturas obtenidas por grupo experimental a los 2.5 y 5 minutos. Los datos se analizarán mediante pruebas estadísticas en el programa IMB SPSS.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de Varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) de dos vías con análisis post hoc de Tukey-Kramer en el programa IBM SPSS *Statistics* 29.0.1.0. La diferencia fue considerada como significativa $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA RADICULAR DURANTE LA IRRIGACIÓN CON CRIOTERAPIA

Para evaluar los cambios en la temperatura radicular de forma cualitativa, se obtuvo la temperatura radicular a cada segundo durante la experimentación y se calcularon los promedios de dichas temperaturas por grupo experimental. Los cambios de temperatura se obtuvieron tomando el parámetro de temperatura inicial de la experimentación y restando la temperatura obtenida según el tiempo indicado. Se calculó el promedio de la temperatura obtenida en cada muestra por grupo experimental partiendo del segundo 0 hasta los 5 minutos, con intervalos cada 30 segundos.

En las figuras 12-15 se pueden observar las fluctuaciones en los cambios de temperatura promedio en función del tiempo. En todos los grupos se observó una mayor disminución inicial a los 30 segundos, con fluctuaciones moderadas hasta alcanzar los 5 minutos.

En el grupo de irrigación con 10 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C se produjo un cambio promedio en la temperatura a los 30 segundos de -7.34 °C, a los 5 minutos de -8.21 °C y un cambio máximo de -9.37 °C (Figura 12). En el grupo de irrigación con 20 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C se produjo un cambio promedio a los 30 segundos de -6.5 °C, a los 5 minutos de -8.15 °C y un cambio máximo de -8.18 °C (Figura 13). En el grupo de irrigación con 10 ml de solución salina 0.9% a 4 °C se produjo un cambio promedio a los 30 segundos de -8.7 °C, a los 5 minutos de -6.4 °C y un cambio máximo de -9.58 °C (Figura 14). Finalmente, en el grupo de irrigación con 20 ml de solución salina 0.9% a 4 °C se produjo un cambio promedio a los 30 segundos de -10.8 °C, a los 5 minutos de -11.38 °C y un cambio máximo de -12.4 °C (Figura 15).

En la Figura 16 se observa el comportamiento del grupo control (GC) mediante la irrigación con 10 ml de solución salina al 0.9% a 25.7 °C, con un cambio promedio a los 30 segundos de -1.4 °C y a los 5 minutos de -2.5 °C, siendo esta última, su mayor cambio registrado durante la experimentación (Figura 16), contrastando con los cambios en los grupos experimentales. En la Figura 17 se observa una comparación de los promedios en el cambio de la temperatura por grupo contra el grupo control para mostrar gráficamente la comparación previamente mencionada.

Los datos obtenidos demuestran de forma cuantitativa que hubo un cambio de la temperatura radicular externa posterior a la aplicación de crioterapia intraconducto.

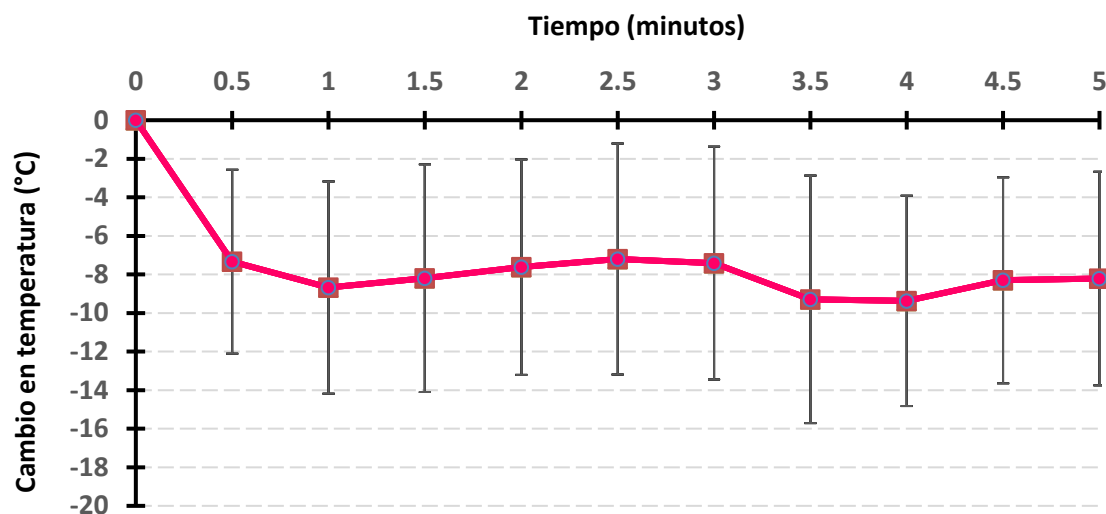


Figura 12. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 10 ml a 2.5 °C.

Evolución de las fluctuaciones en los cambios de la temperatura radicular externa promedio obtenida al aplicar irrigación con crioterapia intraconducto mediante el uso de 10 ml de cloruro de sodio al 0.9% a 2.5 °C (Grupo A, n=10). La disminución máxima promedio es de 9.37 °C con una disminución inicial a los 30 segundos de 7.34 °C.

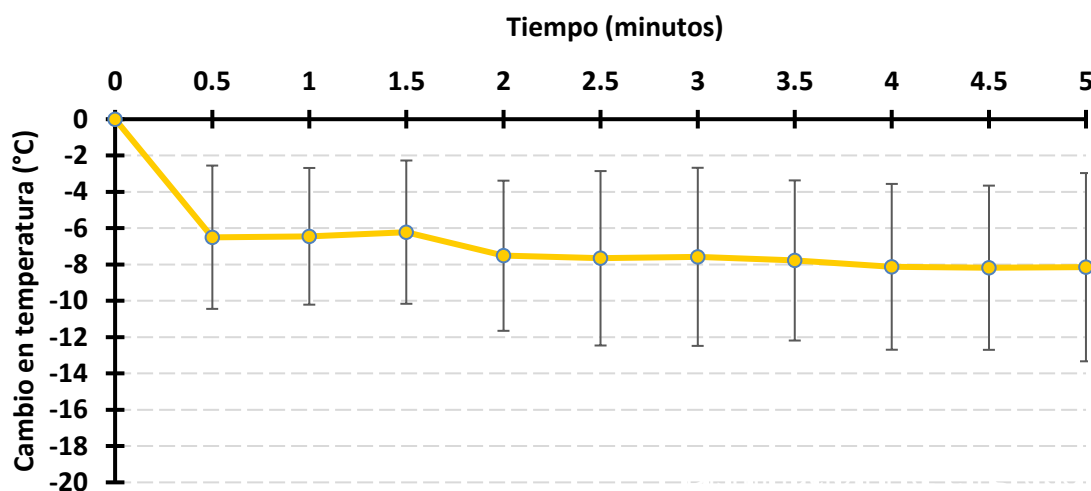


Figura 13. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos mediante irrigación con 20 ml a 2.5 °C.

Evolución de las fluctuaciones en los cambios de la temperatura radicular externa promedio obtenida al aplicar irrigación con crioterapia intraconducto mediante el uso de 20 ml de cloruro de sodio al 0.9% a 2.5 °C (Grupo B, n=10). La disminución máxima promedio es de 8.18 °C con una disminución inicial a los 30 segundos de 6.5 °C.

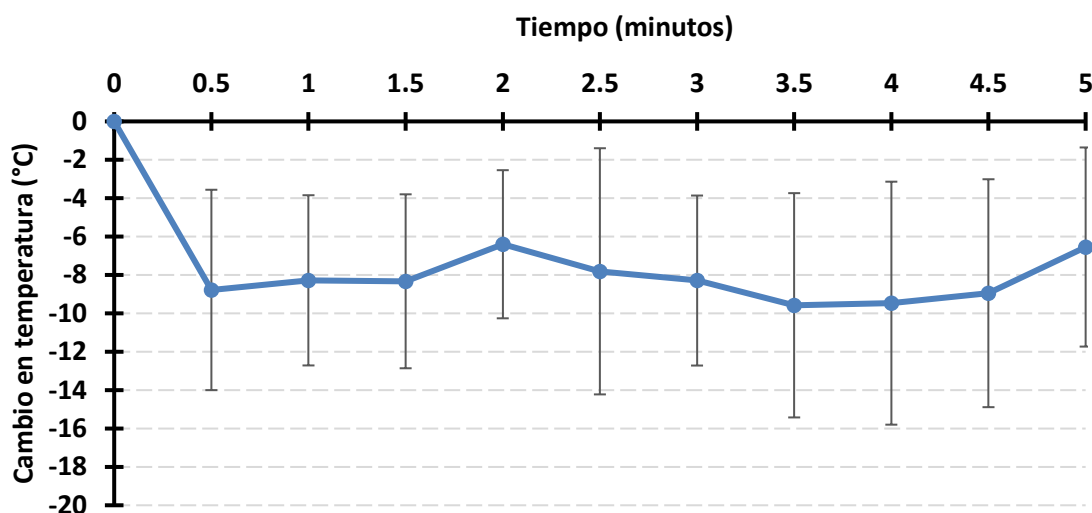


Figura 14. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 10 ml a 4 °C.

Evolución de las fluctuaciones en los cambios de la temperatura radicular externa promedio obtenida al aplicar irrigación con crioterapia intraconducto mediante el uso de 10 ml de cloruro de sodio al 0.9% a 4 °C (Grupo C, n=10). La disminución máxima promedio es de 9.58 °C con una disminución inicial a los 30 segundos de 8.78 °C.

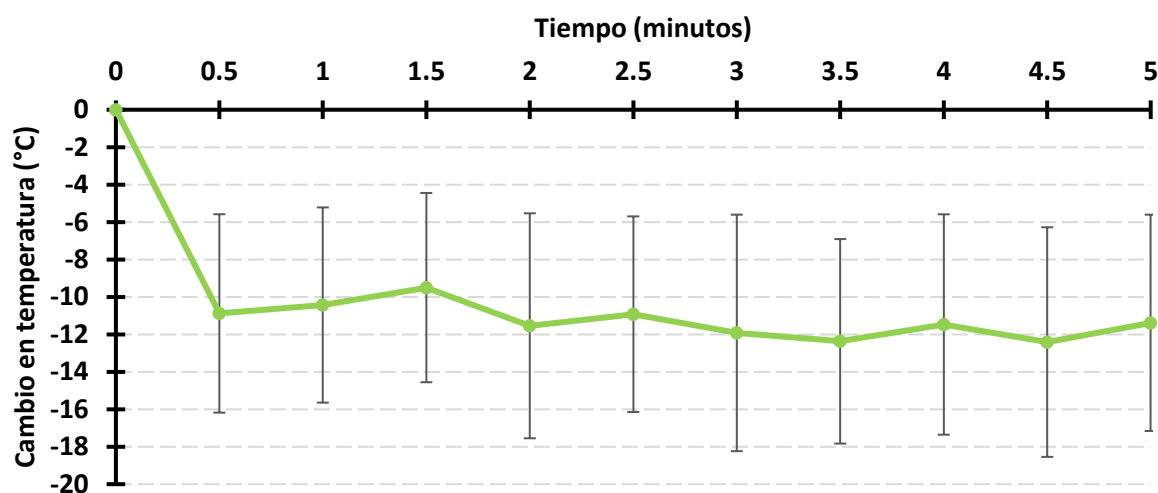


Figura 15. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos de irrigación con 20 ml a 4 °C.

Evolución de las fluctuaciones en los cambios de la temperatura radicular externa promedio obtenida al aplicar irrigación con crioterapia intraconducto mediante el uso de 20 ml de cloruro de sodio al 0.9% a 4 °C (Grupo D, n=10). La disminución máxima promedio es de 12.41 °C con una disminución inicial a los 30 segundos de 10.8 °C.

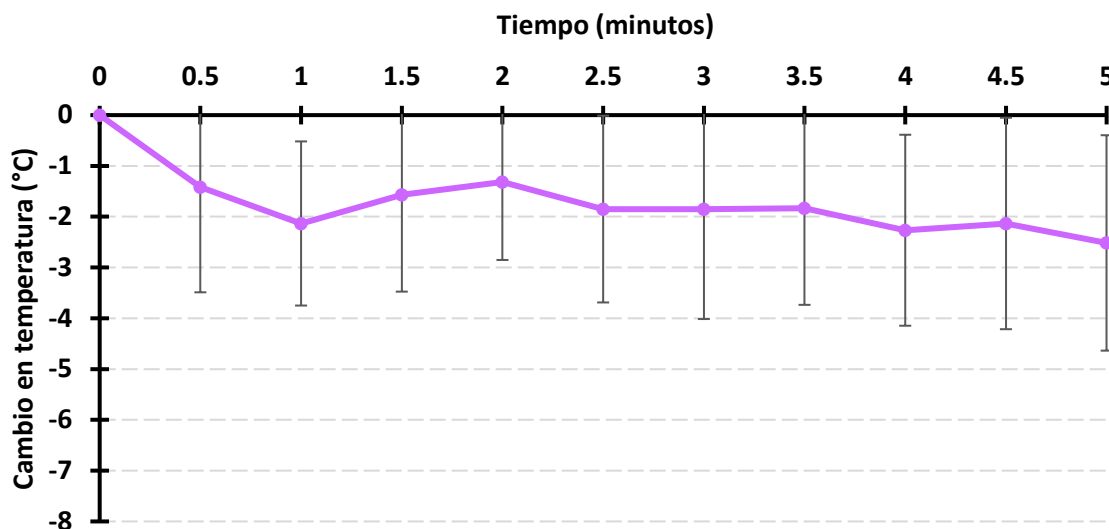


Figura 16. Cambios de temperatura de la superficie radicular externa a través de 5 minutos mediante irrigación con 10 ml a 25.7 °C.

Evolución de las fluctuaciones en los cambios de la temperatura radicular externa promedio obtenida al aplicar irrigación con 10 ml de cloruro de sodio al 0.9% a 25.7 °C (Grupo Control, n=6). La disminución máxima promedio es de 2.5 °C con una disminución inicial a los 30 segundos de 1.4 °C.

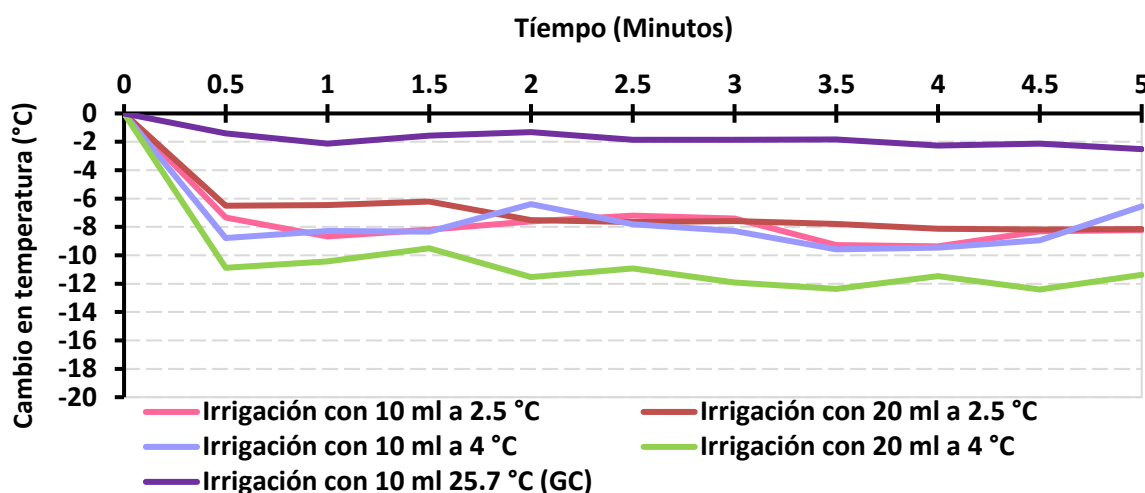


Figura 17. Comparación de la evolución de los cambios de temperatura radicular externas obtenidas en los 5 grupos.

Comparación de las temperaturas obtenidas mediante promedios de los diferentes grupos comparado con el grupo control, en la que, el mayor descenso en temperatura se obtuvo en el grupo de irrigación con 20 ml a 4 °C. Todos los grupos tuvieron un descenso de temperatura mayor a 6 °C durante los primeros 30 segundos de la irrigación intraconducto a excepción del grupo control.

9.2. COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA EXTERNA RADICULAR OBTENIDOS POR GRUPO EXPERIMENTAL EN LA IRRIGACIÓN CON CRIOTERAPIA

Se analizaron los cambios de temperatura promedio a los 2.5 y 5 minutos experimentales en los distintos grupos. El análisis estadístico reveló una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los grupos de irrigación 10 ml a 2.5 °C, 20 ml a 2.5 °C, 10 ml a 4 °C y 20 ml a 4 °C contra el grupo control como se puede observar en las Figura 18 y Figura 19. En la Figura 20 es posible observar la comparación de los 4 grupos experimentales contra el grupo control a los 2.5 y 5 minutos aplicando los protocolos de crioterapia determinados para cada grupo.

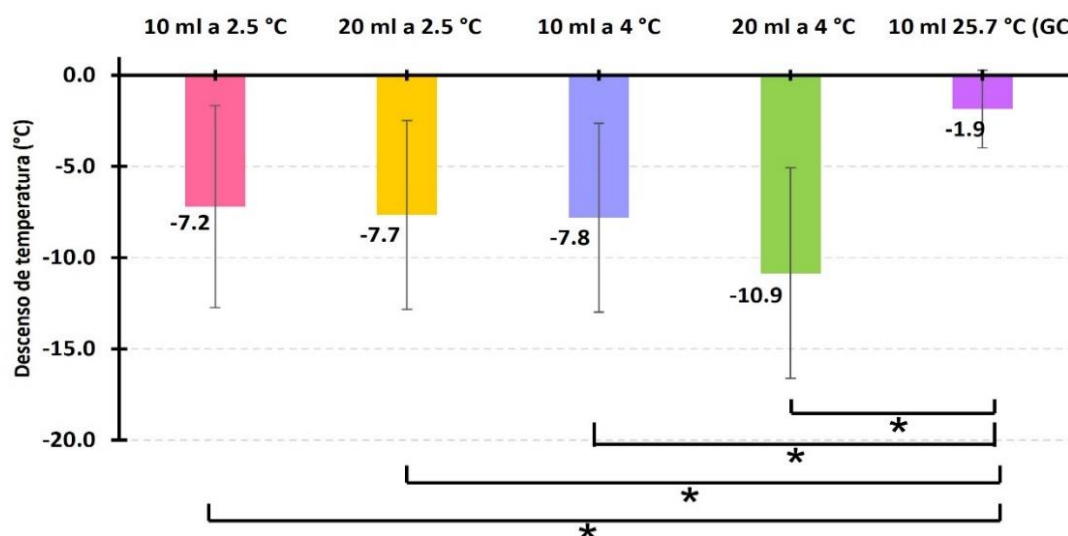


Figura 18. Comparación de los cambios de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 2.5 minutos.

Comparación de los cambios en temperatura obtenidos en los distintos grupos contra el grupo control (GC) a los 2.5 minutos de la experimentación con crioterapia intraconducto. El análisis estadístico demostró una diferencia significativa de los 4 grupos experimentales comparando con el grupo control en la disminución de la temperatura radicular externa ($p < 0.05$).

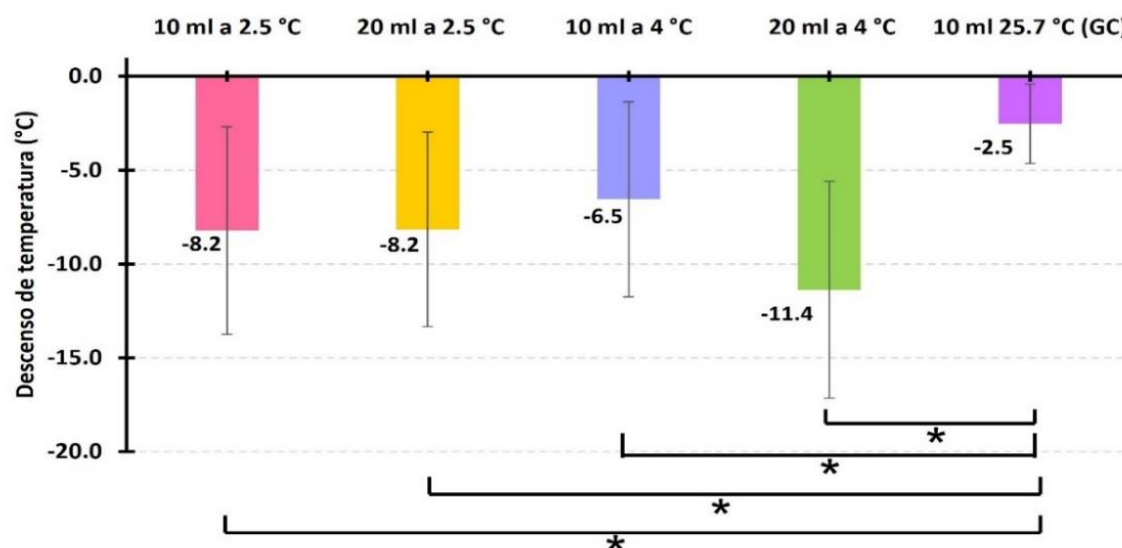


Figura 19. Comparación de los cambios de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 5 minutos.

Comparación de los cambios en temperatura obtenidos en los distintos grupos contra el grupo control (GC) a los 5 minutos de la experimentación con crioterapia intraconducto. El análisis estadístico demostró una diferencia significativa de los 4 grupos experimentales comparando con el grupo control en la disminución de la temperatura radicular externa ($p < 0.05$).

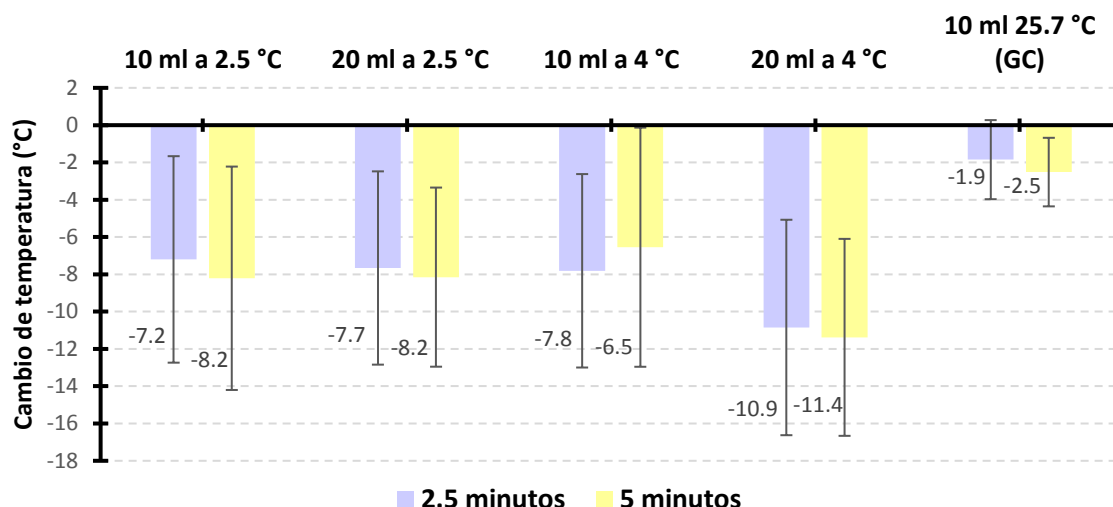


Figura 20. Comparación de los cambio de temperatura obtenidos en los distintos grupos a los 2.5 y 5 minutos.

Comparación del cambio de la temperatura radicular externa obtenida a los 2.5 minutos y 5 minutos de la aplicación de crioterapia intraconducto. Los grupos experimentales tuvieron un promedio de disminución de temperatura de entre 6.5 y 11.4 °C, mientras que el grupo control (GC) tuvo disminuciones menores a 2.5 °C.

9.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL

Se realizó un análisis de medias a través de un ANOVA FACTORIAL con *post hoc* de Tukey-Kramer a través del programa IBM SPSS STATISTICS versión 29.0.1.0., y se obtienen los siguientes resultados: El análisis de las medias a través de la prueba ANOVA factorial arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas ($F(2,90) = 6.990$, $p = .002$). Por otro lado, el mismo análisis identificó que no hubo diferencias significativas entre los volúmenes ($F(1,90) = 2.679$, $p = 0.105$), tal como se muestra en la Figura 21. El estadístico F correspondiente al efecto *volumen-temperatura* lleva asociado un nivel crítico de 0.120, lo cual indica que la interacción *volumen-temperatura* no posee un efecto significativo sobre la temperatura radicular externa ($F(1,90) = 2.472$, $p = 0.120$).

Prueba de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Cambio de temperatura					
Fuente	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	723.198 ^a	5	144.640	5.425	<.001
Intercepción	559.051	1	559.051	20.968	<.001
GRUPO	5.185	1	5.185	.194	.660
VOLUMEN	71.427	1	71.427	2.679	.105
TEMPERATURA	372.714	2	186.357	6.990	.002
VOLUMEN * TEMPERATURA	65.919	1	65.919	2.472	.120
Error	2239.586	84	26.662		
Total	8096.030	90			
Total, corregido	2962.785	89			

a. R al cuadrado =.244 (R cuadrado ajustado =.199)

Figura 21. Prueba de efectos inter sujetos.

Se observa en la tabla la representación de la prueba de efectos inter-sujetos donde la variable dependiente es el cambio de temperatura. Con una significancia de $p < 0.05$, la variable dependiente de temperatura posee una diferencia significativa en la variable dependiente ($p = 0.002$).

De acuerdo con la Figura 22, correspondiente al análisis de Tukey-Kramer, tomando en cuenta únicamente el efecto de la variable independiente temperatura sobre la variable dependiente cambio de temperatura, arroja una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los grupos experimentales y el grupo control, mas no se aprecia una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los grupos experimentales.

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente: Cambio de temperatura								
	(I) TEMPERAT URA	(J) TEMPERAT URA	Diferencia de medias (I- J)	Error std.	Sig.	95% Intervalo de confianza Límite inferior	Límite superior	
Tukey HSD	2.5 C	4 C	1.4179	1.16375	.446	-1.3581	4.1940	
		25.7 C	-6.4282*	1.69644	<.001	-10.4750	-2.3814	
	4 C	2.5 C	-1.4179	1.16375	.446	-4.1940	1.3581	
		25.7 C	-7.8462*	1.69644	<.001	-11.8929	-3.7994	
	25.7 C	2.5 C	6.4282*	1.69644	<.001	2.3814	10.4750	
		4 C	7.8462*	1.69644	<.001	3.7994	11.8929	

Basado en totales observados. El termino de error es la media cuadrática (Error)= 26.409.

*. La diferencia es significativa al nivel 0.05.

Figura 22. Tabla de comparaciones múltiples.

Tabla de análisis comparativo múltiple donde la diferencia significativa de mantuvo a $p < 0.05$. Se observó una diferencia significativa en todos los grupos contra el grupo control en función de la variable independiente temperatura sobre la variable dependiente cambio de temperatura.

X. DISCUSIÓN

En el presente trabajo *in vitro* se buscó evaluar el efecto de la crioterapia intraconducto al finalizar el tratamiento de endodoncia tomando en cuenta el efecto de las condiciones externas durante la experimentación y su posible efecto en los resultados en el cambio de la temperatura radicular externa.

Según Donnermeyer *et al.* en 2018 la experimentación *in vitro* se realiza de manera regular en condiciones de temperatura ambiental y sin contacto con fluidos, lo que pudiera resultar en datos que pueden variar de la realidad clínica. Los autores sugieren que en estudios en los que se busca evaluar la temperatura *in vitro* de algún proceso clínico, se deberá tomar en cuenta el efecto que tiene el contacto de la superficie que se está estudiando con su medio adyacente, en el caso de un diente, con el hueso alveolar y fluidos biológicos. Debido a lo anterior, en este estudio se desarrolló un modelo de incubadora fabricada de acrílico y que contiene agua a 37 °C, simulando así las condiciones térmicas en las que el OD se encuentra para tener una evaluación fiable de los cambios de temperatura que se pudieran generar (38).

Vera *et al.* en 2015 describieron mediante un estudio *in vitro* el efecto de la crioterapia en la temperatura radicular externa, utilizando 20 ml de solución salina al 0.9% como irrigante. Se observó que la crioterapia causaba disminuciones en la temperatura radicular externa de $14.33\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.12^{\circ}\text{C}$, comparando con un grupo control de irrigación con hipoclorito del sodio al 5% a temperatura ambiente con cambios de $1.56\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.94\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el presente estudio, existió un cambio en la temperatura radicular externa en todos los grupos experimentales, obteniendo en promedio cambios de -8.2 en el grupo de 10 ml a 2.5 °C, -8.18 °C en el grupo de 20 ml a 2.5 °C, -6.4 °C en el grupo de 10 ml a 4 °C y -11.38 °C en el grupo de 20 ml a 4 °C, todos a los 5 minutos de irrigación. En el grupo control se irrigó de igual manera con solución salina 0.9% a temperatura ambiente (25.7 °C) y se observó un cambio de -2.5 °C a los 5 minutos. La diferencia de los cambios de temperatura obtenidos

en ambos estudios pudiera ser atribuido al efecto que el medio externo ejerce sobre la muestra durante la experimentación (33).

En 2023, Vera *et al.* realizaron un estudio *in vitro* sobre el efecto de la duración de la irrigación con crioterapia en la inflamación del tejido conectivo. Este estudio fue realizado utilizando ratas Wistar a las cuales se les indujo una respuesta inflamatoria mediante la inyección subcutánea de lipopolisacáridos de *Escherichia coli*. En dicho estudio, se concluyó que la administración de solución salina estéril a 2.5 °C durante 5 minutos redujo la inflamación de tipo aguda de manera más efectiva que al administrar por tan solo 1 minuto, por lo que recomendaron realizar el protocolo final de irrigación con solución salina a 2.5 °C durante 5 minutos; debido a lo anterior, el tiempo de experimentación en el presente estudio fue de 5 minutos en todos los grupos experimentales (36).

En 2020 Sadaf y *cols.* realizaron un artículo de revisión en el cual analizaron diferentes estudios obtenidos de distintas bases de datos para evaluar la efectividad de la crioterapia en diversos estudios clínicos. Entre los 8 artículos elegidos para el análisis se encontró que estos utilizaron diferentes metodologías al momento de aplicar la crioterapia, variando en el volumen o e incluso, sin especificar el criterio utilizado durante la irrigación con crioterapia intraconducto. Sin embargo, todos los estudios mostraron resultados satisfactorios en la disminución del DP (34).

A su vez, mediante un metaanálisis publicado en 2022 por Hespanhol *et al.* se buscó evaluar el efecto que produce la crioterapia intraconducto como manejo del DP al finalizar un tratamiento de conductos. En dicho estudio, los autores discuten que existe una ausencia de un protocolo estandarizado ideal de crioterapia intraconducto, y que, aunque en la mayoría de los estudios clínicos el irrigante utilizado fue solución salina, la elección de irrigante no parece poseer una importancia clínica mayor al mantenimiento de bajas temperaturas las cuales reducen las posibilidades de presencia de DP. Los grupos experimentales en los que se utilizó crioterapia sin importar volumen o temperatura utilizada reportaron menores índices de DP (32).

Tomando en cuenta los artículos publicados por Sadaf *et al.* y Hespanhol *et al.*, en conjunto con los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede inferir que no existe una relación entre el volumen o temperatura utilizados en el protocolo de crioterapia intraconducto y el cambio en la temperatura radicular, y que el simple uso de la crioterapia intraconducto a bajas temperaturas durante al menos 5 minutos tiene la capacidad de causar un efecto positivo sobre la disminución del DP (39).

XI. CONCLUSIONES

En este proyecto de investigación se evaluó el cambio de la temperatura radicular externa posterior a la irrigación con crioterapia intraconducto con diferentes temperaturas y volúmenes durante 5 minutos en un ambiente controlado a 37 °C.

1. Durante la irrigación con crioterapia intraconducto con 10 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C se produjo un cambio promedio a los 5 minutos de -8.22 °C (máximo de -9.3 °C).
2. Durante la irrigación con crioterapia intraconducto con 20 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C se produjo un cambio promedio a los 5 minutos de -8.15 °C (máximo de -8.18 °C).
3. Durante la irrigación con crioterapia intraconducto con 10 ml de solución salina 0.9% a 4 °C se produjo un cambio promedio a los 5 minutos de -6.4 °C (máximo de -9.58 °C).
4. Durante la irrigación con crioterapia intraconducto con 20 ml de solución salina 0.9% a 4 °C se produjo un cambio promedio a los 5 minutos de -11.38 °C (máximo de -12.4 °C).

El análisis estadístico de los datos obtenidos durante la experimentación demostró lo siguiente:

5. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la comparación del grupo de irrigación con crioterapia intraconducto con 10 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C contra el grupo control ($p < 0.05$).
6. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la comparación del grupo de irrigación con crioterapia intraconducto con 20 ml de solución salina 0.9% a 2.5 °C contra el grupo control ($p < 0.05$).
7. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la comparación del grupo de irrigación con crioterapia intraconducto con 10 ml de solución salina 0.9% a 4 °C contra el grupo control ($p < 0.05$).

XI. CONCLUSIONES

8. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la comparación del grupo de irrigación con crioterapia intraconducto con 20 ml de solución salina 0.9% a 4 °C contra el grupo control ($p < 0.05$).
9. No existe una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de los grupos experimentales de crioterapia intraconducto con 10 ml a 2.5 °C, 20 ml a 2.5 °C, 10 ml a 4 °C y 20 ml a 4 °C.
10. *Con base en los resultados obtenidos se confirma la hipótesis alternativa (H1) de este proyecto.*

XII. RECOMENDACIONES

- 1- Estandarizar la presión aplicada al momento de la irrigación con crioterapia intraconducto para eliminar el riesgo de variaciones en los resultados debido al flujo de irrigante a presión.
- 2- Realizar un estudio adicional que ayude a determinar la mínima temperatura necesaria del irrigante para que al utilizar crioterapia intraconducto, esta conserve la capacidad de causar cambios en la temperatura radicular externa con un potencial efecto analgésico en el tratamiento del DP.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Canalda S, Brau E. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas. 3ra ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2014. 15–69 p.
2. Garg N, Garg A. Endodontics Textbook. 3era ed. Vol. 1. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014.
3. Chubb DWR. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. Vol. 45, Australian Endodontic Journal. Wiley-Blackwell Publishing Asia; 2019. p. 5–11.
4. Hargreaves KM, Cohen S. Vías de la pulpa. 10th ed. Barcelona, España: Elsevier España; 2011.
5. Bürklein S, Arias A. Effectiveness of root canal instrumentation for the treatment of apical periodontitis: A systematic review and meta-analysis. Vol. 1, Int. Endod. J. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 1–27.
6. Chubb DWR. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. Vol. 45, Aust. Endod. J. Wiley-Blackwell Publishing Asia; 2019. p. 5–11.
7. Bhandi S, Mashyakhy M, Abumelha AS, Alkahtany MF, Jamal M, Chohan H, *et al.* Complete obturation—cold lateral condensation vs. Thermoplastic techniques: A systematic review of micro-CT studies. Vol. 14, Materials. MDPI AG; 2021.
8. Sunghwan K, Jie C, Tiejun C, Asta G, Jia H, Siqian H, *et al.* PubChem 2023 update. Nucleic Acids Res [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 29];51(D1):1373–80. Available from: <https://academic.oup.com/nar/article/51/D1/D1373/6777787?login=false>

9. Farooq A, Bilgrami A, Faraz SA, Qazi FUR, Maqsood A, Altamash S, *et al.* Comparative evaluation of Sapindus Mukorossi extract with 17% EDTA on smear layer removal in various parts of the tooth root. J Appl Biomater Funct Mater. 2023 Jan 1;21.
10. Winkler A, Adler P, Ludwig J, Hofmann N, Soliman S, Krastl G, *et al.* Endodontic Outcome of Root Canal Treatment Using Different Obturation Techniques: A Clinical Study. Dent J [Internet]. 2023 Aug 21;11(8):200. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6767/11/8/200>
11. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. 10th ed. McClanahan SB, Crepps III JT, Maranga MC, Worrell DE, Behnia A, editors. Chicago, Illinois: American Association of Endodontists; 2020.
12. Hargreaves KM, Cohen S. Vías de la pulpa. 10th ed. Barcelona, España: Elsevier España; 2011.
13. Hernández Cárdenas LL. Impacto de la crioterapia en la reducción de la inflamación subcutánea: in situ. . [Tijuana]: Universidad Autónoma de Baja California; 2021.
14. Bergenholtz G, Horsetd-Bindslev P, Reit C. Textbook of Endodontology. 2nd ed. Vol. 1. Blackwell Publishing; 2010.
15. Laínez Castro PR. Dolor postoperatorio causado por la terapia endodóntica. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2020.
16. Arias A, De la Macorra JC, Hidalgo JJ, Azabal M. Predictive models of pain following root canal treatment: A prospective clinical study. Int Endod J. 2013 Aug;46(8):784–93.
17. Schuh CMAP, Benso B, Aguayo S. Potential novel strategies for the treatment of dental pulp-derived pain: Pharmacological approaches and beyond. Vol. 10, Front. pharmacol. Frontiers Media S.A.; 2019.

18. Hossain MZ, Bakri MM, Yahya F, Ando H, Unno S, Kitagawa J. The role of transient receptor potential (TRP) channels in the transduction of dental pain. *Int J Mol Sci.* 2019 Feb 1;20(3).
19. Pergolizzi J V., Magnusson P, LeQuang JA, Gharibo C, Varrassi G. The pharmacological management of dental pain. Vol. 21, *Expert Opin Pharmacother.* Taylor and Francis Ltd; 2020. p. 591–601.
20. Oghli I, List T, Su N, Häggman-Henrikson B. The impact of oro-facial pain conditions on oral health-related quality of life: A systematic review. *J Oral Rehabil.* 2020 Aug 1;47(8):1052–64.
21. Ribeiro Junior CA, Vettore MV, Rebelo Vieira JM, de Queiroz Herkrath APC, de Queiroz Herkrath AC, Pereira JV, *et al.* The role of dental pain and psychosocial factors on the relationship between dental caries and oral health-related quality of life in children. *BMC Oral Health.* 2022 Dec 1;22(1).
22. Gao X, Xin X, Li Z, Zhang W. Predicting postoperative pain following root canal treatment by using artificial neural network evaluation. *Sci Rep.* 2021 Dec 1;11(1).
23. Vera J, Ochoa J, Romero M, Vazquez-Carcaño M, Ramos-Gregorio CO, Aguilar RR, *et al.* Intracanal Cryotherapy Reduces Postoperative Pain in Teeth with Symptomatic Apical Periodontitis: A Randomized Multicenter Clinical Trial. *J Endod.* 2018 Jan 1;44(1):4–8.
24. Almohaimede A, Al-Madi E. Is intracanal cryotherapy effective in reducing postoperative endodontic pain? An updated systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Vol. 18, *Int. J. Environ. Res. Public Health.* MDPI; 2021.
25. Wehler CJ, Panchal NH, Cotchery DL, Farooqi OA, Ferguson DK, Foran D, *et al.* Alternatives to opioids for acute pain management after dental procedures:

- A Department of Veterans Affairs consensus paper. *J Am Dent Assoc.* 2021 Aug 1;152(8):641–52.
26. Kim SJ, Seo JT. Selection of analgesics for the management of acute and postoperative dental pain: A mini review. *JPIS.* 2020 Apr 1;50(2):68–73.
 27. Robert M, Jouanjus E, Khouri C, Fouilhé Sam-Laï N, Revol B. The opioid epidemic: A worldwide exploratory study using the WHO pharmacovigilance database. *J Addict.* 2023 Apr 1;118(4):771–5.
 28. Gundogdu EC, Arslan H. Effects of Various Cryotherapy Applications on Postoperative Pain in Molar Teeth with Symptomatic Apical Periodontitis: A Preliminary Randomized Prospective Clinical Trial. *J Endod.* 2018 Mar 1;44(3):349–54.
 29. Fayyad DM, Abdelsalam N, Hashem N. Cryotherapy: A New Paradigm of Treatment in Endodontics. Vol. 46, *J. Endod.* Elsevier Inc.; 2020. p. 936–42.
 30. Modabber A, Rana M, Ghassemi A, Gerressen M, Gellrich NC, Hölzle F, *et al.* Three-dimensional evaluation of postoperative swelling in treatment of zygomatic bone fractures using two different cooling therapy methods: A randomized, observer-blind, prospective study. *Trials.* 2013 Jul 29;14(1).
 31. Keskin C, Özdemir Ö, Uzun İ, Güler B. Effect of intracanal cryotherapy on pain after single-visit root canal treatment. *Aust Endod J.* 2017 Aug 1;43(2):85–90.
 32. Hespanhol FG, Guimarães LS, Antunes LAA, Antunes LS. Effect of intracanal cryotherapy on postoperative pain after endodontic treatment: systematic review with meta-analysis. *Restor Dent Endod.* 2022;47(3).
 33. Vera J, Ochoa-Rivera J, Vazquez-Carcaño M, Romero M, Arias A, Sleiman P. Effect of intracanal cryotherapy on reducing root surface temperature. *J Endod.* 2015 Nov 1;41(11):1884–7.

34. Sadaf D, Ahmad MZ, Onakpoya IJ. Effectiveness of Intracanal Cryotherapy in Root Canal Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. Vol. 46, Journal of Endodontics. Elsevier Inc.; 2020. p. 1811-1823.e1.
35. Zhou X, Nanayakkara S. Intracanal cryotherapy may reduce postoperative endodontic pain. Vol. 22, J. Evid.-Based Dent. Pract. Elsevier Inc.; 2022.
36. Vera J, Castro-Nuñez MA, Troncoso-Cibrian MF, Carrillo-Varguez AG, Méndez Sánchez ER, Sarmiento V, *et al.* Effect of cryotherapy duration on experimentally induced connective tissue inflammation in vivo . Restor Dent Endod. 2023;48(3).
37. Soto Uribe FC. Comparación de la activación sónica y ultrasónica sobre la temperatura de la superficie radicular: Estudio *in vitro*. [Tijuana]: Universidad autónoma de baja california; 2023.
38. Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Real-time Intracanal Temperature Measurement During Different Obturation Techniques. J Endod. 2018 Dec 1;44(12):1832–6.
39. Sadaf D, Ahmad MZ, Onakpoya IJ. Effectiveness of Intracanal Cryotherapy in Root Canal Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. Vol. 46, J. Endod. Elsevier Inc.; 2020. p. 1811-1823.e1.