



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

**EFICACIA DEL DIOXIDO DE CLORO COMO IRRIGANTE  
ENDODÓNTICO PARA LA DISOLUCIÓN PULPAR**

**PRESENTADA POR  
ESTRELLA MARCELA LOPEZ ALVAREZ**

**ASESORA  
ESPERANZA RAQUEL AYÓN HARO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE CIRUJANA DENTISTA**

**LIMA – PERÚ**

**2020**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

La autora sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE  
ODONTOLOGÍA

**TESIS:**

**EFICACIA DEL DIOXIDO DE CLORO COMO IRRIGANTE  
ENDODÓNTICO PARA LA DISOLUCIÓN PULPAR**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
CIRUJANA DENTISTA**

**PRESENTADA POR:  
BACH. ESTRELLA MARCELA LOPEZ ALVAREZ**

**ASESORA:  
DRA. ESPERANZA RAQUEL AYÓN HARO**

**LIMA – PERÚ**

**2020**



**DEDICATORIA:**

Dedico esta investigación a Dios, mi familia Álvarez, a la familia Olivares Eslava y al Laboratorio de Investigación de Biología Oral y Molecular de la Universidad San Martín de Porres. Dicen que esto recién empieza pero están felices que siga escalando, vamos por más.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a Dios, a mi mamá, a mis hermanos, a la familia Alvarez y a la familia Olivares por ayudarme y acompañarme en este proyecto de vida.

A mi asesora, la Dra. Esperanza Raquel Ayón Haro, por su tiempo, paciencia, enseñanzas y sobre todo por su ayuda incondicional en esta investigación.

A todos los doctores y enfermeras de centro quirúrgico por hacer que cada día fuera más fácil de sobrellevar con sus consejos, ayuda y la facilidad para avanzar.

Al Dr. Rafael Morales Vadillo por la asesoría y aporte en la estadística además de la gran disposición para enseñar y brindar su ayuda.

A mis amigos por animarme a seguir cada día, por preocuparse por mí y por la compañía en este proceso.

A todos los miembros del Laboratorio de Investigación de Biología Oral y Molecular por hacer de este proyecto un camino agradable, lleno de aprendizajes y feliz.

.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes de la Investigación	3
1.2 Bases Teóricas	5
1.3 Definición de Términos	11
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>14</b>
3.1 Diseño Metodológico	14
3.2 Diseño Muestral	14
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	14
3.4 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información	15
3.5 Aspectos Éticos	17
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>23</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>24</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la eficacia del dióxido de cloro al 5% como irrigante endodóntico para la disolución pulpar.

**Métodos:** Se obtuvieron 35 muestras de pulpa dental humana, se pesaron previamente y se sumergieron en tres soluciones = 5% ClO<sub>2</sub>, 5.25% NaOCl y suero fisiológico (grupo control), durante 10 minutos a 32°C; se secaron y se pesaron de nuevo. Luego se comparó la pérdida de peso del peso original y se analizó estadísticamente.

**Resultados:** NaOCl al 5.25% y ClO<sub>2</sub> al 5% disolvieron las muestras de pulpa dental con más eficacia que el suero fisiológico ( $p > 0.001$ ). No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución de tejido de NaOCl al 5.25% y ClO<sub>2</sub> al 5% ( $p=0.893$ )

**Conclusión:** ClO<sub>2</sub> al 5% es eficaz para disolver tejido de pulpa dental humana.

**Palabras claves:** Disolución pulpar, dióxido de cloro, irrigantes endodónticos, hipoclorito de sodio.

## **ABSTRACT**

**Objective:** To determine the efficacy of 5% chlorine dioxide as an endodontic irrigator for pulp dissolution

**Methods:** 35 samples of human dental pulp were obtained, preweighed and immersed in three solutions= 5% ClO<sub>2</sub>, 5.25% NaOCl and physiological serum (control group), for 10 minutes at 32 ° C; They dried and weighed again. The weight loss of the original weight was then compared and statistically analyzed.

**Results:** 5.25% NaOCl and 5% ClO<sub>2</sub> dissolved dental pulp samples more effectively than physiological serum ( $p > 0.001$ ). No statistically significant differences were found between tissue dissolution properties of 5.25% NaOCl and 5% ClO<sub>2</sub> ( $p = 0.893$ )

**Conclusion:** 5% ClO<sub>2</sub> is effective in dissolving human dental pulp tissue.

**Key words:** Pulp dissolution, chlorine dioxide, endodontic irrigators, sodium hypochlorite.



## INTRODUCCIÓN

Una solución de irrigación endodóntica debe tener como propiedades principales: la actividad antimicrobiana, la solubilidad en agua, la baja toxicidad para tejidos perirradiculares y la capacidad de disolución de tejidos. La disolución del tejido pulpar es una propiedad muy deseable de cualquier solución de irrigación, ya que mejora la limpieza del conducto radicular<sup>1</sup>.

El hipoclorito de sodio (NaOCl), es el irrigante más frecuentemente utilizado en la terapia endodóntica por sus propiedades como la disolución de tejidos y su amplia actividad antimicrobiana. Sin embargo una de sus principales desventajas es su extrema citotoxicidad sobre los tejidos perirradiculares y la mucosa oral, además de producir subproductos conocidos por ser cancerígenos<sup>2, 3</sup>.

El dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) puede ser una potencial alternativa para tratamientos endodónticos como irrigante del conducto radicular, por demostrar propiedades antimicrobianas, baja toxicidad, y la no producción de subproductos. No obstante hay mínima información sobre el porcentaje de dióxido de cloro adecuado para la disolución del tejido pulpar<sup>3</sup>.

Los estudios encontrados utilizaron diferentes concentraciones de ClO<sub>2</sub> capaces de disolver tejidos donde se compara con NaOCl<sup>2-5</sup>. En un par de investigaciones se encontró que NaOCl fue más eficaz que ClO<sub>2</sub> al 5% a temperatura ambiente y pH ácido<sup>2, 6</sup>. También se ha reportado que el ClO<sub>2</sub> al 13.8% a 37°C y pH alcalino era más efectivo que NaOCl para disolver el tejido<sup>4</sup>. No obstante en otros estudios no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución de tejido de NaOCl y ClO<sub>2</sub> al 13,8% a temperatura ambiente y pH alcalino<sup>3</sup>. Siendo los resultados de estos trabajos contradictorios. Por ello es necesario esclarecer el efecto de disolución del ClO<sub>2</sub> en una presentación estable que es al 5%, temperatura media y a un pH alcalino. Siendo el principal objetivo de este estudio determinar la eficacia del dióxido de cloro al 5% para la disolución de la pulpa humana.

En consecuencia, esta investigación aumentó los conocimientos teóricos de las propiedades y eficacia del dióxido de cloro en una concentración mínima estable. Además podría ser la base para trabajos clínicos, como una nueva solución para la

irrigación en terapias endodónticas. Esto generará beneficios tanto para el paciente como al operador, al ser una solución potencial que presenta propiedades adecuadas, siendo las más relevantes, su baja toxicidad y su eficacia en la disolución pulpar, disminuyendo los accidentes producidos por otros irrigantes como NaOCl.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes de la Investigación

#### Antecedentes Generales

**HERCZEGH A, et al (2013)**, estudió la efectividad de la solución de 0.12% ClO<sub>2</sub> en comparación con 5.25% NaOCl y 2% CHX en la eliminación del biofilm intracanal de *Enterococcus faecalis*. Los dientes humanos extraídos fueron inoculados con *E. faecalis*, luego los canales se irrigaron con ClO<sub>2</sub>, NaOCl, CHX o solución salina fisiológica para el control. Las paredes del canal se investigaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). La fase gaseosa se investigó en una placa de Petri al revés donde se inoculó *E. faecalis* en agar sangre. Los irrigantes se colocaron sobre papel absorbente en la cubierta. La reinfección más baja se encontró después del tratamiento con ClO<sub>2</sub>. Observamos un efecto antibacteriano de las fases gaseosas de ClO<sub>2</sub> y NaOCl en el crecimiento de *E. faecalis*, pero no de CHX. El ClO<sub>2</sub> elimina la biopelícula intracanal y mantiene el canal casi libre de bacterias<sup>5</sup>.

**BALLAL NV, et al (2015)**, evaluó el efecto del ClO<sub>2</sub> y otras soluciones de irrigación más comunes en la microdureza y la rugosidad de la superficie de la dentina del conducto radicular. Se seccionaron longitudinalmente cincuenta incisivos centrales maxilares humanos y se trataron durante 1 minuto con 5 ml de las siguientes soluciones: 13.8% de ClO<sub>2</sub>, 17% de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), 7% de ácido maleico, 2.5% de NaOCl, y solución salina (control). Las muestras fueron sometidas a microdureza y pruebas de rugosidad de la superficie. El ClO<sub>2</sub> y el NaOCl redujeron la microdureza más que otros agentes de prueba. La mayor rugosidad superficial se produjo con ácido maleico<sup>7</sup>.

**KAMALASANAN RR, et al (2017)**, contrastó la combinación de soluciones de 5% ClO<sub>2</sub>, 17% EDTA, 3% NaOCl como irrigantes endodónticos sobre la adhesión del sellador AH Plus usando la Prueba de Resistencia Bond (µPBS). Se usaron cuarenta incisivos centrales recién extraídos, se seleccionaron aleatoriamente divididos en cuatro grupos, se añadió en cada grupo: Grupo I (3% NaOCl - 17% de EDTA), Grupo

II (5% ClO<sub>2</sub> - 17% de EDTA), Grupo III (5% ClO<sub>2</sub>) y Grupo IV (solución salina). El canal se agranda hasta Protaper F3. Todas las muestras fueron obturadas con conos de F3 de gutapercha utilizando sellador AH Plus y se seccionaron perpendicular al eje largo para obtener rebanadas de 1 mm de espesor de las porciones medias y coronal para la medición  $\mu$ PBS en máquina universal de ensayo seguido de la evaluación del patrón de falla bajo estereomicroscopio. Los valores de resistencia de la unión fueron en el siguiente orden: Grupo I > Grupo II > Grupo III > Grupo IV, con diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Los valores fueron más  $\mu$ PBS en tercio coronal del tercio medio en todas las muestras, sin diferencia estadística significativa. Los valores de resistencia adhesiva de ClO<sub>2</sub> fueron comparables con NaOCl y la combinación de EDTA y, por tanto, ClO<sub>2</sub> puede ser considerado irrigante endodóntico como alternativa eficaz<sup>8</sup>.

### **Antecedentes Específicos**

**COBANKARA FK, et al (2010)**, comparó la capacidad de disolución de tejido orgánico de NaOCl y ClO<sub>2</sub>. En este estudio, se utilizaron 5,25% de NaOCl, 13,8% de ClO<sub>2</sub> y, como control 0,9% de NaCl. Treinta muestras de pulpa bovina se pesaron previamente y se sumergieron durante 20 minutos en cada solución de prueba (cambiando la solución cada 2 minutos), se secaron y se pesaron de nuevo. El porcentaje de pérdida de peso se calculó y se analizó estadísticamente. Tanto NaOCl como ClO<sub>2</sub> disolvió las piezas de tejido más eficazmente que el control de solución salina. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución del tejido con NaOCl y con ClO<sub>2</sub>. Se concluyó que el ClO<sub>2</sub> y el NaOCl son igualmente eficientes para disolver tejidos orgánicos<sup>2</sup>.

**SINGH S, et al (2012)**, contrastó la eficacia de disolución de ClO<sub>2</sub> y NaOCl en el tejido de la pulpa humana. Se utilizaron 2% NaOCl, 5% ClO<sub>2</sub> y solución salina isotónica (control). Treinta muestras de tejido de pulpa humana se expusieron a las tres soluciones ( $n = 10$ ) durante 30 minutos, luego de lo cual se comparó la pérdida de peso del peso original utilizando una balanza analítica digital. El NaOCl fue más eficaz en comparación con el ClO<sub>2</sub>. La solución salina isotónica no pudo disolver ninguna de las muestras. El ClO<sub>2</sub> es capaz de disolver el tejido de la pulpa humana, pero el NaOCl es más efectivo<sup>3</sup>.

**BASAIWALA K, et al (2018)**, evaluó la capacidad de disolución tisular de 3% NaOCl, 10% CaOCl y 13.8% ClO<sub>2</sub> a diferentes temperaturas. Ciento veinte muestras de tejido bovino se distribuyeron equitativamente entre los cuatro grupos. Los experimentos se realizaron en tres placas de temperaturas diferentes, temperatura ambiente, 37 °C y 45 °C, respectivamente. Las 30 muestras de tejido de cada grupo se sumergieron en 5 ml de la solución de prueba asignada a la temperatura deseada durante un total de 20 minutos, con un cambio de solución cada 2 minutos. Los tejidos se secaron sobre papel absorbente y se pesaron en una balanza de precisión. Los resultados de este estudio mostraron que a temperatura ambiente, la solución de NaOCl al 3% presentaba la disolución máxima del tejido, mientras que a 37 °C, la solución de ClO<sub>2</sub> al 13.8% fue más efectiva para disolver el tejido. Sin embargo, cuando la temperatura se elevó a 45 °C, las tres soluciones de prueba fueron igualmente efectivas en su capacidad de disolución de tejidos. Demostrando que calentar las soluciones mejora su capacidad para disolver el material orgánico<sup>4</sup>.

## **1.2 Bases Teóricas**

### **1.2.1 Irrigantes Endodónticos**

En la preparación del conducto radicular se utiliza un protocolo combinado de instrumentación mecánica y riego químico, pero la anatomía dental es tan compleja que se requiere de soluciones irrigantes importantes en el desbridamiento de zonas físicamente inaccesibles<sup>9</sup>. El tejido pulpar residual, la dentina infectada y las bacterias en el sistema de conductos puede causar fracasos del tratamiento en el canal radicular; es decir la presencia de restos de pulpa puede llevar a un dolor post-operatorio y también tiene el potencial de formar una lesión periapical<sup>6, 10</sup>. Por ello, una solución endodóntica debe tener cuatro propiedades principales: amplia actividad antimicrobiana, solubilidad en agua, baja toxicidad y la capacidad de disolución de tejidos, además de prevenir o eliminar la capa frotis, inactivar las endotoxinas y no ser cáustico a los tejidos periodontales<sup>1, 11</sup>.

A continuación se detallan los siguientes irrigantes más importantes utilizados en las terapias endodónticas:

**Hipoclorito de Sodio.**- Es una base fuerte que se ioniza en sodio (Na<sup>+</sup>), y los iones de hipoclorito (OCl) en agua establecen un equilibrio formando ácido hipocloroso (HOCl). Usado en la esterilización industrial, además para el blanqueamiento, tratamiento y purificación de agua. Se describió como irrigante endodóntico en 1919. Estándar de oro en la actualidad, va en concentraciones desde 0.5% a 6% y en algunos estudios a 8.25%<sup>11-13</sup>.

Ventajas:

Posee muchos de los atributos de un agente antimicrobiano ideales, debido al ácido hipocloroso, que contiene cloro activo, esto oxida las enzimas esenciales de las bacterias alterando sus funciones metabólicas. Asimismo tiene un amplio espectro de acción microbiana, es de acción rápida, disuelve el tejido pulpar a partir de su pH alto y su alto porcentaje de cloro disponible (OCl/HOCl), es relativamente barato y de fácil disponibilidad<sup>2, 11, 14-16</sup>.

Desventajas:

Cuando está en contacto con materia orgánica, forma hidrocarburos clorados como trihalometanos y ácidos haloacéticos, muchos de estos conocidos por ser cancerígenos<sup>2, 3</sup>. Produce efectos perjudiciales en el módulo de elasticidad y resistencia a la flexión de la dentina, es decir disminuye la fuerza de la dentina y produce corrosión de los nitratos que causan fracturas tempranas en los dientes<sup>15, 17</sup>. También debilita la estructura de la dentina, mediante la reducción de la integridad mecánica del tejido; disuelve el colágeno rompiendo enlaces entre los átomos de carbono y desorganiza la estructura primaria de las proteínas<sup>12, 18</sup>.

Un aumento en la concentración de NaOCl puede facilitar la disolución del tejido de la pulpa, esto fue demostrado en un estudio donde NaOCl al 8.25% fue significativamente más rápido que cualquier otra concentración probada<sup>11</sup>. Aunque la interacción con la dentina que tiene un efecto amortiguador considerable contra el ácido y los materiales alcalinos; disminuye la cantidad de disolución de tejido; en la extrusión de la solución de NaOCl a nivel de tejidos periapicales presenta efecto citotóxico en concentraciones de 1% a 5.25% causando hinchazón, dolor agudo, hemólisis, necrosis de la mucosa y del hueso alveolar por quemadura química; y en algunos casos puede afectar al nervio trigémino y facial produciendo trismus o

parálisis de la musculatura química respectivamente. Además su pH de 12 causa lesiones principalmente por oxidación de proteínas<sup>1, 3, 19-21</sup>.

El NaOCl tiene pobre capacidad para inactivar endotoxinas y es ineficaz para la eliminación o prevención de la formación de la capa de frotis (capa de barrillo o smear layer), por ello se usa generalmente con un quelante como EDTA, esto aumenta la permeabilidad de la dentina mejorando la irrigación en los túbulos dentinarios<sup>11, 15</sup>.

Así mismo la penetración de la solución en las irregularidades del canal y en la profundidad de los túbulos dentinarios es limitada al presentar una alta tensión superficial<sup>16</sup>. Y entre otras cosas se sabe que es químicamente inestable a los agentes externos como la temperatura, luz y almacenamiento influyendo en su eficacia<sup>13</sup>.

**Clorhexidina (CHX).**- Es un catiónico sintético bis-guanida que consiste de dos anillos simétricos de 4-chlorophenyl y dos grupos bisguanida conectados por una cadena de hexametileno<sup>22</sup>.

Ventajas:

Su actividad antimicrobiana resulta de la ruptura de las paredes celulares bacterianas, al ser una molécula hidrófoba y lipófila con carga positiva que interactúa con los grupos fosfatos (fosfolípidos y lipopolisacáridos) de las paredes celulares de las bacterias utilizando algún tipo de transporte pasivo o activo, aumenta su eficacia alterando el equilibrio osmótico de la célula, obteniendo como resultado la penetración de la molécula de CHX a través de las paredes celulares alteradas de la bacteria. Tiene una actividad de amplio espectro contra bacterias Gram positivas y Gram negativas<sup>22</sup>.

Es un antifúngico eficaz conveniente sobre *Candida albicans* y tiene algo de efecto sobre el biofilm. Además, tiene sustentividad; es decir, se adhiere a las paredes dentinales, manteniendo sus propiedades antibacterianas para un máximo de semanas y una ausencia relativa de citotoxicidad<sup>9, 14, 22</sup>.

Desventajas:

La clorhexidina se ha utilizado como un sustituto de hipoclorito, sin embargo, sigue siendo inferior, ya que no posee la capacidad de disolver materia orgánica, y su efecto en las biopelículas microbianas es menor que la de hipoclorito<sup>8, 14, 23</sup>. Y aunque hay estudios donde se propone en conjunto con NaOCl, sin un buen manejo pueden

formar precipitados de para-cloroanilina (PCA), relacionado a la formación de metahemoglobinemia, que además provoca cambios de color en el diente<sup>22</sup>.

**Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).**- Es un agente quelante orgánico no coloidal<sup>24</sup>.

Ventajas:

Capaz de eliminar la capa de frotis, desestabiliza y elimina el biofilm, al mismo tiempo mejora la efectividad de los antimicrobianos<sup>25</sup>. El EDTA puede ser usado como un extremo de descargas para abrir los túbulos dentinarios, permitiendo así un mayor número de canales para que sean llenados<sup>26</sup>.

Desventajas:

Tiene muy bajo o casi nada efecto de disolución de tejidos, además al ser utilizado en conjunto afecta negativamente la capacidad de disolución del NaOCl<sup>27</sup>. Estudios demuestran que al unir EDTA y NaOCl provoca una disolución progresiva de la dentina a expensas de la dentina peritubular e intertubular<sup>18</sup>.

**Agua superoxidada.**- Es una solución de ácido hipocloroso de 200 a 400 ppm con un pH 5,0 – 6.5, se obtiene mediante la electrólisis de una solución salina. Inicialmente utilizada en la desinfección de endoscopios de los centros de salud<sup>17</sup>.

Ventajas:

Se ha sugerido como una solución de irrigación alternativa para NaOCl, puesto que ha demostrado un potencial antimicrobiano favorable, además de una limpieza eficaz de las paredes del conducto radicular, muestra baja toxicidad y una alta efectividad en la eliminación de las esporas<sup>15, 17, 18</sup>.

Desventajas:

Una de sus limitaciones es la ineficacia de disolución de tejidos y aunque ha demostrado ser una alternativa de irrigación siempre y cuando el objetivo sea mejorar la capacidad de unión de la dentina con materiales resinosos, no sabemos el efecto exacto en los compuestos de la dentina<sup>15, 17, 18</sup>.

### 1.2.2 Disolución de tejidos

En el proceso de disolución *in vitro* se utilizan diferentes métodos como: el análisis del contenido de hidroxiprolina en el tejido residual (una medida de la disolución de



colágeno en el tejido), el análisis de disolución en el irrigante, el ensayo de yodo radiactivo en el irrigante, microscopia electrónica de barrido, la medición de peso del tejido durante un tiempo especificado ( en algunas ocasiones se modifica el protocolo adicionando el método de filtración para determinar la pérdida del peso de manera más específica) y la evaluación del tiempo para la disolución completa<sup>28</sup>.

De los mencionados los más aceptados y utilizados, es el tiempo para completar la disolución y la medición del cambio de peso, siendo el último más preciso, porque el determinar el tiempo final de disolución de tejido depende de la vista humana y la formación, no obstante debido al gran número de burbujas durante la saponificación es difícil establecer el punto donde termina la disolución<sup>6, 16</sup>.

Depende de factores como: tipo de tejido, la concentración y pH de la solución, la frecuencia de agitación, tiempo de exposición y tasa de reposición, la temperatura, la cantidad de materia orgánica en relación a la cantidad de irrigante, la cantidad de área de superficie disponible de tejido, tamaño de la preparación del canal, y la acción mecánica<sup>2, 28</sup>.

El tiempo, la concentración y el pH, juegan los papeles más importantes en la disolución de tejidos. Las concentraciones altas y mayores períodos en contacto conducen a una mayor cantidad de disolución de tejidos<sup>25</sup>. Además no se ve afectada por la osmolaridad o la capacidad de amortiguación, pero se mejora por la agitación y el calor<sup>29</sup>.

Entre las reacciones que contribuyen a la disolución tenemos a la saponificación donde la solución actúa como solvente orgánico reduciendo la tensión superficial al degradar los ácidos grasos en sales ácidas grasosas (jabón) y glicerol (alcohol); la neutralización de ácido amino, donde participan los iones de hidroxilo formando agua y sal; además de la cloraminación que resulta de la degradación y la hidrólisis de los aminoácidos donde interviene HOCl<sup>29, 30</sup>.

Las soluciones como posible alternativa a NaOCl y que tienen como propiedad la disolución de tejidos encontramos al ClO<sub>2</sub>, al ácido paracético y al hipoclorito de calcio<sup>6, 13, 31, 32</sup>.

### 1.2.3 Dióxido de cloro

Un oxidante fuerte que puede inhibir o destruir microbios; utilizado actualmente en la elaboración de alimentos, la desinfección de superficies, tratamientos de aguas, cuidado veterinario, línea de flotación y como enjuagatorio bucal<sup>33</sup>.

Su producción de manera "activa", debe generarse en el momento de la aplicación mezclando dos partes separadas (A-B) usando ácidos, tales como clorito de sodio y ácido clorhídrico, clorito de sodio y tricloruro férrico o clorito de sodio y cloruro gaseoso. En algunas marcas el término "dióxido de cloro activo" se utiliza para distinguirlo del "dióxido de cloro estabilizado", este sistema se basa en una solución de ácido cloroso / dióxido de cloro<sup>33-35</sup>.

$\text{ClO}_2$  es utilizado como enjuagatorio bucal desde concentraciones al 0.1%, 0.16% y 0.3%<sup>35-37</sup>. Pero para estudios de disolución de tejidos es utilizado en concentraciones de 5%, 13% y 13.8%, es químicamente similar al hipoclorito, siendo un probable sustituto debido a su baja toxicidad y reducido efecto irritante<sup>6, 7, 32</sup>.

Se sabe que tiene efecto tuberculicida, bactericida (sobre *E. faecalis*), virucida (mata a los virus con o sin envoltura) y propiedades fungicidas (sobre *Candida albicans*). Además de su potente propiedad oxidante para matar las bacterias mediante la interrupción del transporte de nutrientes a través de la pared celular<sup>7, 3</sup>.  $\text{ClO}_2$  exhibe eficacia biocida sólo en un intervalo de pH de 3-9, donde  $\text{HClO}$  (ácido cloroso) es el resto activo responsable de la inactivación bacteriana mientras que por encima de pH de 9  $\text{OCl}^-$  (ácido hipocloroso) predomina<sup>6</sup>. En el  $\text{NaOCl}$  estos dos componentes cargados negativamente podrían ser repelidos cuando entran en contacto con la pared celular bacteriana; mientras el dióxido de cloro que existe como gas en el agua penetra a través de las membranas celulares provocando su destrucción siendo más eficaz<sup>3</sup>.

Produce poca o nada de trihalometanos y ácidos haloacéticos en comparación con  $\text{NaOCl}$  los cuales son cancerígenos<sup>3</sup>.

Tiene como desventajas su inestabilidad como solución en porcentajes mayores al 10% ( $[\text{ClO}_2] / [\text{aire}]$ ), disminuye la microdureza de la dentina coronal como radicular al 13.8% debilitando la estructura dentinaria; además es más caro que el cloro.<sup>7, 38, 39</sup>

### **1.3 Definición de Términos**

#### **Análisis de Hidroxiprolina:**

El análisis del contenido de hidroxiprolina mide la disolución de colágeno en el tejido residual. La hidroxiprolina es un aminoácido no esencial que se encuentra en el colágeno y en algunas otras proteínas animales extracelulares. Tiene un papel importante en la síntesis de colágeno<sup>6, 40</sup>.

#### **Disolución:**

Mezcla o solución que resulta de disolver un cuerpo o una sustancia en un medio líquido<sup>28</sup>.

#### **Dióxido de Cloro:**

Es una solución muy eficaz para eliminar agentes patógenos y otros microorganismos causantes de enfermedades. Propuesto como nuevo irrigante para la disolución pulpar, brindada por su contenido adecuado de cloro libre<sup>41, 42</sup>.

#### **Trihalometanos:**

Los trihalometanos (THM), están formados principalmente por la reacción de los desinfectantes con materia orgánica natural y bromuro o yoduro presente en el agua, considerado un subproducto cancerígeno<sup>3, 43</sup>.

## **CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **2.1 Formulación de Hipótesis**

#### **2.1.1 Hipótesis General**

El dióxido de cloro al 5% es eficaz para la disolución pulpar *in vitro*.

#### **2.1.2 Hipótesis Específicas**

H1: El dióxido de cloro al 5% es eficaz para la disolución pulpar *in vitro*.

H0: El dióxido de cloro al 5% es menos eficaz para la disolución pulpar *in vitro*.

### **2.2 Variables y Definición Operacional**

#### **2.2.1 Variables y definiciones**

- Disolución de tejidos: Mezcla o solución que resulta de disolver un cuerpo o una sustancia en un medio líquido<sup>19</sup>.
- Dióxido de cloro: Oxidante fuerte con capacidad de diluir tejidos como la pulpa dental, además de ser un desinfectante eficaz en la mayoría de microorganismos<sup>7, 12</sup>.

#### **2.2.2 Operacionalización de variables**

**Operacionalización de variables:**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	CATEGORÍA O VALOR	TIPO	ESCALA
Independiente: Concentración de dióxido de cloro	ClO <sub>2</sub> al 5%	Oxidante fuerte con capacidad de diluir la pulpa dental.	ClO <sub>2</sub> al 5%	Cualitativo	Ordinal
Dependiente: Disolución pulpar	Resultados expresados en miligramos (mg)	Cantidad de tejido pulpar disuelto por el irrigante endodóntico.	Peso después de ser sumergido en ClO <sub>2</sub> 5%	Cuantitativo	razón
Intervinientes: pH	Indicador de números de iones hidrógenos	Es el número, no tiene unidades	0-14	Cuantitativo	razón

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Diseño Metodológico**

El diseño metodológico del presente estudio fue de tipo: analítico, experimental, prospectivo y longitudinal.

Experimental: se manipuló la disolución pulpar con la adición de dióxido de cloro al 5%, hipoclorito de sodio al 5.25% y suero fisiológico *in vitro*.

Analítico: se compararon los tres grupos.

Prospectivo: se obtuvo la pulpa dental en un tiempo máximo de 24 horas después de la exodoncia, se procesó inmediatamente en el laboratorio. Al término de este proceso, se obtuvo los datos de la disolución pulpar.

Longitudinal: se obtuvo el peso del fragmento de la pulpa dental de la pieza extraída antes y después de la disolución con cada irrigante.

### **3.2 Diseño Muestral**

#### **Población**

La pulpa dental se obtuvo de premolares y terceras molares, de pacientes adultos jóvenes entre 16 a 35 años de edad, extraídas quirúrgicamente por indicación profesional, en el Centro Quirúrgico del Centro Odontológico de la Universidad de San Martín de Porres, durante el periodo setiembre – diciembre 2019.

#### **Muestra**

En el estudio se utilizaron 35 muestras de pulpa dental en total, divididas en tres grupos.

#### **Tamaño de la muestra**

Grupo de solución de dióxido de cloro al 5%:  $n=13$

Grupo de solución de hipoclorito de sodio al 5.25% (grupo control positivo):  $n=13$

Grupo de solución de suero fisiológico (grupo control negativo):  $n=9$

### Criterios de Inclusión

- Pacientes entre 16 y 35 años de edad.
- Piezas dentales sanas y caries en esmalte
- Premolares y terceras molares.
- Piezas dentales extraídas por indicación profesional.
- Piezas extraídas dentro de las 24 horas.

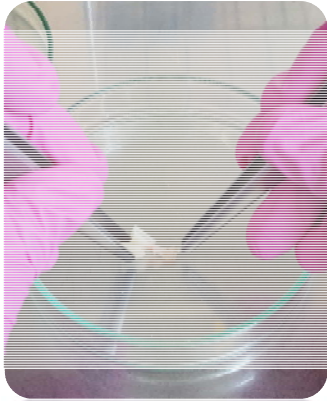
### Criterios de exclusión

- Paciente con enfermedad sistémica no controlada

### 3.3 Técnicas de Recolección de Datos

Se realizó la metodología previamente descrita<sup>3</sup>. Después de la extracción los dientes se colocaron en solución salina y se refrigeraron por 24 horas. Luego cuidadosamente las piezas dentarias se dividieron en dos con un martillo. Se retiraron los tejidos de pulpa usando una cureta y/o una pinza (figura 1), se lavaron en agua destilada para eliminar el exceso de sangre y se secaron con papel (figura 2). Se refrigeraron durante 30 min a fin de ayudar a seccionar los tejidos de la pulpa. De manera que cada muestra tuviera un peso estándar de 15 mg-25 mg (figura 3). Los pesos iniciales de cada muestra se midieron con una balanza analítica digital de precisión en un recipiente hermético. A lo largo del experimento, los tejidos se manejaron solamente con unas pinzas de algodón para evitar la contaminación y errores en peso como resultado de aceite de dedo, la transpiración, y así sucesivamente. Las muestras se dividieron al azar en 3 grupos<sup>2,3</sup> y se colocaron individualmente en 3 tubos de propileno (figura 4). Estos tubos se codificaron con números 1-35. Los tubos de propileno se asignaron aleatoriamente a 3 grupos: Grupo solución ClO<sub>2</sub> al 5%, NaOCl al 5.25% y suero fisiológico. Se realizaron las mediciones de pH de todas las soluciones del estudio. Después de que las soluciones de ensayo se añadieran a los tubos que contenían las muestras de tejido, los tubos se colocaron en un vibrador durante 10 minutos para agitar la muestra de solución y el tejido (figura 5) a temperatura de 32°C (figura 6). De esta manera, todo el tejido es completamente expuesto a solución de irrigación (figura 7). A continuación, las muestras de tejido se retiraron de las soluciones (figura 8), se lavaron con agua destilada para eliminar restos de tejido disueltos o suspendidos, se secaron con papel secante estéril, y de nuevo se pesaron. Todas las muestras se

pesaron por un solo investigador. La diferencia de peso de las muestras antes y después de la exposición a la solución de ensayo se dividió por el peso de tejido original y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de pérdida o ganancia de peso del tejido.



**Fig. 1** Se separa los tejidos duros del tejido pulpar.



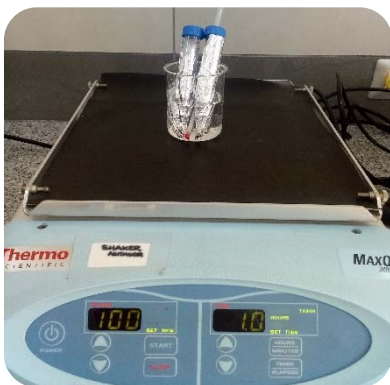
**Fig. 2** Tejido pulpar.



**Fig. 3** Peso inicial en una balanza analítica



**Fig. 4** Muestras divididas en tres grupos.



**Fig. 5** Tubos con la solución y muestras en un agitador



**Fig. 6** Temperatura de 32°C





**Fig. 7** Muestra con una solución



**Fig. 8** Muestras después de incubar con las soluciones

### **3.4 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información**

Con la información recogida se conformó una base de datos de acuerdo a las variables estudiadas, luego se realizó los análisis estadísticos descriptivos con medidas de tendencia central tal como la media y medidas de dispersión como desviación estándar seguido de representaciones gráficas como un diagrama de cajas y de puntos. Para la comparación estadística de los tres grupos se utilizó pruebas de normalidad seguida de una prueba no paramétrica Kruskal Wallis, donde los datos fueron procesados con el nivel de confianza del 95%. Además se analizó la comparación en parejas con la prueba Pos-Hoc Corrección de Bonferroni.

### **3.5 Aspectos Éticos**

Las premolares y terceras molares extraídas se obtuvieron de los pacientes atendidos en el Centro Quirúrgico del Centro Odontológico de la Universidad de San Martín de Porres. Previo consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Martín de Porres.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

De acuerdo al análisis de normalidad con la prueba Shapiro-Wilk, solo el grupo donde se utilizó el suero fisiológico muestra semejanza a distribución normal ( $p > 0.05$ ) (tabla 1), por lo que se opta por realizar la comparación estadística con una prueba no paramétrica.

**TABLA 1:** Analisis de normalidad con las tres soluciones irrigantes.

Solución irrigante		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de pérdida	Suero fisiológico	0.282	9	0.038	0.856	9	0.087
	hipoclorito de sodio	0.456	13	0.000	0.572	13	0.000
	Dióxido de cloro 5%	0.453	13	0.000	0.563	13	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Las soluciones irrigantes como hipoclorito de sodio al 5.25% y dióxido de cloro al 5% mostraron gran porcentaje de pérdida de peso con una media de -98.44% y -98.45% respectivamente. Y como se esperaba el suero fisiológico (grupo control negativo) obtuvo el menor porcentaje de pérdida de peso con una media de -3.62%. Los análisis estadísticos de los datos presentados se realizaron a un nivel de confianza del 95% (tabla 2).

**TABLA 2:** La media del porcentaje de pérdida de peso del tejido de la pulpa dental humana después de ser sumergidas en las soluciones irrigantes.

Soluciones irrigantes	<i>n</i>	Porcentaje de pérdida (%) ± DS*
Dióxido de cloro al 5%	13	-98.44 ± 3.26
Hipoclorito de sodio al 5.25%	13	-98.45 ± 3.19
Suero fisiológico	9	-3.62 ± 14.53

\*DS, desviación estandar

De acuerdo a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, hay diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos analizados ( $p < 0.001$ ). Con un nivel de confianza del 95%.

Analizando la comparación en parejas (Prueba Pos-Hoc corrección de Bonferroni), se observa diferencias estadísticamente significativas al comparar los grupos de dióxido de cloro 5% y suero fisiológico (grupo control negativo) ( $p < 0.001$ ) y también al comparar los grupos donde se utilizaron el hipoclorito de sodio 5.25% (grupo control

positivo) y el suero fisiológico (grupo control negativo) ( $p < 0.001$ ). La comparación del dióxido de cloro e hipoclorito de sodio 5.25% no muestra diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.983$ ). A un nivel de confianza del 95% (tabla 3).

**TABLA 3:** Análisis estadístico entre parejas de soluciones irrigantes a las que fueron sumergidas las muestras de pulpa dental humana.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
Dióxido de cloro 5%-hipoclorito de sodio 5.25%	,077	3,626	,021	,983	1,000
Dióxido de cloro 5%-Suero fisiológico	17,538	4,008	4,376	,000	,000
hipoclorito de sodio 5.25%-Suero fisiológico	17,462	4,008	4,356	,000	,000

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La disolución del tejido pulpar es uno de los principales requisitos de un irrigante endodóntico<sup>1, 11</sup>. Recientemente se ha propuesto el uso de algunos agentes desinfectantes para la irrigación endodóntica, entre ellos destaca el ClO<sub>2</sub>, sin embargo su potencial como solvente de tejido pulpar aún no se ha explorado en su totalidad<sup>6</sup>. El objetivo de esta investigación es determinar la eficacia del ClO<sub>2</sub> al 5% como irrigante endodóntico para la disolución de la pulpa dental humana.

Narayanan *et al.* mostraron que la disolución del tejido dependía de factores importantes como el tipo de tejido, la cantidad de materia orgánica en relación a la cantidad de irrigante, tiempo de exposición, la concentración, el pH de la solución y la temperatura<sup>27</sup>. En el presente estudio se utilizó el tejido de pulpa humana siendo cada muestra con un peso similar (media 20.17 mg), una agitación constante de 1000 rpm por minuto para simular un movimiento fluido como en la instrumentación y el mismo volumen de irrigante para todas las muestras.

Cobankara *et al.* y Baisawala *et al.* sumergieron las muestras de pulpa en las soluciones por 20 minutos con un recambio cada 2 minutos, tiempo que se cree que dura la primera fase del NaOCl donde se consume y se vuelve inestable<sup>2, 4, 44</sup>, pero existen otros estudios que no realizaron recambio<sup>3, 31</sup>. Durante las pruebas piloto de este estudio al sumergir las muestras en NaOCl al 5.25% a 15 minutos se disolvieron en su totalidad. Por lo tanto se usó un período de tiempo fijo de 10 minutos sin recambio. No obstante aún se requiere determinar el tiempo óptimo que debe permanecer el irrigante en los túbulos dentinarios<sup>44</sup>.

Se desconoce la concentración mínima de ClO<sub>2</sub> para disolver el tejido pulpar durante el tratamiento de conductos. Estudios previos utilizaron concentraciones de 5%, 13% y 13.8%<sup>2-4, 6</sup>. Estas dos últimas concentraciones no se encuentran disponibles en el mercado peruano. Nosotros adquirimos la máxima concentración al 10% pero esta solución fue inestable. Según Dobson *et al.* los resultados experimentales indican que el dióxido de cloro es inestable por encima de la concentración de 10% ([ClO<sub>2</sub>] / [aire])<sup>38</sup>. Por lo tanto usamos el ClO<sub>2</sub> a una concentración de 5% estabilizado.

El pH de la solución irrigante podría afectar la disolución del tejido<sup>45</sup>. Estudios previos han sugerido una relación inversa entre el pH de una solución y el tiempo que tarda la solución en disolver el tejido. Singh *et al.* demostraron que el ClO<sub>2</sub> a un pH de 4.67, mucho más bajo que el pH de NaOCl (pH = 12), fue menos efectivo para disolver el tejido pulpar. Sin embargo Cobankara *et al.* y Baisawala *et al.* elevaron el pH del ClO<sub>2</sub> a 12 usando hidróxido de sodio, dando como resultados una buena disolución pulpar equivalente a la eficacia del NaOCl. No obstante Deininger *et al.* advierte de los efectos al calibrar el pH como es la formación de otros compuestos o pérdida del efecto biocida y recomienda que sea utilizado con el pH de fabricación. Por ello, en el presente estudio se mantuvo el pH de fabricación de las soluciones de ClO<sub>2</sub> a 11.30 y NaOCl 12.39<sup>2-4, 39</sup>.

Estudios anteriores donde los experimentos fueron realizados a temperatura ambiente dieron como resultado baja efectividad del ClO<sub>2</sub><sup>3, 6, 31</sup>. Sin embargo investigaciones concluyen que al calentar las soluciones irrigantes como NaOCl y ClO<sub>2</sub> aumenta su capacidad para disolver materia orgánica<sup>4, 46</sup>. Por consiguiente en el presente estudio se calentaron las soluciones a 32°C (temperatura media de equilibrio determinada en el canal radicular)<sup>47</sup>.

Se obtuvieron resultados estadísticamente significativos entre dióxido de cloro al 5%, hipoclorito de sodio al 5.25% y el grupo control. Siendo las muestras sumergidas en las soluciones de ClO<sub>2</sub> al 5% y NaOCl al 5.25% con mayor porcentaje de pérdida de peso, sin embargo las muestras en suero fisiológico (grupo control) demostraron muy poco porcentaje de pérdida de peso. Esto está de acuerdo con Singh *et al.* donde fue más eficaz la disolución en las muestras sumergidas en soluciones de ClO<sub>2</sub> y NaOCl respecto al suero fisiológico<sup>3</sup>.

En este estudio se observa que el porcentaje de pérdida de peso de las muestras sumergidas en ClO<sub>2</sub> al 5% y NaOCl al 5.25% no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Este hallazgo coincide con Cobankara *et al.* donde ClO<sub>2</sub> es igual de eficaz que NaOCl<sup>2</sup>. Por otro lado Baisawala *et al.* concluyen que el ClO<sub>2</sub> al 13.8% es más eficaz que NaOCl al 3% al trabajar a una temperatura de 37°C y un pH alcalino<sup>4</sup>. Esto contrasta con otros autores donde muestran que ClO<sub>2</sub> al 5%, 13%, 13.8% es menos eficaz comparado con NaOCl desde 2.5% a 5.25%. Esto puede

deberse a que trabajaron a temperatura ambiente y el  $\text{ClO}_2$  a un pH ácido<sup>3, 6, 31</sup>. Según diferentes autores es necesario aumentar la temperatura y el pH para mejorar el efecto de disolución de  $\text{ClO}_2$  y  $\text{NaOCl}$ <sup>2, 4, 28</sup>.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en este estudio, se concluyó que:

- El  $\text{ClO}_2$  al 5% es eficaz para la disolución de la pulpa dental humana.
- El NaOCl al 5.25% es eficaz para la disolución de la pulpa dental humana.
- El suero fisiológico no es eficaz para la disolución en la pulpa dental humana.
- El  $\text{ClO}_2$  al 5% es igualmente eficaz como el NaOCl al 5.25% para la disolución de la pulpa dental humana.

## RECOMENDACIONES

Emprender estudios para determinar otras propiedades de  $\text{ClO}_2$  tales como efectos sobre las bacterias dentro de los túbulos dentinarios, la facilidad con que se puede retirar desde el conducto radicular antes de la obturación y como reacciona con los materiales de restauración y la obturación.

Determinar los efectos sobre la dentina con un pH mayor a 9.

Investigar el efecto de la combinación de  $\text{ClO}_2$  con diferentes soluciones irrigantes como el EDTA.

Además realizar más estudios para encontrar la combinación ideal de temperatura/ pH/ concentración de  $\text{ClO}_2$  para ser utilizada *in vivo*.

Iniciar estudios clínicos de tratamientos endodónticos con el uso de  $\text{ClO}_2$ .



## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Niewierowski RS, Scalzilli LR, Morgental RD, Figueiredo JA, Vier-Pelisser FV, Borba MG, Ghisi AC. Bovine Pulp Tissue Dissolution Ability of Irrigants Associated or Not to Ultrasonic Agitation. *Braz Dent J*. 2015 Oct; 26(5):537-40.
2. Cobankara FK, Ozkan HB, Terlemez A. Comparison of organic tissue dissolution capacities of sodium hypochlorite and chlorine dioxide. *J Endod*. 2010 Feb; 36(2):272-4.
3. Singh S, Sinha R, Kar SK, Ather A, Limaye SN. Effect of chlorine dioxide and sodium hypochlorite on the dissolution of human pulp tissue - An in vitro study. *Med J Armed Forces India*. 2012 Oct; 68(4):356-9.
4. Basaiwala K, Shetty K, Nath K. Comparative evaluation of temperature changes on tissue-dissolution ability of sodium hypochlorite, calcium hypochlorite, and chlorine dioxide. *Saudi Endodontic Journal*. 2018; 8(3): 208-211.
5. Herczegh A, Ghidan A, Friedreich D, Gyurkovics M, Bendő Z, Lohinai Z. Effectiveness of a high purity chlorine dioxide solution in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm. *Acta Microbiol Immunol Hung*. 2013 Mar; 60(1):63-75.
6. Taneja S, Mishra N, Malik S. Comparative evaluation of human pulp tissue dissolution by different concentrations of chlorine dioxide, calcium hypochlorite and sodium hypochlorite: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014 Nov; 17(6):541-5.
7. Ballal NV, Khandewal D, Karthikeyan S, Somayaji K, Foschi F. Evaluation of Chlorine Dioxide Irrigation Solution on the Microhardness and Surface Roughness of Root Canal Dentin. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2015 Dec; 23(4):173-8.
8. Kamalasanan RR, Devarasanahalli SV, Aswathanarayana RM, Rashmi K, Gowda Y, Nadig RR. Effect of 5% Chlorine Dioxide Irrigant on Micro Push Out Bond Strength of Resin Sealer to Radicular Dentin: An In Vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2017 May; 11(5):ZC49-ZC53.
9. Khademi A, Usefian E, Feizianfard M. Tissue dissolving ability of several endodontic irrigants on bovine pulp tissue. *IEJ*. 2007; 2(1): 65-68.

10. Furkan I, Maden M, Onur E, Perçin S. The effect of micro-electric current and other activation techniques on dissolution abilities of sodium hypochlorite in bovine tissues. *BMC Oral Health*. 2015; 15:161.
11. Cullen JK, Wealleans JA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM. The effect of 8.25% sodium hypochlorite on dental pulp dissolution and dentin flexural strength and modulus. *J Endod*. 2015 Jun; 41(6):920-4.
12. Soligo LT, Lodi E, Farina AP, Souza MA, Vidal CMP, Cecchin D. Antibacterial Efficacy of Synthetic and Natural-Derived Novel Endodontic Irrigant Solutions. *Braz Dent J*. 2018 Sep-Oct;29(5):459-464.
13. Paula KB, Carlotto IB, Marconi DF, Ferreira MBC, Grecca FS, Montagner F. Calcium Hypochlorite Solutions – An In Vitro Evaluation of Antimicrobial Action and Pulp Dissolution. *Eur Endod J* 2019; 4: 15-20.
14. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari RV, Hunter M. Modern Endodontic Principles Part 4: Irrigation. *Dent Update*. 2016 Jan-Feb; 43(1):20-2, 25-6, 28-30 passim.
15. Ghisi AC, Kopper PM, Baldasso FE, Stürmer CP, Rossi-Fedele G, Steier L, Figueiredo JA, Morgental RD, Vier-Pelisser FV. Effect of super-oxidized water, sodium hypochlorite and EDTA on dentin microhardness. *Braz Dent J*. 2014 Sep-Oct; 25(5):420-4.
16. De Almeida LH, Leonardo NG, Gomes AP, Giardino L, Souza EM, Pappen FG. Pulp tissue dissolution capacity of sodium hypochlorite combined with cetrimide and polypropylene glycol. *Braz Dent J*. 2013 Sep-Oct;24(5):477-81.
17. López FU, Kopper PM, Bona AD, Steier L, de Figueiredo JA, Vier-Pelisser FV. Effect of different irrigating solutions and photo-activated therapy for in vivo root canal treatment. *Braz Dent J*. 2015 May-Jun; 26(3):228-33.
18. Ghisi AC, Kopper PM, Baldasso FE, Stürmer CP, Rossi-Fedele G, Steier L, de Figueiredo JA, Morgental RD, Vier-Pelisser FV. Effect of superoxidized water and sodium hypochlorite, associated or not with EDTA, on organic and inorganic components of bovine root dentin. *J Endod*. 2015 Jun; 41(6):925-30.
19. Swanljung O, Vehkalahti MM. Root Canal Irrigants and Medicaments in Endodontic Malpractice Cases: A Nationwide Longitudinal Observation. *J Endod*. 2018 Apr; 44(4):559-564.
20. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HM, Cohen S, Catherine JH, Bukiet F. Sodium

- Hypochlorite Accident: A Systematic Review. *J Endod.* 2017 Jan; 43(1):16-24.
21. Guneser MB, Arslan D, Usumez A. Tissue dissolution ability of sodium hypochlorite activated by photon-initiated photoacoustic streaming technique. *J Endod.* 2015 May; 41(5):729-32.
  22. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009 Apr; 42(4):288-302.
  23. Nunes K S, Feron L, Montagner F, Melo, T. Analysis of root canal organic tissue dissolution capacity according to the type of irrigation solution and agitation technique. *Braz J Oral Sci.* 2016 Jan-Mar 15(1), 70-74.
  24. De Almeida LH, Leonardo NG, Gomes AP, Souza EM, Pappen FG. Influence of EDTA and dentine in tissue dissolution ability of sodium hypochlorite. *Aust Endod J.* 2015 Apr; 41(1):7-11.
  25. Tartari T, Bachmann L, Maliza AG, Andrade FB, Duarte MA, Bramante CM. Tissue dissolution and modifications in dentin composition by different sodium hypochlorite concentrations. *J Appl Oral Sci.* 2016 May-Jun; 24(3):291-8.
  26. Irala LE, Grazziotin-Soares R, Salles AA, Munari AZ, Pereira JS. Dissolution of bovine pulp tissue in solutions consisting of varying NaOCl concentrations and combined with EDTA. *Braz Oral Res.* 2010 Jul-Sep; 24 (3):271-6.
  27. Tartari T, Oda DF, Zancan RF, da Silva TL, de Moraes IG, Duarte MA, Bramante CM. Mixture of alkaline tetrasodium EDTA with sodium hypochlorite promotes in vitro smear layer removal and organic matter dissolution during biomechanical preparation. *Int Endod J.* 2017 Jan; 50(1):106-114.
  28. Narayanan S, Lekshmi MS, Mohan A, Isaac L. Pulp tissue dissolution in endodontics. *IJADS* 2017; 3(2): 193-196.
  29. Dutta A, Saunders WP. Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite on soft-tissue dissolution. *J Endod.* 2012 Oct; 38(10):1395-8.
  30. Balandrano F. Soluciones para Irrigación en Endodoncia: Hipoclorito de Sodio y Gluconato de Clorhexidina. *Revista Científica Odontológica.* 2010 Jul; 3(1).
  31. Jain A, Shrivastava TV, Tabassum S, Bahuguna R. Comparison of human pulp tissue dissolution capacities of different irrigating solutions: An in vitro study. *Eur J Gen Dent* 2015; 4:64-7.

32. Tanomaru-Filho M, Silveira BR, Martelo RB, Guerreiro-Tanomaru JM. Influence of Concentration and Agitation of Sodium Hypochlorite and Peracetic Acid Solutions on Tissue Dissolution. *J Contemp Dent Pract.* 2015 Nov 1; 16(11):876-9.
33. Ma JW, Huang BS, Hsu CW, Peng CW, Cheng ML, Kao JY, Way TD, Yin HC, Wang SS. Efficacy and Safety Evaluation of a Chlorine Dioxide Solution. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Mar 22; 14(3).
34. DioxCare® System [internet]. [Consultado 09 de enero 2020]. Disponible en: <https://frontierpharm.com>
35. Guzmán B. Actividad antimicrobiana *in vitro* del dióxido de cloro estabilizado en flora mixta de dorso de lengua. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.
36. Myneni Venkatasatya SR, Wang HH, Alluri S, Ciancio SG. Phosphate buffer-stabilized 0.1% chlorine dioxide oral rinse for managing medication-related osteonecrosis of the jaw. *Am J Dent.* 2017 Dec; 30(6):350-352.
37. Shinada K, Ueno M, Konishi C, Takehara S, Yokoyama S, Zaitso T, Ohnuki M, Wright FA, Kawaguchi Y. Effects of a mouthwash with chlorine dioxide on oral malodor and salivary bacteria: a randomized placebo-controlled 7-day trial. *Trials.* 2010 Feb 12; 11: 14.
38. Dobson S, Cary R, International Programme on Chemical Safety. Chlorine dioxide (gas) [Internet]. Ginebra: OMS; 2002 (cited on Dec 05, 2019). Available in <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42421>.
39. Deininger R, Acheta A, Ziegler A. Chlorine dioxide. New York: OPS; 2012.
40. Srivastava AK, Khare P, Nagar HK, Raghuvanshi N, Srivastava R. Hydroxyproline: A Potential Biochemical Marker and Its Role in the Pathogenesis of Different Diseases. *Curr Protein Pept Sci.* 2016; 17(6):596-602.
41. Charisiadis P, Makris KC. Cohort-friendly protocol for a sensitive and fast method for trihalomethanes in urine using gas chromatography-Triple quadrupole mass spectrometry. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* 2018 Jan 1; 1072:336-340.

42. Lubbers JR, Chauan S, Bianchine JR. Controlled clinical evaluations of chlorine dioxide, chlorite and chlorate in man. *Environ Health Perspect.* 1982 Dec; 46:57-62.
43. World Health Organization. Chlorine Dioxide, Chlorite and Chlorate in Drinking-water [Internet]. Ginebra: OMS; 2016 (cited on Dec 05, 2019). Available in [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/waterquality/guidelines/chemicals/chlorine-dioxide-chlorite-chlorate-background-jan17.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/waterquality/guidelines/chemicals/chlorine-dioxide-chlorite-chlorate-background-jan17.pdf)
44. Basrani B.R, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics.* 2012; 27:74-102.
45. Rossi-Fedele G, Guastalli AR, Dođramacı EJ, Steier L, De Figueiredo JA. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. *Int Endod J.* 2011 Sep; 44(9):792-9.
46. Dumitriu D, Dobre T. Effects of Temperature and Hypochlorite Concentration on the Rate of Collagen Dissolution. *J Endod.* 2015 Jun; 41(6):903-6.
47. 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 Jul; 41(7):1112-5.

**ANEXOS ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>TÍTULO: EFICACIA DEL DIOXIDO DE CLORO COMO IRRIGANTE ENDODONTICO PARA LA DISOLUCIÓN PULPAR <i>IN VITRO</i></b>				
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>General</b> ¿Cuál es la eficacia del dióxido de cloro al 5% como irrigante endodóntico en la disolución pulpar?	<b>General</b> Determinar la eficacia de la concentración de dióxido de cloro al 5% en la disolución de la pulpa humana <i>in vitro</i> .	<b>General</b> El dióxido de cloro al 5% es más eficaz para la disolución pulpar <i>in vitro</i> .	<b>Bases Teóricas:</b>  <b>Irrigantes endodónticos:</b> Conjunto de soluciones utilizadas en el riego químico del conducto radicular. <b>Disolución de tejido:</b> Solución que resulta de disolver un cuerpo o una sustancia en un medio líquido. <b>Dióxido de Cloro:</b> Oxidante fuerte de baja toxicidad.	<b>Diseño Metodológico</b> Analítico Experimental Preclínico Prospectivo Longitudinal <b>Diseño Muestral</b> Muestreo Probabilístico No probabilístico <b>Técnica de Recolección de Datos</b> Observación <b>Variables</b> Independiente: Dióxido de Cloro e Hipoclorito de Sodio Dependiente: Disolución de tejido Intervinientes: pH
	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>		
	Determinar la pérdida de peso después de sumergir con dióxido de cloro al 5%.	H1: El ClO <sub>2</sub> al 5% es eficaz para la disolución pulpar <i>in vitro</i> .		
	Determinar la pérdida de peso después de sumergir con hipoclorito de sodio al 5.25%.			
	Determinar la pérdida de peso después de sumergir con suero fisiológico.	H0: El ClO <sub>2</sub> al 5% es menos eficaz para la disolución pulpar <i>in vitro</i> .		
Comparar la pérdida de peso obtenida por las tres soluciones en la disolución pulpar <i>in vitro</i>				

## ANEXO N°2: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### PESO DE LA PULPA DENTAL

Agente de disolución:

Porcentaje:

N° DE PIEZA	FECHA DE LA EXODONCIA	PESO ANTES	PESO DESPUES	PORCENTAJE DE PÉRDIDA

## ANEXO N°3: CONSENTIMIENTO INFORMADO

H.C: \_\_\_\_\_



### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Instituciones: Universidad de San Martín de Porres

Investigadores: Estudiante Estrella Marcela López Álvarez

Asesor: Dra. Esperanza Raquel Ayón Haro

Título: Eficacia del dióxido de cloro como irrigante endodóntico para la disolución pulpar *in vitro*

#### INTRODUCCIÓN:

Lo estamos invitando a participar del estudio de investigación llamado: "Eficacia del dióxido de cloro como irrigante endodóntico para la disolución pulpar *in vitro*". Este es un estudio desarrollado por investigadores de la institución Universidad de San Martín de Porres: Dra. Esperanza Raquel Ayón Haro y Estrella Marcela López Álvarez.

#### JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:

Estamos realizando este estudio con el objetivo de evaluar las diferencias en la capacidad de disolución de los agentes irrigantes de conductos radiculares en los tejidos pulpares.; que se fundamenta a nivel teórico, puesto que se recopilará información actualizada sobre el tema, a nivel práctico nos permitirá conocer cuál de las dos diferentes concentraciones de dióxido de cloro es más efectivo en la disolución de tejido pulpar. Los resultados del proyecto nos sirven como base para considerar un potencial irrigante con buen poder desinfectante y adecuada propiedad biotóxica.

Por lo señalado creemos necesario profundizar más en este tema y abordarlo con la debida importancia que amerita.

#### METODOLOGÍA:

Si usted acepta participar, le informamos que se llevarán a cabo los siguientes procedimientos:

1. Se registrará el peso de las pulpas dentales en dos oportunidades: antes y después de sumergirlas en las soluciones irrigantes de endodoncia.
2. Después de la medición inicial, se dejará actuar a las soluciones según el tiempo establecido.
3. Finalmente se evaluará el grado de disolución mediante la pérdida del peso.

#### MOLESTIAS O RIESGOS:

No existe ninguna molestia o riesgo mínimo al participar en este trabajo de investigación. Usted es libre de aceptar o de no aceptar.

#### BENEFICIOS:

No existe beneficio directo para usted por participar de este estudio. Sin embargo, se le informará de manera personal y confidencial de algún resultado que se crea conveniente que usted tenga conocimiento. Los resultados también serán archivados en las historias clínicas de cada paciente y de ser el caso se le recomendará para que acuda a su médico especialista tratante.



**COSTOS E INCENTIVOS:**

Usted no deberá pagar nada por participar en el estudio, su participación no le generará ningún costo.

**CONFIDENCIALIDAD:**

Los investigadores registraremos su información con códigos y no con nombres. Si los resultados de este seguimiento son publicados en una revista científica, no se mostrará ningún dato que permita la identificación de las personas que participan en este estudio. Sus archivos no serán mostrados a ninguna persona ajena al estudio sin su consentimiento.

**DERECHOS DEL PACIENTE:**

Si usted decide participar en el estudio, podrá retirarse de éste en cualquier momento, o no participar de una parte del estudio sin perjuicio alguno. Si tiene alguna duda adicional, puede preguntar al Investigador principal Dra. Esperanza Raquel Ayón Haro o llamarlo al teléfono 01 – 3620064 Anexo 3391.

Si usted tiene preguntas sobre los aspectos éticos del estudio, o cree que ha sido tratado injustamente puede contactar al Presidente del Comité Institucional de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Martín de Porres, Dr. Juvenal Sánchez Lihón al teléfono 01- 3464761 anexo 114, Av. San Luis 1265, San Luis, Lima, Perú.

**CONSENTIMIENTO:**

Acepto voluntariamente participar en este estudio, he comprendido perfectamente la información que se me ha brindado sobre las cosas que van a suceder si participo en el proyecto, también entiendo que puedo decidir no participar y que puedo retirarme del estudio en cualquier momento.

---

Firma del Participante  
Nombre:  
DNI:

Huella Digital

Fecha

---

Firma del Investigador  
Nombre:  
DNI:

Huella Digital

Fecha

## ANEXO N°4: CARTA DE APROBACIÓN



San Luis, 17 de setiembre de 2019

### CARTA N°289-2019-INVE-FO-USMP

Señorita  
**ESTRELLA MARCELA LOPEZ ALVAREZ**  
Bachiller en Odontología

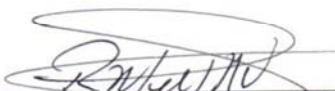
Presente.-

Es grato dirigirnos a usted para saludarla cordialmente y a la vez informarle que el proyecto de investigación titulado: “EFICACIA DE LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE DIOXIDO DE CLORO COMO IRRIGANTE ENDODONTICO PARA LA DISOLUCIÓN PULPAR”, ha sido aprobado por el Comité Revisor de Proyectos de Investigación (ACTA N°025-2019-CRPI/INVE-FO-USMP) y por el Comité de Ética en Investigación (ACTA N°004-2019-CEI/INVE-FO-USMP).

Es lo que se le informa para los fines que estime conveniente.

Sea propicia la ocasión para expresarle nuestra deferencia y consideración.

Atentamente;

  
Dr. RAFAEL MORALES VADILLO  
Director del Instituto de Investigación  
Facultad de Odontología - USMP

  
Dr. JUVENAL ARÍSTIDES SÁNCHEZ LIÑÓN  
Presidente del Comité de Ética en Investigación  
Facultad de Odontología - USMP