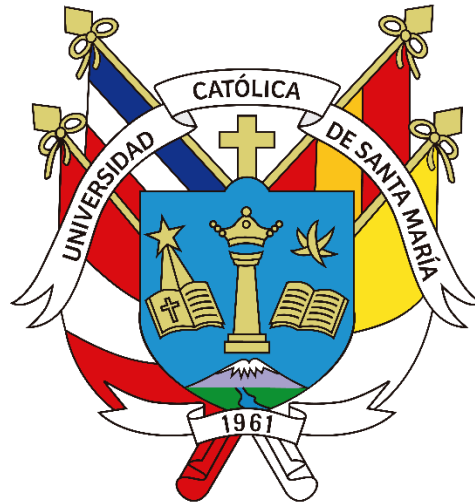


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología



Eficacia del dióxido de cloro a diferentes concentraciones e hipoclorito de sodio (solución clorada) en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM
Arequipa, 2022

Tesis presentada por el bachiller:

Núñez Vásquez, Juan Carlos

ORCID: 0009-0003-2811-7200

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Quiroz Huerta, Carlos Alberto

ORCID: 0009-0009-6590-6413

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 01 de Abril del 2024

Dictamen: 006554-C-EPO-2024

Visto el borrador del expediente 006554, presentado por:

2006400241 - NUÑEZ VASQUEZ JUAN CARLOS

Titulado:

EFICACIA DEL DIÓXIDO DE CLORO A DIFERENTES CONCENTRACIONES E HIPOCLORITO DE SODIO (SOLUCIÓN CLORADA) EN LA INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE ENTEROCOCCUS FAECALIS IN VITRO, UCSM AREQUIPA, 2022

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

CIRUJANO DENTISTA

**29225558 - ARENAS VELEZ LUIS MANUEL
DICTAMINADOR**



**29547819 - ALVAREZ MONGE RUTH
DICTAMINADOR**



**29328711 - CARDENAS VILCA TANIA ESTHER
DICTAMINADOR**



Eficacia del dióxido de cloro a diferentes concentraciones e hipoclorito de sodio (solución clorada) en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

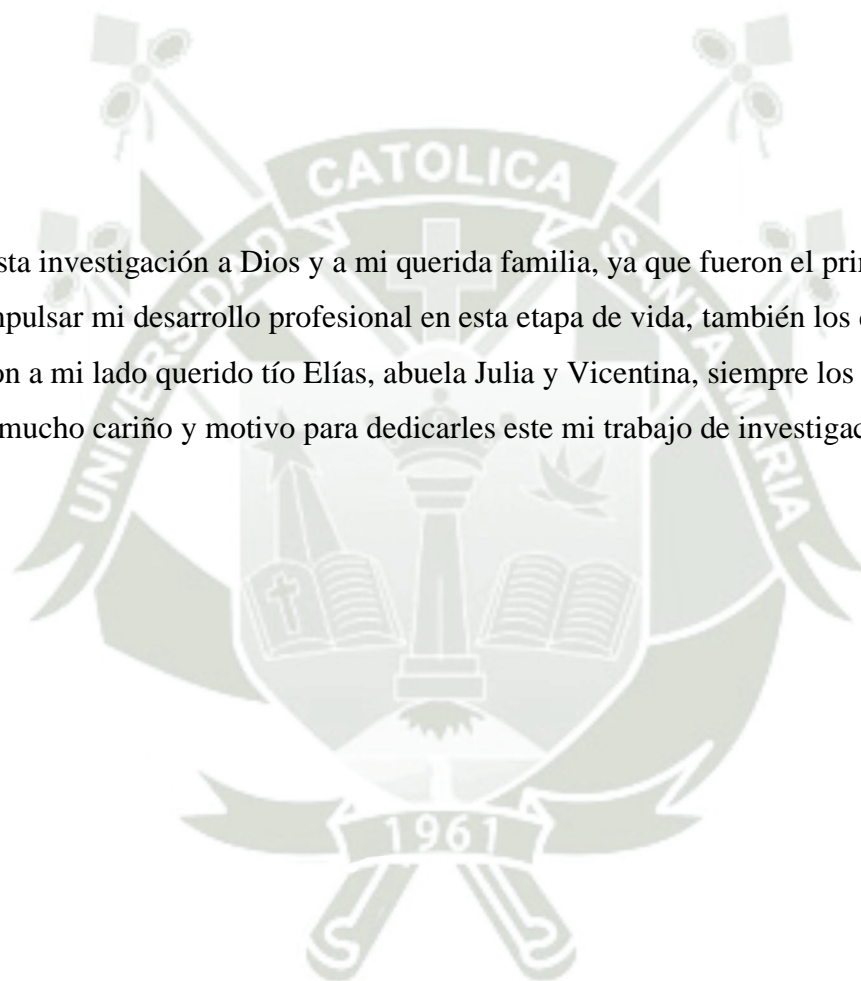
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	bg-102.ru Fuente de Internet	1%
4	cienciadigitaleditorial.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	apps.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	1%
8	www.ins.gob.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios y a mi querida familia, ya que fueron el principal motivo para impulsar mi desarrollo profesional en esta etapa de vida, también los que en vida estuvieron a mi lado querido tío Elías, abuela Julia y Vicentina, siempre los recuerdo con mucho cariño y motivo para dedicarles este mi trabajo de investigación.



AGRADECIMIENTO

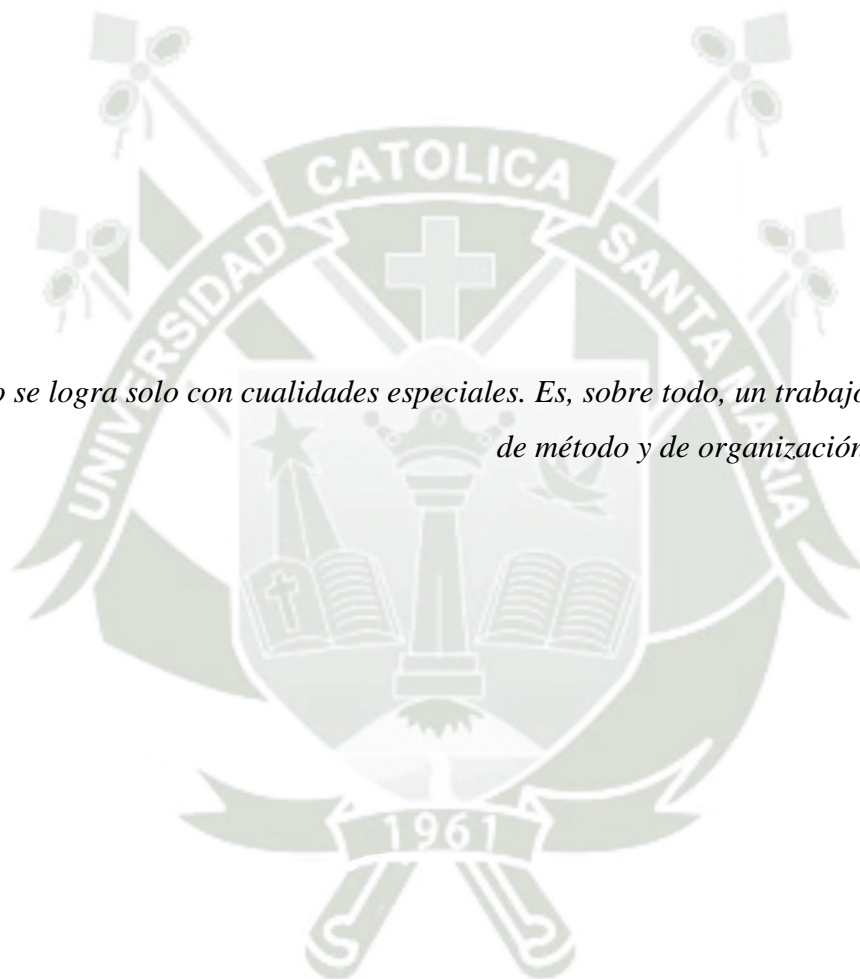
Agradecer en primer lugar a Dios por darme la vida y ser el propósito que él manda, en segundo lugar, a mi familia, a pesar de las vicisitudes del camino siempre me brindaron todo su apoyo incondicional día a día impulsándome a ser mejor hijo con sus enseñanzas, mejor persona, por sus valores inculcados y ahora un gran profesional por el estudio otorgado y fue vital para cumplir una de las principales metas y anhelos que tanto yo como ellos esperábamos, un peldaño más en mi vida que me llena de orgullo y alegría.

También agradecer a mi querida institución educativa “Universidad Católica de Santa María” y en especial a mi facultad de odontología por brindándome la formación ideal y el certero aprendizaje a través de mis queridos docentes, agradezco su confianza, paciencia y buenos ejemplos como profesionales.

Asimismo, agradecer a mi asesor externo Dr. Rufo Alberto Figueroa Banda, por su apoyo y gracias a su amplia línea investigadora fue posible concretar dicho trabajo de investigación.

EPÍGRAFE

"El éxito no se logra solo con cualidades especiales. Es, sobre todo, un trabajo de constancia, de método y de organización". Víctor Hugo.



RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad determinar la eficacia del dióxido de cloro a distintas concentraciones (0.5%; 1.5% 3% y 5%) en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* en comparación con el hipoclorito de sodio al 5.25% (solución clorada muy utilizada en endodoncia, en necrosis pulpar).

Dicha investigación es de carácter cuantitativo, prospectivo, longitudinal y experimental

La técnica que se empleó para la inhibición fue:

“Método directo de inoculación a partir de colonias aisladas identificado por morfotipos de *Enterococcus faecalis*.”

Y el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de “Análisis de varianza” (ANOVA).

Obtenida las concentraciones de dióxido de cloro, procedimos a hacer propiamente dicha investigación, obteniendo los siguientes resultados:

- Con una concentración del 0,5% de Dióxido de cloro, el halo inhibitorio nos dio una media de 10.00mm.
- Con una concentración del 1,5% fue de 12,25mm.
- Con una concentración del 3% fue de 14.94mm
- Con una concentración del 5% fue de 19,38mm.

Después de realizar las pruebas de sensibilidad con el dióxido de cloro a diferentes concentraciones (0.5%, 1.5%, 3% y 5%) en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* se obtuvo la concentración mínima efectiva la cual fue de 1.5%. (De acuerdo con antecedentes y al especialista (biólogo) la concentración mínima inhibitoria indicada para este caso es de 1.5%.)

- Mientras que a una concentración del 5.25% con el Hipoclorito de sodio obtuvimos una media de 13.25mm

Se pudo concluir que el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 1.5% fue de 12.25mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25% su halo de inhibición promedio fue

de 13.25mm, sin embargo, en la práctica clínica, no existe diferencia significativa, ya que los halos inhibitorios entre ambas sustancias son semejantes.

Según la prueba estadística el valor de P es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el hipoclorito de sodio al 5,25% es mejor que el dióxido de cloro al 1.5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*. Sin embargo, el dióxido de cloro al 1.5% no deja de ser eficaz en la inhibición del crecimiento del *Enterococcus faecalis*.

Palabras clave: *Enterococcus faecalis*, dióxido de cloro, hipoclorito de sodio, inhibición.



ABSTRACT

The purpose of this investigation is to determine the effectiveness of chlorine dioxide at different concentrations (0.5%, 1.5%, 3% and 5%) in inhibiting the growth of *Enterococcus faecalis* in comparison with 5.25% sodium hypochlorite (highly chlorinated solution). Used in endodontics in pulp necrosis.

This research is quantitative, prospective, longitudinal, and experimental.

The technique used for inhibition was:

“Direct inoculation method from isolated colonies identified by morphotypes of *Enterococcus faecalis*.”

The statistical analysis was performed using the “Analysis of Variance” (ANOVA) test.

Once the chlorine dioxide concentrations were obtained, we proceeded to carry out said investigation, obtaining the following results:

- With a concentration of 0.5% chlorine dioxide, the inhibitory halo gave us an average of 10.00mm.
- With a concentration of 1.5% it was 12.25mm.
- With a concentration of 3% it was 14.94mm.
- With a concentration of 5% it was 19.38mm.

After performing sensitivity tests with chlorine dioxide at different concentrations (0.5%, 1.5%, 3%, and 5%) in inhibiting the growth of *Enterococcus faecalis*, the minimum effective concentration was obtained, which was 1.5% (According to background information and the specialist (biologist), the minimum inhibitory concentration indicated for this case is 1.5%)

- While at a concentration of 5.25% with sodium hypochlorite we obtained an average of 13.25mm.

It was concluded that the average inhibition halo of 1.5% chlorine dioxide was 12.25mm, while that of 5.25% sodium hypochlorite, its average inhibition halo was 13.25mm, however, in clinical practice it does not exist significant difference since the inhibitory halos between both substances are similar.

According to the statistical test, the P value is less than 0.05, we assume that there is a difference between the effectiveness of both components, that is, 5.25% sodium hypochlorite is better than 1.5% chlorine dioxide in inhibition of the growth of *Enterococcus faecalis*. however, 1.5% chlorine dioxide is still effective in inhibiting the growth of *Enterococcus faecalis*.

Key words: *Enterococcus faecalis*, chlorine dioxide, sodium hypochlorite and inhibition.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
EPÍGRAFE	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PANTEAMIENTO TEÓRICO	2
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Determinación del problema.....	3
1.2. Enunciado del problema	4
1.3. Descripción del problema	4
1.3.1. Área del conocimiento.....	4
1.3.2. Operacionalización de variables.....	4
1.3.3. Interrogantes Básicas.....	4
1.3.4. Taxonomía de la investigación.....	5
1.3.5. Tipo de estudio	5
1.4. Justificación del problema	5
1.4.1. Actualidad.....	5
1.4.2. Utilidad.....	5
1.4.3. Relevancia científica.....	6
1.4.4. Originalidad.....	6
1.4.5. Viabilidad	6
1.4.6. Interés personal.....	gg6

2. OBJETIVOS.....	6
3. MARCO TEORICO	7
3.1. Marco conceptual.....	7
3.1.1. Endodoncia	7
3.1.2. Fracaso endodóntico.....	9
3.1.3. Dioxido de cloro	10
3.1.4. Hipoclorito de sodio	15
3.1.4.2. Desventajas	15
3.1.5. Enterococcus.....	18
3.1.6. Enterococcus Faecalis.....	18
3.1.7. Morfología.....	19
3.2. Análisis de antecedentes investigativos.....	20
4. HIPOTESIS.....	28
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	29
1. TECNICAS, INSTRUMENTOS, MATERIALES DE VERIFICACION.....	30
1.1. Técnicas	30
1.1.1. Especificación.....	30
1.1.2. Esquematación de la técnica.....	30
1.1.3. Esquematación del Procedimiento.....	31
1.1.4. Descripción del procedimiento.....	31
1.1.5. Materiales y métodos.....	32
1.1.6. Observación macroscópica.....	32
1.1.7. Observación microscópica.....	32
1.1.8. Caracterización de las colonias.....	32

1.1.9.	Identificación de morfotipos bacterianos	33
1.1.10.	Pruebas de sensibilidad	33
1.1.11.	Método directo de inoculación a partir de colonias aisladas Identificados los morfotipos de Enterococcus faecalis	34
1.1.12.	Incubación.....	35
1.1.13.	Lectura de las placas e interpretación de los resultados	35
1.2.	Instrumentos.....	36
1.2.1.	Instrumento documental	36
1.3.	Materiales de verificación.....	38
1.3.1.	Medios y reactivos.....	38
1.3.2.	Equipos de laboratorio.....	38
1.3.3.	Instrumentos de laboratorio.....	39
1.3.4.	Materiales de escritorio.	39
2.	CAMPO DE VERIFICACION	40
2.1.	Ubicación espacial	40
2.1.1.	Ámbito general	40
2.1.2.	Ámbito Específico	40
2.2.	Ubicación temporal	40
2.3.	Unidades de Estudio	40
2.3.1.	Criterios de inclusión.....	40
2.3.2.	Criterios de exclusión	40
2.3.3.	Tamaño de grupos	40
3.	ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN.....	41
3.1.	Organización.....	41

3.2. Recursos	41
3.2.1. Recursos humanos	41
3.2.2. Recursos físicos	41
3.2.3. Recursos Económicos.....	41
4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS	42
4.1. Plan de procesamiento de los datos	42
4.1.1. Tipo de procesamiento.....	42
4.1.2. Plan de operaciones	42
4.2. Plan de análisis de datos	42
4.2.1. Tipo de análisis estadístico.....	42
4.2.2. Tratamiento estadístico.....	43
CAPÍTULO III RESULTADOS	44
DISCUSIÓN.....	66
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	77
Anexos 1: Modelo del instrumento	78
Anexo 2: Modelo del instrumento.....	79
Anexo 3: Matriz de registro y control	80
Anexo 4: Constancia de uso de laboratorio.....	81
Anexo 5: Evidencias fotográficas.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Eficacia del dióxido de cloro al 0,5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	45
Tabla 2 Eficacia del dióxido de cloro al 1,5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	47
Tabla 3 Eficacia del dióxido de cloro al 3% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	49
Tabla 4 Eficacia del dióxido de cloro al 5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	51
Tabla 5 Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022.....	53
Tabla 6 Comparación de la eficacia de las diferentes concentraciones del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022.....	55
Tabla 7 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 0,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	58
Tabla 8 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 1,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	60
Tabla 9 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 3% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	62
Tabla 10 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Eficacia del dióxido de cloro al 0,5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	46
Gráfico 2 Eficacia del dióxido de cloro al 1,5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	48
Gráfico 3 Eficacia del dióxido de cloro al 3% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	50
Gráfico 4 Eficacia del dióxido de cloro al 5% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022ggggggggggggg	52
Gráfico 5 Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022.....	54
Gráfico 6 Comparación de la eficacia de las diferentes concentraciones del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	57
Gráfico 7 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 0,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	59
Gráfico 8 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 1,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	61
Gráfico 9 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 3 % e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	63
Gráfico 10 Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> in vitro, UCSM Arequipa 2022	65

INTRODUCCIÓN

Hoy en día en la sociedad se busca estar a la vanguardia de nuevos avances científicos y tecnológicos mediante la investigación, es por ello que, hoy en la rama de odontología debido a la cantidad de bacterias, unas más resistentes que otras en la cavidad oral, nace la necesidad de demostrar nuevas alternativas de tratamientos en endodoncia, odontopediatría o preventiva, frente a estos patógenos alojados en la cavidad oral, en específico enfocados a la bacteria *Enterococcus faecalis* causal de infecciones y fracaso en los tratamiento de conductos, por tratarse de un microorganismo altamente resistente.

Se ha demostrado que, debido a sus propiedades, este organismo puede sobrevivir en condiciones de alta temperatura, tolerar pH extremos como el de la bilis, y resistir ambientes con bajos niveles de oxígeno (anaerobia facultativa). También ha adquirido resistencia a los antibióticos y posee una alta capacidad mutagénica, razones por las cuales los tratamientos endodónticos suelen fallar. Es crucial contar con un irrigador bactericida efectivo para prevenir su proliferación. La resistencia a los medicamentos de *Enterococcus faecalis* está aumentando, y es una bacteria comúnmente encontrada en infecciones endodónticas persistentes y asintomáticas. La prevalencia de esta bacteria en tales infecciones varía entre el 24% y el 77%. Esta situación puede atribuirse a múltiples factores de supervivencia y virulencia que tiene *Enterococcus faecalis*, incluyendo su habilidad para competir con otros microorganismos, invadir los túbulos dentinarios y soportar la privación nutricional (1).

El Dióxido de cloro en nuestro campo odontológico, es poco estudiado como alternativa de tratamiento, sin embargo, basado a antecedentes ha demostrado ser un potente bactericida con baja citotoxicidad en comparación con el hipoclorito de sodio, puede ser un potencial sustituto en la rama endodóntica, siempre y cuando se demuestre la inhibición del crecimiento en una de las bacterias más resistentes llamado *Enterococcus faecalis*

Por este motivo se realiza el trabajo de investigación y se pretende demostrar la eficacia in vitro del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* en comparación al hipoclorito de Sodio.



CAPÍTULO I

PANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

Se sabe que en nuestra cavidad bucal existen una gran variedad de microorganismos que pueden complicar la antisepsia en el tratamiento de conductos radiculares tanto en endodoncia como odontopediatría.

Actualmente, se están llevando a cabo numerosos estudios para evaluar y confirmar la eficacia de los diferentes productos utilizados en endodoncia contra los microorganismos presentes en los conductos radiculares. La clave para el éxito de cualquier tratamiento de conducto, tanto en dientes permanentes como temporales, radica en la eliminación de estos microorganismos, ya sea mediante métodos físicos o químicos. Cuando una pieza dental está infectada, lo que se quiere con la administración de medicamentos vía general o local es tratar de inhibir todo crecimiento de patógenos que produce dicha infección, cada vez se busca encontrar un producto que tenga actividad bactericida (1).

Esta bacteria, *Enterococcus faecalis*, provoca complicaciones en los procedimientos endodónticos ya que es la más resistente a los agentes antibacterianos, se busca encontrar una solución definitiva que tenga efectividad y disminuir las complicaciones.

Se ha probado diversos agentes químicos en la desinfección de los conductos radiculares como: Hipoclorito de sodio por Grossman LI MB (2), Clorhexidina por Rosenthal S SL, Safavi K (3), EDTA por Nygaard-Ostby (4).

A raíz de la pandemia (SARS-CoV-2) El Dióxido de cloro tuvo un papel polémico en cuanto a su consumo, no había evidencias científicas para combatir o evitar dicha enfermedad.

Sin embargo, se sabe por algún grupo de personas, que consumían este compuesto bajo su responsabilidad, donde algunos por falta de información se vieron afectados y en otros casos no sufrieron complicaciones o algún daño colateral en su estado de salud.

Es por este motivo y teniendo en cuenta su alto poder bactericida, es que salta la atención el querer experimentar con el Dióxido de cloro en la rama odontológica mediante análisis laboratoriales y determinar si es eficaz o no, en la inhibición de crecimiento de *Enterococcus faecalis*, en comparación con el hipoclorito de sodio.

1.2. Enunciado del problema

“Eficacia del dióxido de cloro a diferentes concentraciones e hipoclorito de sodio (solución clorada) en inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis in vitro* UCSM Arequipa 2022”

1.3. Descripción del problema

1.3.1. Área del conocimiento

- Área General : Ciencias de la Salud
- Área Específica : Odontología
- Especialidades : Endodoncia - Odontopediatría
- Línea o Tópico : Microbiológica

1.3.2. Operacionalización de variables

TIPOS	VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES
Variable estímulo 1	Dióxido de cloro	Concentraciones	0.5%; 1.5%; 3%; 5%
Variable estímulo 2	Hipoclorito de Sodio (Solución Clorada)	Concentración	5.25%
Variable respuesta	<i>Enterococcus faecalis</i>	Diámetro de Halo inhibitorio en milímetros	24 horas

1.3.3. Interrogantes Básicas

- ¿Cuál es la eficacia in vitro del Dióxido de cloro al 0,5%, 1.5% 3% y 5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* a las 24 horas?
- ¿Cuál es la eficacia in vitro del hipoclorito de Sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* a las, 24 horas?
- ¿Cuál será la concentración de dióxido de cloro mínima efectiva en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*?
- Cuál será la diferencia de la eficacia in vitro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* con Dióxido de cloro e Hipoclorito de sodio.

1.3.4. Taxonomía de la investigación

ABORDAJE	TIPO DE ESTUDIO			DISEÑO	NIVEL
Cuantitativo	1. Por el tipo de dato que se planifica recoger	2. Por el tipo de dato que se desea diferenciar	3. Por el número de mediciones de variable	Experimental	Explicativo
	Prospectivo	Comparativo	Longitudinal		

1.3.5. Tipo de estudio

Se trata de un estudio prospectivo, comparativo, longitudinal, experimental, explicativo.

1.4. Justificación del problema

La investigación se justifica por diferentes razones:

1.4.1. Actualidad

El presente estudio pretende contribuir al avance científico en odontología, y ser de utilidad para nuevas investigaciones.

1.4.2. Utilidad

En caso se demuestre la eficacia del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, será de mucha utilidad ya que podrá disminuir las complicaciones en los tratamientos endodónticos y también útil al contribuir o aportar información para futuros investigadores relacionados al tema.

1.4.3. Relevancia científica

Tratándose de un estudio experimental se espera contribuir en los estudios de la odontología e incrementar los conocimientos y experiencias científicas dentro del campo y las técnicas en endodoncia.

1.4.4. Originalidad

Por tratarse de un estudio experimental y existir muy pocos estudios relacionados con el efecto inhibitorio del dióxido de cloro sobre la bacteria *Enterococcus faecalis*, es que se genera una originalidad en el presente estudio.

1.4.5. Viabilidad

El presente estudio de investigación es viable, porque se tiene un manejo laboratorial factible, los recursos económicos están asegurados, así como la utilización de equipos que están al alcance del investigador

1.4.6. Interés personal

El presente estudio es de interés personal, ya que propicia mi desarrollo profesional, me ayuda a contribuir al avance de los estudios científicos dentro de la odontología y asimismo apoyara a culminar mi carrera exitosamente.

2. OBJETIVOS

- Determinar la eficacia in vitro del Dióxido de cloro al 0,5%, 1.5% 3% y 5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* a las 24 horas?
- Determinar la eficacia in vitro del hipoclorito de Sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* a las, 24 horas?
- Determinar la concentración de dióxido de cloro mínima efectiva en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, en comparación al Hipoclorito de sodio al 5,25%?
- Determinar la diferencia de la eficacia in vitro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* con Dióxido de cloro e Hipoclorito de sodio.

3. MARCO TEORICO

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Endodoncia

La endodoncia es ciencia y arte, abarca la etiología, prevención, diagnóstico y tratamiento de las alteraciones patológicas de la pulpa dentaria y de sus repercusiones en la región apical y en el organismo. La región apical y periapical incluye los tejidos de sustentación del diente que rodean al ápice radicular: límite CDC, conducto cementario, muñón pulpar, cemento, foramen, membrana (espacio) periodontal, paredes y hueso alveolar (5).

3.1.1.1. Infecciones en endodoncia

Cualquier bacteria situada en cavidad oral, vías respiratorias altas, senos paranasales, nasofaringe o tubo digestivo, numerosas especies bacterianas tienen la capacidad de acceder y colonizar el tejido pulpar debido a su patogenicidad, que les permite ajustarse al cambio de las condiciones fisicoquímicas y nutricionales, aunque no todas las especies pueden proliferar dentro de los canales radiculares (6).

Dentro de cavidad oral según Álvarez, existen 500 especies microbianas, mientras que en infecciones endodónticas es posible encontrar 1 a 12 especies microbianas. Esto indica que los grupos bacterianos en infecciones endodónticas son más selectivos. La razón de esto son los determinantes ecológicos a nivel pulpar y periapical (7).

Se puede clasificar de acuerdo con su localización en intraradiculares y extraradiculares.

3.1.1.1.1. Infecciones intraradiculares

Se caracterizan por la colonización de microorganismos dentro del canal radicular, y de acuerdo con el momento de invasión se clasifican en primarias y secundarias (1).

3.1.1.1.1. Infecciones intrarradiculares primarias

También llamada infección inicial o infección virgen. Torabinejad explica que ocurre por la invasión de microorganismos y su posterior colonización en el tejido pulpar necrótico. Es la primera causa de periodontitis apical primaria. Cabe mencionar que, dentro de la variedad de los microorganismos responsables de esta infección están los que intervinieron antes de la invasión pulpar, concluyendo en inflamación y luego en necrosis pulpar, así como los microorganismos que posteriormente alcanzaron el nido necrótico aprovechando las condiciones del conducto tras su muerte (8).

3.1.1.1.2. Infecciones intrarradiculares secundarias

Principalmente, Heredia menciona que las infecciones secundarias no son causadas por microorganismos presentes en el canal radicular durante la terapia endodóntica inicial, sino por la invasión de microorganismos al canal radicular ya sea durante el tratamiento, entre citas o después de la obturación radicular (9).

Torabinejad aclara que, durante el tratamiento, los microorganismos pueden penetrar en el canal radicular a través de restos de placa, cálculo o caries dental. Además, señala las fisuras en el dique de goma y la contaminación previa del instrumental endodóntico como posibles fuentes de ingreso. Después del tratamiento, los microorganismos pueden acceder al canal debido a retrasos en la colocación de los materiales de restauración definitiva, aunque los canales radiculares ya estén obturados (8).

3.1.1.1.2. Infecciones extrarradiculares

Según la teoría de Torabinejad, la infección extrarradicular depende de la infección intrarradicular a través del absceso apical agudo. En casos clínicos, la presencia de fístula indica bacterias extrarradiculares que pueden resolverse con el tratamiento de conductos. La infección extrarradicular autónoma, como la actinomicosis apical, requiere cirugía endodóntica como única opción. A veces, en respuesta a infecciones intrarradiculares, la periodontitis apical actúa para evitar la expansión de microorganismos, manteniéndolos dentro de un saco epitelial. Si esta barrera se rompe, los microorganismos pueden alcanzar los tejidos periapicales y causar infección extrarradicular (8).

Conceptualizado por la invasión de microorganismos provenientes de tejido periradicular inflamado que alcanza el foramen apical, alcanzado por una infección intrarradiculares, aunque no en todos los casos. Pérez denota que, este tipo de infecciones pueden ser primarias, secundarias o persistentes; infecciones no comunes originadas a partir de la infección endodóntica y a su vez causantes de numerosos fracasos endodónticos (6).

3.1.2. Fracaso endodóntico

Conceptualizado por la invasión de microorganismos provenientes de tejido periradicular inflamado que alcanza el foramen apical, se produce una infección intrarradicular, aunque no en todos los casos. Pérez señala que este tipo de infecciones pueden ser primarias, secundarias o persistentes; infecciones no comunes que se originan a partir de la infección endodóntica y que a su vez son causantes de numerosos fracasos endodónticos (10).

Las razones microbiológicas del fracaso endodóntico son las mismas tanto para dientes correctamente como incorrectamente tratados. En los dientes mal tratados, es probable que fallen en el futuro debido a la inadecuada eliminación de microorganismos en la infección inicial. Lo curioso, según Siqueira, es que incluso los tratamientos realizados con los más altos estándares de asepsia y antisepsia pueden fracasar (11).

3.1.3. Dióxido de cloro

El dióxido de cloro es el asesino más efectivo de patógenos (patógenos), virus, moho, parásitos y otros patógenos conocidos por el hombre. ni el gas, ni los ácidos industriales potentes, ni los pesticidas, ni ningún otro químico mata los patógenos tan bien como lo hace. es uno de los pocos capaces de matar incluso el ántrax (12).

ClO_2 es también uno de los dos asesinos más poderosos que produce el sistema inmunitario humano para destruir enfermedades si las células asesinas se debilitan y en caso de exposición a varios venenos. Algunos científicos creen esto y otros no. Esto aún no se ha probado por completo, pero la Organización Mundial de la Salud tiene información que indica que el ClO_2 se encuentra en los órganos del cuerpo. La única forma en que podría llegar allí es si fuera producido por el propio cuerpo (13).

Miremos la sustancia bajo un microscopio. El dióxido de cloro es gaseoso, tiene un olor característico y un color rojo-amarillo, pero a temperaturas por debajo de los 10 grados centígrados, la sustancia cambia su estado de agregación y se convierte en un líquido de color marrón rojizo. Explota al calentarse, se disuelve muy bien y rápidamente en agua y es notablemente soluble en algunos solventes orgánicos como los ácidos acético y sulfúrico. El punto de fusión de la sustancia es de -59 grados centígrados y su punto de ebullición es de solo 9,7 grados centígrados (14).

Lo primero que debemos entender sobre el ClO_2 es que es diferente del cloro y la sal de mesa. La sal de mesa y el dióxido de cloro contienen cloro, pero ninguno es venenoso cuando se usa correctamente en el cuerpo humano, la sustancia tiene varias propiedades químicas importantes. Y lo más importante, ClO_2 es un óxido ácido. Exhibe propiedades ácidas, forma ácidos que contienen ácido. Cuando el dióxido de cloro se disuelve en agua, se produce una reacción de desproporción, es decir, se forman ácidos como el clorhídrico y el cloruro. Si el óxido de cloro explota a la luz, entonces sus soluciones son bastante estables en la oscuridad, pero no explotan a la luz, sino que se descomponen muy lentamente. El ClO_2 en muchas reacciones se comporta como un oxidante de fuerza media, reacciona con muchos compuestos de química orgánica (15).

Hoy en día, la principal forma de producir dióxido de cloro en el laboratorio es haciendo reaccionar clorato de potasio (KClO_3) con ácido oxálico, que tiene la fórmula $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. como resultado de esta reacción, se libera ClO_2 , así como agua y oxalato de sodio. Sin embargo, el ClO_2 se puede obtener de otra forma. Hay una configuración especial para esto. La planta de dióxido de cloro es un modelo científico útil. Tal instalación contiene una unidad de control, un reactor, bombas para transferir varios reactivos al reactor, así como varias válvulas y válvulas. Para obtener ClO_2 se utilizan ácido sulfúrico, soluciones de cloruro de sodio y clorato de sodio. El resultado es una solución de dióxido de cloro. Los científicos de ClO_2 han aprendido a obtenerlo de forma industrial. Para ello se lleva a cabo una reacción de reducción en la que se reduce el clorato de sodio con dióxido de azufre. Como resultado de la reacción se libera dióxido de cloro, lo que hemos conseguido, así como hidrogenosulfato de sodio (16).

Los químicos consideran que el ClO_2 es uno de los agentes antimicrobianos más poderosos del mundo, lo que lo convierte en una herramienta popular para esterilizar y desinfectar diversos materiales. Porque ClO_2 es un agente oxidante promedio, luego mata los microbios patógenos por oxidación. A diferencia del mismo cloro, no mata todas las sustancias a su alrededor, sino que repele los electrones y nunca se combina con nada. Se rompe en el proceso. Por lo tanto, es una "eliminación limpia" y la sustancia que se destruye y el ClO_2 no deja ningún compuesto químico nuevo. Y lo más importante, no hay muchas sustancias en la naturaleza que desinfecten los materiales de la misma manera económica y respetuosa con el medio ambiente y segura (por supuesto, solo cuando se usa correctamente). La desinfección con ClO_2 es absolutamente segura para nuestro medio ambiente. En comparación con el Cl líquido y gaseoso, que todavía se usa para la desinfección del agua, no entra en reacciones de cloración con otras sustancias y elementos químicos. Al mismo tiempo, su efecto biocida sobre bacterias, virus, algas, hongos, etc. es más potente que el cloro debido al oxígeno activo. Todos estos factores juntos han hecho que el dióxido de cloro sea indispensable en la industria, especialmente en la alimentación. Y el mundo civilizado lo usa para desinfectar agua y desinfectar locales con mucha más frecuencia que la lejía. Inmediatamente

después del advenimiento de la tecnología segura para la producción de dióxido de cloro, muchos científicos respetados comenzaron a declarar que la sustancia se convertiría en un importante desinfectante y agente oxidante en el mundo en los próximos 20 años, al igual que el cloro hizo su aparición hace 100 años. A partir del 2013, el dióxido de cloro se acepta como desinfectante en muchos países y se utiliza para desinfectar y esterilizar diversos materiales y productos médicos (17).

3.1.3.1. Toxicidad y efectos adversos del dióxido de cloro

3.1.3.1.1. Toxicidad general

El dióxido de cloro, aunque valorado por sus propiedades antimicrobianas, presenta una toxicidad significativa. Su reactividad en organismos vivos puede causar daños a nivel celular, tisular y orgánico. La ingestión o exposición a este compuesto puede resultar en irritación severa de las mucosas orales y gastrointestinales, manifestándose en síntomas como dolor, náuseas y vómitos. Además, estudios han señalado efectos adversos en el sistema hematológico, cardiovascular y renal, subrayando la gravedad de su toxicidad en altas concentraciones. A largo plazo, la exposición continua a este químico podría conllevar a condiciones crónicas como bronquitis y erosiones dentales, lo cual es particularmente relevante en la práctica dental (18,19).

3.1.3.1.2. Casos de intoxicación

Los informes de intoxicación por dióxido de cloro han documentado una gama de síntomas agudos y crónicos. Los más comunes incluyen problemas gastrointestinales como náuseas, vómitos y diarrea. Además, se ha observado hepatotoxicidad y hemólisis intravascular en algunos casos, evidenciando el potencial del dióxido de cloro para causar daños severos al hígado y a los glóbulos rojos. Estos casos resaltan la importancia de una evaluación rigurosa del riesgo y la dosificación al considerar el uso del dióxido de cloro en tratamientos dentales (20).

3.1.3.1.3. Riesgos para la salud

Los estudios en animales han mostrado que la exposición a dosis elevadas de dióxido de cloro puede resultar en efectos letales, incluyendo daños a la tiroides y destrucción de hemoglobina. Estos resultados proporcionan una perspectiva crucial sobre el riesgo potencial de este compuesto en humanos, particularmente en su uso en concentraciones altas o de manera inapropiada en la odontología (21).

3.1.3.2. Aplicación del dióxido de cloro en odontología

3.1.3.2.1. Uso en enjuagues bucales

A pesar de los riesgos asociados, el dióxido de cloro ha encontrado aplicaciones en la odontología, especialmente en enjuagues bucales. Estos productos han demostrado ser efectivos en reducir el mal aliento y en disminuir la presencia de ciertas bacterias en la boca. Sin embargo, es fundamental enfatizar la importancia de controlar la concentración y el modo de uso del dióxido de cloro en estos productos para minimizar el riesgo de efectos adversos y maximizar su efectividad (22).

3.1.3.2.2. Casos clínicos de uso

En el contexto clínico, se ha reportado el uso de enjuagues bucales con dióxido de cloro al 0.1% en el tratamiento de condiciones como la osteonecrosis de la mandíbula, donde se observaron mejoras en el tejido blando. Estos hallazgos apuntan hacia un potencial terapéutico del dióxido de cloro en concentraciones controladas, resaltando su capacidad para favorecer la cicatrización y reducir la carga bacteriana (22).

3.1.3.3. Impacto en virus y patógenos

El dióxido de cloro es una de varias sustancias conocidas que matan virus y todos los demás patógenos conocidos en los pisos de hospitales, mataderos, agua, granjas de vegetales, centros de distribución de alimentos y ahora incluso en el cuerpo humano (23).

Durante más de 70 años, los proveedores de agua han utilizado dióxido de cloro para matar patógenos sin dañar las bacterias beneficiosas. Este compuesto químico único tiene características que lo distinguen de todos los demás cuando se trata de matar todo tipo de patógenos. El dióxido de cloro parece ablandar y destruir la pared celular o la envoltura viral, están protegidos de la oxidación por más de una docena de diferentes tipos de agentes reductores, como la vitamina E y C. Las bacterias y los virus casi no tienen tales agentes reductores. Además de la oxidación (ClO_2), también neutraliza muchos de los irritantes que se encuentran en las heridas (24).

3.1.3.4. Efecto en la bacteria de *enterococcus faecalis*

Se sabe que tiene efecto tuberculicida, bactericida (sobre *E. faecalis*), viricida (mata a los virus con o sin envoltura) y propiedades fungicidas (sobre *Candida albicans*). Además de su potente propiedad oxidante para matar bacterias mediante la interrupción del transporte de nutrientes a través de la pared celular. ClO_2 exhibe eficacia biocida sólo en un intervalo de pH de 3-9, donde HClO (ácido cloroso) es el agente activo responsable de la inactivación bacteriana, mientras que por encima de pH 9 predomina OCl^- (ácido hipocloroso). En NaOCl , estos dos componentes cargados negativamente podrían ser repelidos al entrar en contacto con la pared celular bacteriana, mientras que el dióxido de cloro, que existe como gas en el agua, penetra a través de las membranas celulares provocando su destrucción de manera más eficaz. Produce poca o nada de trihalometanos y ácidos haloacéticos en comparación con NaOCl , los cuales son cancerígenos. Tiene como desventajas su inestabilidad como solución en porcentajes mayores al 10% ($[\text{ClO}_2] / [\text{aire}]$), disminuye la microdureza de la dentina coronal y radicular al 13.8%, debilitando la estructura dentinaria, y además es más caro que el cloro (22).

3.1.4. Hipoclorito de sodio

Este es un compuesto inorgánico, que contiene hasta un 95% de cloro activo. Peso molecular del compuesto = 74,4 gramos por mol. Debido al hecho de que la sustancia es bastante inestable en estado libre, se usa con mayor frecuencia en forma de pentahidrato o solución acuosa. La solución tiene un olor fuerte y acre a cloro. La forma anhidra de la sustancia se sintetiza en forma de cristales incoloros que se disuelven bien en agua tiene un tinte amarillo verdoso, cristales rómbicos (25).

El hipoclorito de sodio se produce en grandes cantidades, aproximadamente la mitad de la sustancia sintetizada se usa en productos químicos domésticos y medicamentos, el resto, en la industria, existen dos métodos para la elaboración del producto: químico, cloración de una solución acuosa de hidróxido de sodio (concentrado y básico) y electrolítico, utilizando plantas de electrólisis para la electrólisis de cloruro de sodio acuoso (26).

3.1.4.1. Ventajas

- Presenta una gran acción antimicrobiana
- De bajo costo y acción rápida
- Baja incidencia de efectos adversos
- Desinfección de suelos y superficies
- Se lo utiliza en la desinfección de prótesis (27).

3.1.4.2. Desventajas

- En concentraciones elevadas puede ocasionar irritación ocular,
- oro faringe y esófago.
- Produce la corrosión de metales en concentraciones elevadas.
- Al unirse con ácidos y amonios provoca una liberación de gas tóxico.
- Decoloración de tejidos (27).

3.1.4.3. Propiedades

De acuerdo con sus propiedades químicas, es considerado una solución antiséptica para eliminar microorganismos en la desinfección de heridas. Fue recomendado por primera vez por Henry Dakin y utilizado en la Primera Guerra Mundial. En 1920, fue considerado como una solución al 0.5% de NaOCl para la terapia de irrigación en endodoncia, y sigue siendo la más utilizada en tratamientos endodónticos (5).

- Baja tensión superficial: tiene la capacidad de difundirse en las superficies con las que entra en contacto, penetrando en todas las asperezas del acrílico y realizando su acción.
- Neutralización de productos tóxicos: el hipoclorito neutraliza los productos tóxicos presentes en la superficie de la prótesis al unirse con otros productos.
- Fungicida y bactericida: al entrar en contacto con los restos de alimentos, libera oxígeno y cloro, eliminando todos los microorganismos presentes en las prótesis dentales.
- pH alcalino: el NaOCl, con su pH alcalino, neutraliza la acidez del medio, evitando la duplicación de microorganismos (28).

3.1.4.4. Efecto en la bacteria de *enterococcus faecalis*

Utilizada comúnmente en odontología como antiséptico, fungicida y desinfectante, gracias a su actividad microbiana, tiene una gran compatibilidad biológica en diferentes concentraciones. Al liberar oxígeno y cloro destruye al microorganismo, esta fase, aun no se ha establecido de forma exacta como se realiza, pero, se cree que el mecanismo de desinfección por cloro se va a realizar por inhibición de algunas reacciones enzimáticas claves dentro de la célula, destruyendo las proteínas e inactivando al ácido nucleído. La actividad microbiana del cloro se realiza por la actividad del ácido hipocloroso no disociado (29).

Litter menciona que el ácido hipocloroso no disociado actuado por dos mecanismos:

- Por oxidación de la materia orgánica, que al unirse con una proteína bacteriana y en reacción con el hidrogeno generan un compuesto llamado cloramida, que realiza una gran acción bacteriana
- Por oxidación simple, liberación de oxígeno, el pH del medio y la concentración de la solución actúan como factores condicionantes de su actividad (28).

Si el medio en el cual actual el hipoclorito tiene un pH ácido o neutro, el efecto del NaOCl será mayor al no disociarse al ácido hipocloroso.

Pero si el pH está en un medio alcalino su acción del producto disminuye, necesitando más tiempo, para realizar su efecto no deseado o puede llegar a ser tóxico. La concentración del hipoclorito es importante ya que a mayor concentración mayor acción antimicrobiana, ya que al tener una solución más concentrada proporciona más ácido hipocloroso no disociado (29).

3.1.5. **Enterococcus**

Los *Enterococcus* son cocos que se disponen en parejas o cadenas cortas. Son bacterias del ácido láctico y se determinan como grampositivos debido a su tinción azul o violeta durante la tinción de Gram. Estos microorganismos tienen un alto nivel de resistencia antibiótica frente a algunas penicilinas, todas las cefalosporinas y los aminoglicósidos. Además, son resistentes a la vancomicina en pacientes con infecciones hospitalarias, debido a que el *Enterococcus* es una bacteria grampositiva (30).

3.1.6. ***Enterococcus Faecalis***

Enterococcus faecalis es un tipo de enterococo que forma parte de la microflora normal del tracto digestivo humano, así como de algunos mamíferos (31).

Los enterococos fecales son los enterococos más comunes en humanos y aves de corral. Los enterococos fecales también colonizan los intestinos del ganado bovino, porcino, canino, equino, ovino y caprino. El enterococo fecal puede ser el agente causal de diversas infecciones: vías urinarias, intraabdominales, órganos pélvicos, heridas, endocarditis (32).

Enterococos fecales, junto con *Enterococcus Faeciumson* las especies más patógenas entre los enterococos, representan el 80-90% de todos los enterococos aislados en material clínico humano. Los enterococos fecales son a menudo la causa de las infecciones nosocomiales. Al mismo tiempo, los enterococos fecales son parte de la microflora normal del tracto gastrointestinal de humanos y muchos vertebrados, y juegan un papel importante proporcionando resistencia a la colonización de la membrana mucosa. El principal hábitat del enterococo fecal en el cuerpo es el intestino delgado, pero también se encuentra en el intestino grueso, parte esponjosa de la uretra, en los genitales y, a veces, en la cavidad oral (33).

Los enterococos fecales están presentes en las heces del 90% de los adultos. El número de enterococos fecales en el ambiente externo es un importante indicador sanitario y epidemiológico de su contaminación fecal.

3.1.6.1. Taxonomía

Dominio: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Enterococcaceae

Género: *Enterococcus*

Especie: *E. faecalis* (34).

3.1.7. Morfología

Enterococcus faecalis son cocos de tamaño $0,6-2,0 \times 0,6-2,5 \mu\text{m}$, Gram positivos que se distribuyen en cadenas cortas o en pares. No forman esporas (34).

3.2. Análisis de antecedentes investigativos

Título: “Eficacia del dióxido de cloro como irrigante endodóntico para la disolución pulpar” Autor: Dra. Estrella Marcela López Álvarez - Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú, 2021 El estudio tuvo como objetivo determinar la eficacia del dióxido de cloro al 5% como irrigante endodóntico para la disolución pulpar. Se obtuvieron 35 muestras de pulpa dental humana, las cuales se pesaron previamente y se sumergieron en tres soluciones diferentes: 5% ClO₂, 5.25% NaOCl y suero fisiológico (grupo control), durante 10 minutos a 32°C; luego se secaron y se pesaron nuevamente. La pérdida de peso se comparó con el peso original y se analizó estadísticamente. Los resultados mostraron que el NaOCl al 5.25% y el ClO₂ al 5% disolvieron las muestras de pulpa dental con mayor eficacia que el suero fisiológico ($p > 0.001$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución de tejido del NaOCl al 5.25% y el ClO₂ al 5% ($p = 0.893$). En conclusión, el ClO₂ al 5% es eficaz para disolver tejido de pulpa dental humana (35).

Título: “Comparación de la eficacia de los irrigantes Oxoral® y NaOCl en la eliminación de *enterococcus faecalis*” Autores: Arely Herrera Saucedo¹ Marco Antonio Corona Guerra² Francisco Javier Vara Padilla² Dulce Haydeé Gutiérrez Valdez³ Sandra Laura Alavez Rebollo El objetivo del estudio fue comparar la eficacia en la eliminación de *Enterococcus faecalis* utilizando OxOral® versus hipoclorito de sodio a los 15 y 60 segundos. Se incluyeron 36 cultivos de *E. faecalis* ATCC 29212, asignados a dos grupos: OxOral® e hipoclorito de sodio al 5.25%, cada uno dividido en tiempos de 15 y 60 segundos. Se colocaron 8 ml de agua peptonada, 1 ml del irrigante y 1 ml de la cepa, dejándose reposar. A cada tiempo se extrajo 1 ml y se sembró en agar sangre por 24 horas. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Los resultados mostraron que con hipoclorito de sodio a 15 segundos hubo tres cultivos con crecimiento aceptable y seis con crecimiento extendido; a los 60 segundos, cuatro cultivos mostraron resultados eficaces, tres aceptables y uno extendido. Con OxOral®, todos los cultivos mostraron crecimiento extendido en ambos tiempos, encontrándose diferencias estadísticamente significativas a los 60 segundos ($p < 0.01$). En conclusión, la eliminación de *E. faecalis* fue mejor con hipoclorito de sodio a los 60 segundos (36).

Título: “Capacidad de disolución de tejido orgánico de NaOCl y ClO₂” Autor: Cobankara fk, et al. 2010 El estudio comparó la capacidad de disolución de tejido orgánico de NaOCl y ClO₂. Se utilizaron soluciones de 5,25% de NaOCl, 13,8% de ClO₂ y 0,9% de NaCl como control. 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), luego se secaron y se pesaron de nuevo. El porcentaje de pérdida de peso se calculó y analizó estadísticamente. Tanto el NaOCl como el ClO₂ disolvieron las piezas de tejido más eficazmente que la solución salina control. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución del tejido de NaOCl y ClO₂. Se concluyó que ClO₂ y NaOCl son igualmente eficientes para disolver tejidos orgánicos (37).

Título: “Eficacia de disolución de ClO₂ Y NaOCl en el tejido de la pulpa humana” Autor: Singh s, et al 2012. Se contrastó la eficacia de disolución de ClO₂ y NaOCl en el tejido de la pulpa humana. Se utilizaron soluciones de 2% NaOCl, 5% ClO₂ y solución salina isotónica (control). Treinta muestras de tejido de pulpa humana se expusieron a las tres soluciones (n = 10) durante 30 minutos, y se comparó la pérdida de peso del peso original utilizando una balanza analítica digital. El NaOCl fue más eficaz en comparación con el ClO₂. La solución salina isotónica no pudo disolver ninguna de las muestras. Aunque el ClO₂ es capaz de disolver el tejido de la pulpa humana, el NaOCl es más efectivo (38).

Título: “Capacidad de disolución tisular de 3% NaOCl, 10% CaOCl Y 13.8% ClO₂ a diferentes temperaturas” Autor: Basaiwala k, *et al* 2018. Se evaluó la capacidad de disolución tisular de 3% NaOCl, 10% CaOCl y 13.8% ClO₂ a diferentes temperaturas. Ciento veinte muestras de tejido bovino se distribuyeron equitativamente entre cuatro grupos. Los experimentos se realizaron a temperatura ambiente, 37°C y 45°C. Las 30 muestras de tejido de cada grupo se sumergieron en 5 ml de la solución de prueba asignada a la temperatura deseada durante 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 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 ClO₂ al 13.8% fue más efectiva para disolver el tejido. A 45°C, las tres soluciones fueron igualmente efectivas en su capacidad de disolución de tejidos, demostrando que calentar las soluciones mejora su capacidad para disolver material orgánico (39).

Título: “Evaluación comparativa del efecto del enjuague de dióxido de cloro en la placa inducida por la gingivitis y el mal olor bucal” Autor: Kandwal A. y Ghani B, en la India en el 2014. Se realizó un estudio titulado "Evaluación comparativa del efecto del enjuague de dióxido de cloro en la placa inducida por la gingivitis y el mal olor bucal". El objetivo fue evaluar los efectos clínicos del enjuague bucal con dióxido de cloro en la placa inducida por la gingivitis y el mal olor bucal. Se incluyeron 30 pacientes, divididos en tres grupos: Grupo I, 10 pacientes utilizando solo dióxido de cloro; Grupo II, 10 pacientes utilizando dióxido de cloro más SRP (raspado y alisado radicular); y Grupo III, 10 pacientes con un índice de SRP Gingival. El índice de placa y las mediciones organolépticas se registraron al inicio del estudio, al día siete y al día 14. Se demostró que el enjuague bucal con dióxido de cloro fue eficaz en la reducción del mal olor oral de la mañana durante un período de 14 días. En conclusión, los parámetros clínicos de la gingivitis se redujeron con el enjuague bucal experimental utilizado durante 14 días, y el enjuague bucal que contiene dióxido de cloro mejoró la halitosis (40).

Título: “Comparación de dióxido de cloro y clorhexidina como enjuague bucal” Autor: Downs R D, et al., En EE. UU., en el 2015. Se realizó un estudio in vitro que comparó el enjuague bucal de dióxido de cloro con la clorhexidina. El objetivo fue evaluar la capacidad de un enjuague bucal de dióxido de cloro activado (Oracare) para reducir o eliminar compuestos de azufre volátil, toxinas bacterianas y bacterias productoras, como precursor de estudios in vivo para mejorar la cicatrización de heridas y el tratamiento de la enfermedad periodontal. Los resultados mostraron que la concentración inhibitoria mínima (CIM) para Oracare fue más alta que la de clorhexidina al compararse contra un panel de 11 especies microbianas. Sin embargo, cuando se normalizó a partes por millón de los ingredientes activos, el dióxido de cloro activado (Oracare) igualó y superó en actividad a la clorhexidina hacia el patógeno periodontal *Agregatibacter actinomycetemcomitans*. El enjuague Oracare eliminó un mayor porcentaje de compuestos de azufre volátil (VSC) que la clorhexidina en relación con el control de agua. Los resultados demuestran el potente potencial antimicrobiano del enjuague bucal de dióxido de cloro activado. Además, cuando se utiliza como complemento al tratamiento periodontal convencional, este enjuague puede ayudar a promover la salud periodontal mediante la neutralización de organismos bacterianos y sus subproductos (41).

Título: “El efecto de un enjuague bucal que contiene dióxido de cloro en la reducción clínica de compuestos volátiles de azufre” Autor: Soares, Leo Guimaraes, et al., en Brasil en el 2011. Se estudió "El efecto de un enjuague bucal que contiene dióxido de cloro en la reducción clínica de compuestos volátiles de azufre". El objetivo fue evaluar el efecto clínico de un enjuague bucal con 0,3 % de dióxido de cloro en la reducción de compuestos de azufre volátil (VSC) por vía oral. Este estudio fue aleatorizado, doble ciego, cruzado, controlado con placebo, con un período de lavado de al menos 15 días entre tratamientos. Los resultados mostraron que la halitosis se puede reducir con éxito utilizando el enjuague bucal que contenía 0,3 % ClO_2 , 0,07 % CPC y 0,05 % NaF, basado en su eficacia en la reducción de los niveles de VSC hasta 3 horas, similar a la CHX. No hubo diferencia significativa entre la solución de ensayo y la solución CHX en las tasas de reducción de VSC (42).

Título: “Los efectos de un enjuague bucal con dióxido de cloro sobre los malos olores y bacterias salivales orales” Autor: Shinada K, et al., en Japón en el 2010. Este ensayo clínico tuvo un diseño aleatorizado, doble ciego y cruzado con un período de lavado de 7 días y controlado con placebo. Los resultados mostraron que el enjuague bucal que contiene dióxido de cloro mejoró el mal aliento de la mañana y redujo las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S), metil mercaptano (CH_3SH) y sulfuro de dimetilo [$(CH_3)_2 S$], medidos mediante cromatografía de gases en sujetos sanos. Además, el enjuague bucal que contiene dióxido de cloro, utilizado durante un período de 7 días, fue eficaz en la reducción de la placa, la acumulación de recubrimiento de la lengua y las cargas de *Fusobacterium nucleatum* en la saliva (43).

Título: “El uso de 0,1 % de dióxido de cloro para inhibir la formación de compuestos volátiles de azufre de la mañana (VSC)” Autor: Peruzzo D C, et al., en Brasil en el 2006. Se estudió "El uso de 0,1 % de dióxido de cloro para inhibir la formación de compuestos volátiles de azufre de la mañana (VSC)". El objetivo fue evaluar el efecto inhibitor de VSC de un enjuague bucal con 0,1 % de dióxido de cloro disponible en el mercado, en comparación con su placebo. Se llevó a cabo un estudio doble ciego de 2 pasos, cruzado y aleatorizado con 14 estudiantes de odontología con periodonto sano, quienes se abstuvieron de cualquier control mecánico de la placa y el revestimiento de la lengua durante dos períodos experimentales de 4 días. Los resultados sugieren que un enjuague bucal con dióxido de cloro parece mantener los compuestos volátiles de azufre (VSC) en niveles más bajos en la respiración de la mañana en comparación con un enjuague bucal placebo (44).

Titulo: “Efectividad de una solución de dióxido de cloro de alta pureza en la eliminación del biofilm intracanal de *enterococcus faecalis*” Autores: Anna Herczegh, Agoston Ghidan, Dora Frieddreich, Milan Gyurkovics, Zsolt Bendo y Zsolt Lohinai. Investigamos la eficacia de la solución de dióxido de cloro (ClO_2) en comparación con el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el gluconato de clorhexidina (CHX) en la eliminación de la biopelícula intracanal de *Enterococcus faecalis*. Los dientes humanos extraídos se inocularon con *E. faecalis*. Después de la preparación, los canales se irrigaron con ClO_2 , NaOCl, CHX o solución salina fisiológica para el control. Dos y cinco días después se recogieron muestras bacterianas y se sembraron en agar Columbia. Se contaron UFC/mL. Las paredes del canal se investigaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). La fase gaseosa se investigó en una placa de Petri invertida donde *E. faecalis* se inoculó en agar sangre. Los irrigantes se colocaron sobre papel absorbente en la cubierta. Las bacterias fueron detectables en el grupo de control, pero no en ninguno de los grupos de irrigantes. Hubo una reinfección masiva 2 o 5 días después del riego en el grupo control. La reinfección más baja se encontró después del tratamiento con ClO_2 . Estos hallazgos fueron confirmados por imágenes SEM. Observamos un efecto antibacteriano de las fases gaseosas de ClO_2 y NaOCl sobre el crecimiento de *E. faecalis*, pero no de CHX. Conclusión: El ClO_2 elimina la biopelícula intracanal y mantiene el canal casi libre de bacterias. Sugerimos el uso de ClO_2 de alta pureza como irrigante del conducto radicular en la práctica clínica (45).

Título: “Evaluación del dióxido de cloro estabilizado en términos de actividad antimicrobiana y fuerza de adhesión a la dentina” Autores: Tugba Serín Kalay, Yakup Kara, Sengul Alpay Karaoglu, Sevgi Kolayli. Antecedentes: Se recomiendan agentes antimicrobianos para la desinfección de la cavidad después de la eliminación mecánica de caries dental antes de la aplicación del material de restauración. Existe información limitada sobre el dióxido de cloro estabilizado (CIO₂) como desinfectante de cavidades. Objetivos: El objetivo de este estudio es determinar la actividad antimicrobiana y el efecto sobre la fuerza de unión dentinaria del CIO₂ en comparación con el digluconato de clorhexidina (CHX), el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el extracto etanólico de propóleo (EPE). Métodos: Se examinaron las actividades antimicrobianas de agentes contra patógenos orales (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Candida albicans* y *Saccharomyces cerevisiae*) y análisis de EPE. Setenta y cinco terceros molares mandibulares fueron seccionados, preparados y divididos en cinco subgrupos (n=15/grupo). Desinfectantes de cavidad (2% CHX, 2,5% NaOCl, 30% EPE, 0,3% CIO₂) se aplicaron a la dentina grabada antes de la reconstrucción con adhesivo y composite. La resistencia de la unión al cizallamiento (SBS) se evaluó con una máquina de ensayo universal a una velocidad de cruceta de 0,5 mm/min. Los datos de SBS se analizaron con análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y la prueba post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). Los modos de falla se evaluaron con un microscopio estereoscópico. Resultados: Se determinó que los desinfectantes comparados presentaron diferentes valores de zona de inhibición frente a patógenos orales. CIO₂ exhibió la mayor actividad antimicrobiana, seguido por CHX, NaOCl y EPE, respectivamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de SBS entre los grupos tratados con desinfectante y el grupo de control. Los modos de falla fueron predominantemente mixtos. Conclusión: El uso de CIO₂ estabilizado al 0,3% como agente desinfectante de cavidades mostró una alta actividad antimicrobiana contra los patógenos orales y ningún efecto adverso sobre la SBS en la dentina grabada (46).

Título: “Efecto del dióxido de cloro y el hipoclorito de sodio en la disolución del tejido pulpar humano- un estudio in vitro” Autores: Sandeep Singh, ramen sinha, SK Kar, Ater ámbar, SN Limaye. Resumen Antecedentes: Estudios recientes han recomendado el uso de dióxido de cloro como irrigante endodóntico. El objetivo de este estudio es comparar la eficacia de disolución del dióxido de cloro y el hipoclorito de sodio en tejido pulpar humano. Métodos: En este estudio se utilizó hipoclorito de sodio al 2%, dióxido de cloro al 5% y solución salina isotónica (control). Treinta especímenes de tejido pulpar humano se expusieron a tres soluciones de prueba (n = 10) durante 30 minutos, después de lo cual se comparó la pérdida de peso con respecto al peso original utilizando una balanza analítica digital. Resultados: El hipoclorito de sodio fue más eficiente para disolver el tejido pulpar humano en comparación con el dióxido de cloro. La solución salina isotónica no logró disolver ninguna de las muestras. Conclusión: El dióxido de cloro al 5% es capaz de disolver el tejido pulpar humano pero el hipoclorito de sodio fue más efectivo (47).

Título: “Comparación de la eficacia del dióxido de cloro hiperpuro con otros antisépticos orales en microorganismos patógenos orales y biopelículas in vitro” Autores: Herczegh, Anna; Gyurkovics, Milan; Agababian, Hayk; Ghidan, Agoston; Lohinai, Zsolt. Este estudio evalúa las propiedades antibacterianas del hipoclorito de sodio (NaOCl), gluconato de clorhexidina (CHX), Listerine® y dióxido de cloro de alta pureza (Solumium, ClO₂) contra microorganismos patógenos orales comunes y biopelículas dentales in vitro. La actividad antimicrobiana de estos antisépticos se comparó con el fenol estándar de oro, investigando microorganismos como Streptococcus mutans, Lactobacillus acidophilus, Enterococcus faecalis, Veillonella alcalescens, Eikenella corrodens, Actinobacillus actinomycetemcomitans y Candida albicans. Además, se recolectó placa dental de molares superiores de jóvenes sanos, formando un biofilm masivo in vitro cuya reducción se midió después de tratarlo con CHX, Listerine® o ClO₂ hiperpuro. Los resultados mostraron que el ClO₂ hiperpuro es más eficaz que otros desinfectantes actuales contra bacterias aeróbicas y Candida, y su eficacia es comparable a la de CHX contra anaerobios. Su capacidad para disolver biopelículas fue significativamente mayor que la de CHX y Listerine® tras 5 minutos de tratamiento. En conclusión, el ClO₂ hiperpuro demuestra una potente eficacia desinfectante y un fuerte efecto de disolución de biopelículas (48).

4. HIPOTESIS

Dado que el Dióxido de cloro es un potencial agente químico bactericida según los antecedentes, es muy probable que el dióxido de cloro tenga igual eficacia que el hipoclorito de sodio en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.





CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TECNICAS, INSTRUMENTOS, MATERIALES DE VERIFICACION

1.1. Técnicas

1.1.1. Especificación

La técnica utilizada fue observacional – experimental

- a. La presente investigación requirió de una técnica de verificación que es la OBSERVACION LABORATORIAL en su modalidad microbiológica, para recoger información de la variable respuesta: *Enterococcus faecalis*. Se sembró en Agar mitis Salivarius (AMS) por estría a 37°C en condiciones de anaerobiosis por 24 horas. Una vez sembradas las cepas de *Enterococcus faecalis* se procedió a colocar el Dióxido de cloro a respectivas concentraciones (0.5%, 1.5%, 3%, 5%) e Hipoclorito de Sodio (Solución Clorada) al 5.25% con un gotero, en ambas muestras para realizar una medición de los halos con una regla milimétrica a las 24 horas y determinar la eficacia que ejerce el dióxido de cloro en comparación al hipoclorito en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* (6).

1.1.2. Esquemmatización de la técnica

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Estímulo I: Dióxido de cloro	Químico a experimentar	Concentración al 0.5%, 1.5%, 3.0%, 5.0%	Observacional Experimental	Ficha de observación experimental
Estímulo II: Hipoclorito de Sodio	Químico utilizado	Concentración al 5.25%		
Respuesta: <i>Enterococcus faecalis</i>	Inhibición del crecimiento bacteriano	Diámetro de halo inhibitorio en milímetros	Observación directa de cultivos	Ficha de observación experimental

1.1.3. Esquematización del Procedimiento

Variables investigativas	Procedimiento	Técnica
	Adquisición de sustancias	
- Dióxido de cloro	- Dióxido de cloro al 0.5% 1.5% 3% y 5%	Observación microbiológica
- Hipoclorito de Sodio	- Hipoclorito de Sodio al 5.25%	
- Cepa de <i>Enterococcus faecalis</i>	-Adquisición de la Cepa de <i>Enterococcus faecalis</i>	

1.1.4. Descripción del procedimiento

1.1.4.1. Adquisición de la Sustancias

Se obtuvo el dióxido de cloro al 0.5% 1.5% 3% y 5% y el Hipoclorito de sodio al 5.25% por solicitud del investigador a Laboratorios Portugal S.R.L. en la ciudad de Arequipa.

1.1.4.2. Adquisición de la cepa de *Enterococcus faecalis*

La Cepa fue adquirida y conseguida en la Universidad San Martín de Porres de la ciudad de Lima, respetando los protocolos en conservación y traslado, para fines investigativos a solicitud del investigador en la ciudad de Arequipa.

1.1.5. Materiales y métodos

De un tubo herméticamente sellado con *Enterococcus faecalis* certificado; se reconstituyo en una suspensión de tioglicolato de 1 en 10 y incubo en estufa a 37°C por 24 a 48 hrs

Posterior a ello, se tomaron con la micropipeta 50 µl del medio conteniendo el inóculo colocando sobre la superficie del medio selectivo Agar *Enterococcus*, (KF) extendiendo el inóculo por toda la superficie del medio con asa de Henle previamente esterilizada.

Luego del sembrado de bacterias (plaqueo) se incubaron los medios en estufa a 37°C por 24 hasta 48 hrs en condiciones de microaerofilia. (Anaerobia) (6).

1.1.6. Observación macroscópica

Esta se hizo al visualizar las colonias que crecieron sobre la superficie del medio de cultivo Agar *Enterococcus*, (kF) y se tomaron en consideración los aspectos relacionados con la forma, tamaño, color, consistencia y aspecto de sus bordes, empleando para ello el microscopio (6).

1.1.7. Observación microscópica

A partir de las colonias que crecieron sobre la superficie del medio Agar *Enterococcus*, (kf) se tomó una pequeña porción de inóculo con un asa de Henle previamente esterilizada, se colocó en la lámina portaobjeto y se procedió a realizar la coloración de Gram, a fin de visualizar con el lente de inmersión (100x) del microscopio (6).

1.1.8. Caracterización de las colonias

Las colonias presentes sobre la superficie del medio Agar *Enterococcus* (KF) en los casos que resultaron positivos, se caracterizaron por ser de color crema claro, redondas, con un tamaño que oscilaba entre 1 y 2 mm de diámetro, ligeramente elevadas, de aspecto cremoso y con bordes continuo (6).

1.1.9. Identificación de morfotipos bacterianos

Al realizar las observaciones microscópicas luego de realizar la coloración de Gram, se visualizaron cocos en pares y en cadenas Gram positivos (color morado), para dar conformidad de pertenecer al Género *Enterococcus*. Los morfotipos bacterianos fueron observados a partir de las colonias que crecieron en el medio Agar *Enterococcus* (KF) (6).

1.1.10. Pruebas de sensibilidad

El antibiograma tiene como objetivo evaluar en el laboratorio la respuesta de un microorganismo a uno o a varios antimicrobianos, y traducir, en una primera aproximación, su resultado como factor predictivo de la eficacia clínica.

La International Organization for Standardization redefinió estas categorías con el objetivo de evitar la confusión existente hasta el momento, en particular con la categoría intermedia. Éstas han quedado definidas en función de la probabilidad del éxito o del fracaso terapéutico:

- Sensible: cuando un aislado bacteriano es inhibido in vitro por una concentración de un antimicrobiano que se asocia a una alta probabilidad con el éxito terapéutico.
- Intermedio: cuando un aislado bacteriano es inhibido in vitro por una concentración de un antimicrobiano que se asocia a un efecto terapéutico incierto.
- Resistente: cuando un aislado bacteriano es inhibido in vitro por una concentración de un antimicrobiano que se asocia a una alta probabilidad con el fracaso terapéutico (6).

Basadas en la difusión o en el cálculo de la concentración mínima inhibitoria (47).

Tabla 1

Límites aceptables (mg/mL) de las concentraciones mínimas inhibitorias - Límites de control de calidad en pruebas de CIM

ANTIMICROBIANO	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 49619
Cefotaxima	1 - 4	-	0,03 - 0,12
Ceftriaxona	1 - 8	-	0,03 - 0,12
Meropenem	0,03 - 0,12	2 - 8	0,06 - 0,25
Penicilina	0,25 - 2	1 - 4	0,25 - 1
Teicoplanina	0,25 - 1	0,06 - 0,25	-
Vancomicina	0,5 - 2	1 - 4	0,12 - 0,5
Gentamicina	0,12 - 1	4 - 16	-

Nota: Guijarro, (6).

1.1.11. Método directo de inoculación a partir de colonias aisladas Identificados los morfotipos de *Enterococcus faecalis*

Se Inocula en la superficie seca de la placa de Mueller Hinton, estriando con el hisopo en tres direcciones para asegurar una distribución uniforme del inóculo. Antes de colocar los discos se deja secar las placas a temperatura ambiente durante 3 a 5 minutos para que cualquier exceso de humedad superficial sea absorbido (6).

1.1.11.1. Aplicación de los discos

Método de colocación de discos:

Se colocaron los multidiscos previamente impregnados con dióxido de cloro en las concentraciones de 0.5%, 1.5%, 3% y 5%, así como hipoclorito de sodio al 5.25%, sobre la superficie del agar. Utilizando la punta de una aguja estéril, se presionaron suavemente los discos sobre el agar para asegurar un contacto completo entre los discos y la superficie del medio de cultivo.

Distribución de los discos:

Los discos fueron distribuidos uniformemente sobre la superficie del agar, asegurando que estuvieran a una distancia mínima de 25 mm entre sí. Según las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el diámetro de los discos utilizados debe ser de 6 mm

Consideraciones sobre la colocación de discos:

No se deben colocar más de 12 discos en una placa de 150 mm de diámetro ni más de 6 discos en una placa de 100 mm de diámetro para evitar la superposición de las zonas de inhibición. Además, un disco no debe ser removido una vez que haya entrado en contacto con la superficie del agar, ya que algunos agentes antimicrobianos, como los utilizados en los discos, se difunden rápidamente, lo que podría afectar los resultados (49).

1.1.12. Incubación

Las placas se incubaron en posición invertida a 35°C dentro de los 15 segundos posteriores a la aplicación de los discos, para garantizar condiciones óptimas de crecimiento y asegurar la correcta difusión de los agentes **antimicrobianos (6)**.

1.1.13. Lectura de las placas e interpretación de los resultados

Se consideraron un total de 16 lecturas por cada concentración, distribuidas de la siguiente manera: para cada concentración se usaron 4 placas inoculadas con *Enterococcus faecalis*. En cada una de estas placas se colocaron 5 discos impregnados con las soluciones a distintas concentraciones, distribuidos de acuerdo con el diseño experimental. Se realizó un seguimiento de los resultados a las 24 horas. Posteriormente, se midieron los diámetros de los halos de inhibición (incluyendo el diámetro del disco) utilizando una regla milimétrica. Las lecturas se realizaron con la placa en posición vertical y con la parte posterior iluminada. El punto final de medición se determinó en el área donde no se observaba crecimiento bacteriano visible, lo que se identificó mediante observación visual directa (49).

1.2. Instrumentos

1.2.1. Instrumento documental

1.2.1.1. Especificación

La recolección de datos se realizó mediante el método de observación directa con un instrumento documental, que fué llenado por el investigador. para obtener los diámetros en milímetros de los halos de inhibición con el Dióxido de cloro a distintas concentraciones (0.5%, 1.5%, 3% y 5%) y el hipoclorito de sodio al 5.25%, a las 24 horas en respuesta al crecimiento inhibitorio de *Enterococcus faecalis* (6).



Tabla 2
Especificación

	24 horas				
	DIOXIDO DE CLORO				HIPOCLORITO DE SODIO
CONCENTRACION DE SUSTANCIAS:	0.5 %	1.5%	3%	5%	5.25%
DIAMETRO DEL HALO DE INHIBICION PROMEDIO (mm)	10.00	12.25	14.94	19.38	13.25

1.2.1.2. Estructura

1.2.1.2.1. Cuadro de Variables y Técnicas

Tabla 3
Cuadro de variables y técnicas

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSION	ESCALA	VALOR
Respuesta: <i>Enterococcus faecalis</i>	Halo inhibitorio	Crecimiento antibacteriano	Razón	mm
Estimulo I: Dióxido de cloro al 0.5%, 1.5%, 3% y 5%				
Estimulo II: Hipoclorito de sodio al 5.25%				

1.3. Materiales de verificación

1.3.1. Medios y reactivos.

- Cepa de *Enterococcus faecalis* certificada
- Dióxido de cloro al 0.5%, 1.5%, 3% y 5%
- Hipoclorito de Sodio al 5.25%
- Caldo BHI
- Agar Kf
- Agar Mueller Hinton
- Agar mitis (6).

1.3.2. Equipos de laboratorio.

- Balanza eléctrica
- Cocina eléctrica
- Autoclave
- Incubadora
- Estufa
- Refrigeradora
- Mechero de Bunsen (6).

1.3.3. Instrumentos de laboratorio.

- Pipetas
- Gradillas
- Tubos de ensayo
- Placas Petri
- Varilla de vidrio
- Asa de Digralsky
- Asa de Hanle
- Frascos de vidrio
- Matraz
- Pipeta Eppendorf
- Tubos Eppendorf
- Soporte Eppendorf
- Disco de papel filtro (6).

1.3.4. Materiales de escritorio.

- Cámara fotográfica
- Tijera
- Marcadores indelebles
- Regla milimetrada
- Cinta masking tape
- Papel craft
- Lápiz
- Material documental
- Ficha laboratorial (6).

2. CAMPO DE VERIFICACION

2.1. Ubicación espacial

2.1.1. Ámbito general

Ciudad de Arequipa

2.1.2. Ámbito Específico

Laboratorios de Salud Edificadores Misti, distrito de Miraflores, Arequipa-Perú.

2.2. Ubicación temporal

La investigación se llevó a cabo en el 2022, entre los meses de marzo a septiembre donde tuvo un carácter prospectivo ya que se recogían datos a medida que se realizaba la investigación, también es de corte longitudinal por las varias etapas de observación y control (49).

2.3. Unidades de Estudio

Existieron 5 grupos de estudio el primero el Hipoclorito de sodio al 5.25% el segundo tercero, cuarto y quinto será el dióxido de sodio en distintas concentraciones (0.5%, 1.5%, 3% y 5%.) aplicados en las placas Petri previamente sembradas con *Enterococcus faecalis* (49).

2.3.1. Criterios de inclusión

Cepa de *Enterococcus faecalis* estandarizada (6).

2.3.2. Criterios de exclusión

Cepa contaminada de *Enterococcus faecalis* estandarizada (6).

2.3.3. Tamaño de grupos

Se determinó, el tamaño mínimo muestral mediante antecedentes investigativos (6).

3. ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN

3.1. Organización

Antes de hacer el estudio de comparación:

- Presentar la solicitud para empezar el proyecto.
- Conseguir cepa estandarizada de *Enterococcus faecalis*.
- Conseguir dióxido de cloro al 0.5%, 1.5%, 3%, y 5%
- Conseguir Hipoclorito de sodio al 5.25%
- Realizar la compra de los materiales necesarios.
- Hacer la preparación de las unidades de estudios
- Realizar prueba piloto
- Al observarse un resultado positivo en la prueba piloto, se realizaron los ensayos definitivos para el estudio (6).

3.2. Recursos

3.2.1. Recursos humanos

Investigador: Juan Carlos Núñez Vásquez

Asesor interno: Dr. Carlos Alberto Quiroz Huerta

Asesor externo: Dr. Rufo Figueroa Banda

Bióloga: Lic. Sonia Mamani Chura

3.2.2. Recursos físicos

Laboratorio privado.

3.2.3. Recursos Económicos

Financiado por el investigador.

4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS

4.1. Plan de procesamiento de los datos

4.1.1. Tipo de procesamiento

El procesamiento se realizó de forma manual y computarizada a través del programa Excel versión 2018 y el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de “Análisis de varianza” ANOVA (50).

4.1.2. Plan de operaciones

- a. Plan de clasificación: La información obtenida fue ordenada en una matriz de registro y control.
- b. Plan de codificación: Se utilizó de acuerdo con indicadores y variables.
- c. Plan de recuento: Fue computarizado, por medio de software (Excel y SPSS), usando matrices de conteo.
- d. Plan de tabulación: Se utilizaron tablas numéricas de entrada doble, en ambos grupos de análisis.
- e. Plan de graficación: Los resultados son gráficos (campana de gauss) (50).

4.2. Plan de análisis de datos

4.2.1. Tipo de análisis estadístico.

Análisis cuantitativo, análisis de varianza (ANOVA) (50).

4.2.2. Tratamiento estadístico

Tabla 4
Tratamiento estadístico

VARIABLE	TIPO ESTADÍSTICA	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	ESTADÍSTICA INFERENCIAL
Actividad bactericida	Cuantitativa continua	- Estadística descriptiva - Tendencia central y de dispersión	- Análisis de varianza (ANOVA) - T de Student

Nota: Hernández, et al, (50).



CAPÍTULO III

RESULTADOS

1. Tablas y gráficas

El ordenamiento se realizará en Tablas de distribución de frecuencias con las gráficas correspondientes (50).

Tabla 1

Eficacia del dióxido de cloro al 0,5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

DIÓXIDO DE CLORO – 0,5%	Halo de Inhibición (mm)
Media Aritmética	10,00
Mediana	10,00
Desviación Estándar	1,09
Valor Mínimo	8
Valor Máximo	12
Total	16

En la tabla N° 01, observamos la eficacia del Dióxido de Cloro al 0.5 % en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, como se observa, la media del halo de inhibición obtenido fue de 10mm, asimismo el valor mínimo del halo encontrado fue de 8 mm y el valor máximo al que llego fue de 12mm.

Gráfico 1

Eficacia del dióxido de cloro al 0,5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

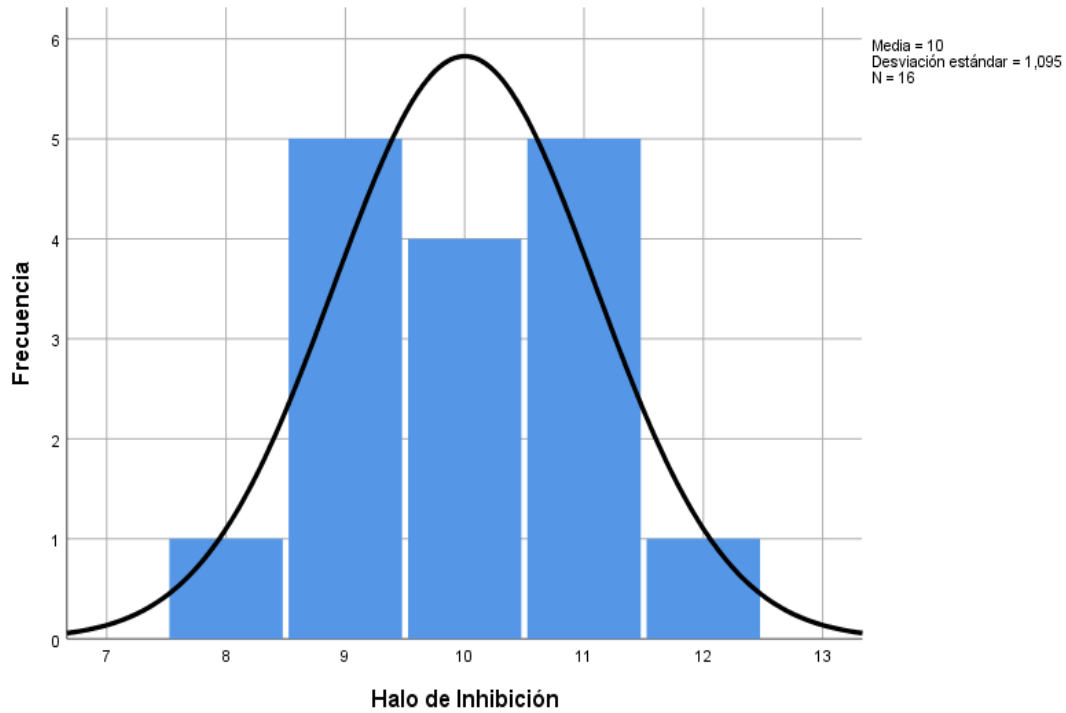


Tabla 2

Eficacia del dióxido de cloro al 1,5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

DIÓXIDO DE CLORO – 1,5%	Halo de Inhibición (mm)
Media Aritmética	12,25
Mediana	12,00
Desviación Estándar	0,85
Valor Mínimo	11
Valor Máximo	14
Total	16

En la tabla N°02 observamos la eficacia del Dióxido de Cloro al 1.5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, como se observa, la media del halo de inhibición obtenido fue de 12.25 mm, asimismo el valor mínimo del halo encontrado fue de 11 mm y el valor máximo al que llego fue de 14 mm.

Gráfico 2

Eficacia del dióxido de cloro al 1,5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

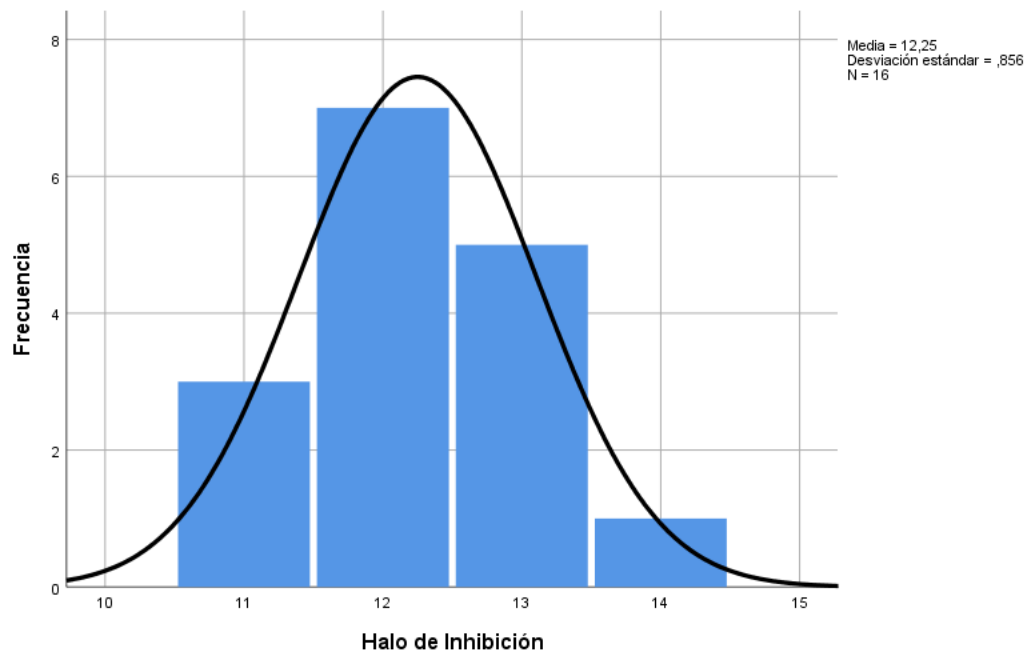


Tabla 3

Eficacia del dióxido de cloro al 3% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

DIÓXIDO DE CLORO – 3%	Halo de Inhibición (mm)
Media Aritmética	14,94
Mediana	15,00
Desviación Estándar	0,77
Valor Mínimo	14
Valor Máximo	16
Total	16

En la tabla N°03 observamos la eficacia del Dióxido de Cloro al 3% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, como se observa, la media del halo de inhibición obtenido fue de 14,94mm, asimismo el valor mínimo del halo encontrado fue de 14 mm y el valor máximo al que llegó fue de 16 mm.

Gráfico 3

Eficacia del dióxido de cloro al 3% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

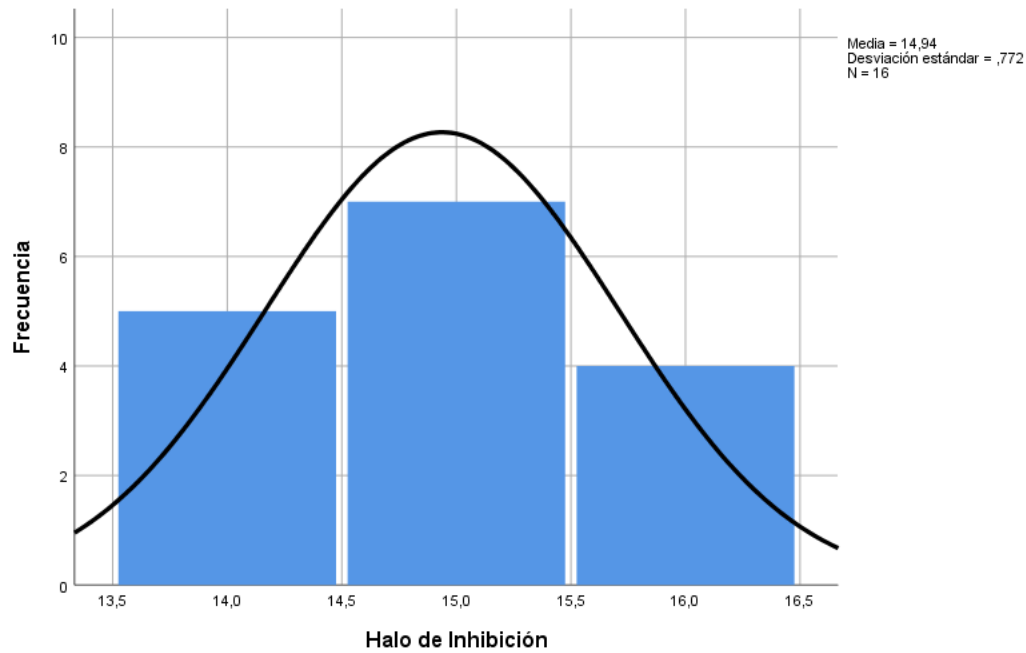


Tabla 4

Eficacia del dióxido de cloro al 5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

DIÓXIDO DE CLORO – 5%	Halo de Inhibición (mm)
Media Aritmetica	19,38
Mediana	19,50
Desviación Estándar	2,09
Valor Mínimo	16
Valor Máximo	23
Total	16

En la tabla N°4 observamos la eficacia del Dióxido de Cloro al 5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, como se observa, la media del halo de inhibición obtenido fue de 19.38mm, asimismo el valor mínimo del halo encontrado fue de 16 mm y el valor máximo al que llegó fue de 23mm.

Gráfico 4

Eficacia del dióxido de cloro al 5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

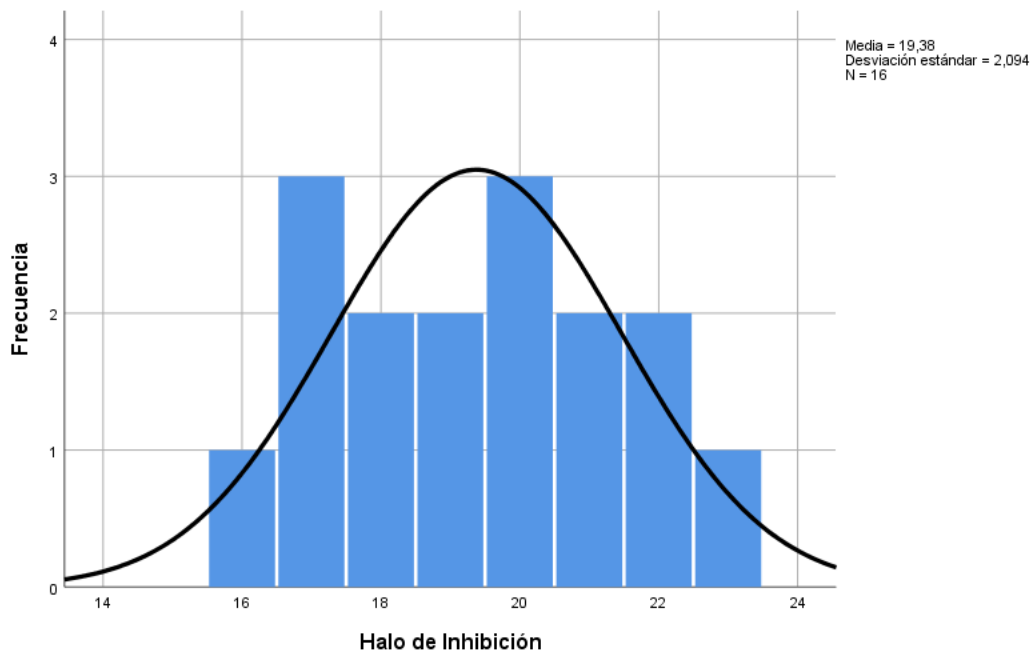


Tabla 5

Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

HIPOCLORITO DE SODIO – 5,25%	Halo de inhibición (mm)
Media Aritmética	13,25
Mediana	13,50
Desviación Estándar	1,61
Valor Minino	10
Valor Máximo	15
Total	16

En la tabla N°05 observamos la eficacia del Hipoclorito de Sodio al 5.25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*, como se observa, la media del halo de inhibición obtenido fue de 13.5mm, asimismo el valor mínimo del halo encontrado fue de 10 mm y el valor máximo al que llegó fue de 15mm.

Gráfico 5

**Eficacia del hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de
Enterococcus faecalis in vitro, UCSM Arequipa 2022**

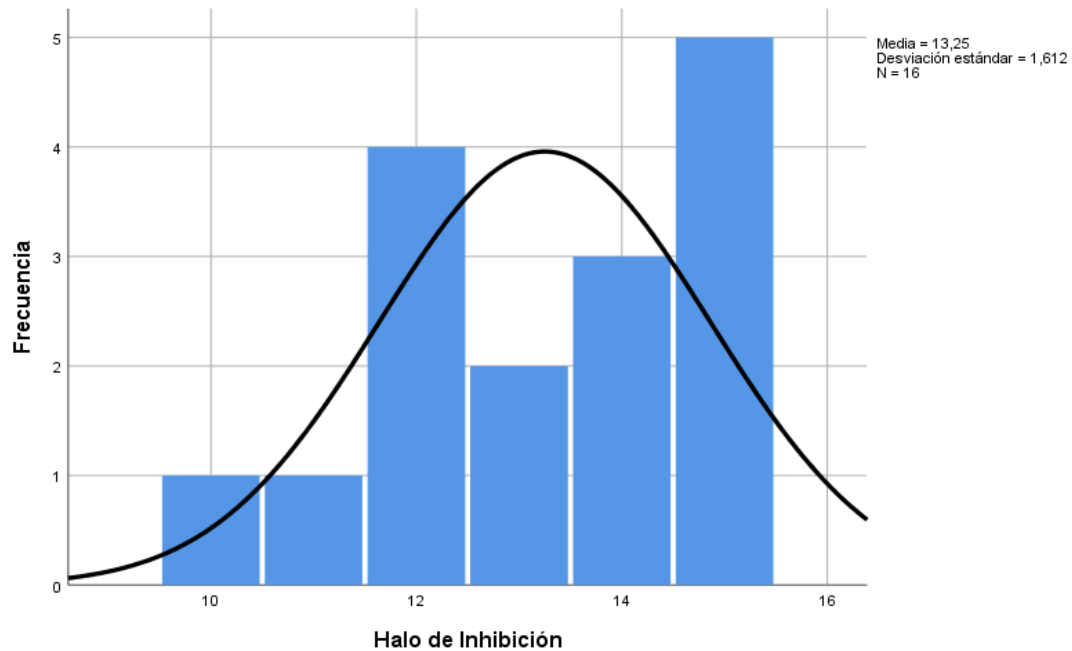


Tabla 6

Comparación de la eficacia de las diferentes concentraciones del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

Halo de Inhibición	Dióxido de Cloro			
	0,5%	1,5%	3%	5%
	(a)	(b)	(c)	(d)
Media Aritmética	10,00	12,25	14,94	19,38
Desviación Estándar	1,09	0,85	0,77	2,09
Valor Mínimo	8	11	14	16
Valor Máximo	12	14	16	23
Total	16	16	16	16

$P = 0,000$ ($P < 0,05$) S.S.

$a < b < c < d$ (tukey)

- En la tabla N°06 observamos que, a una concentración del 0,5% de Dióxido de cloro, el halo inhibitorio nos dio una media de 10.00 mm, a 1,5% fue de 12,25mm al 3% fue de 14.94mm y de 5% fue de 19,38mm.
- Con la prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) hemos encontrado que, como el valor es menor a 0,05 que las concentraciones de dióxido de cloro tiene diferente eficacia es decir que, hay diferencia entre las 4 concentraciones, unas son mejores que otras. Según el valor tukey la diferencia es entre todas las concentraciones, hemos demostrado que, la mejor concentración es al 5% luego le sigue de 3% luego 1,5% y la menos eficaz es la de 0,5%

- La prueba estadística que utilizamos es de análisis de varianza (anova), la cual se utiliza cuando se compara más de dos medias aritméticas. si el valor de anova (p) es menor a 0,05, entonces asumimos que las concentraciones de dióxido tienen diferente eficacia, es decir, unas son mejores que otras.
- Si el valor de " p " hubiese sido mayor o igual a 0,05, diríamos que las cuatro concentraciones son igual de efectivas.
- ANOVA no establece cuál concentración es mejor, para esto tenemos que aplicar un posttest(complementaria), en este caso, TUKEY. esta prueba compara cada grupo de estudio.



Gráfico 6

Comparación de la eficacia de las diferentes concentraciones del dióxido de cloro en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

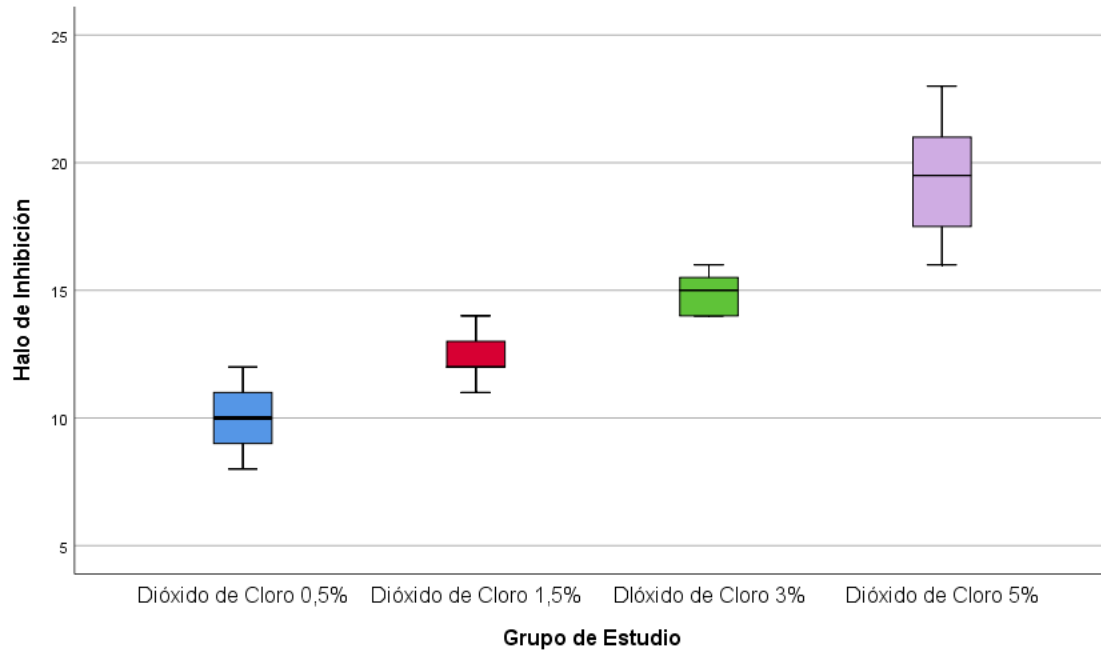


Tabla 7

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 0,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

Halo de Inhibición	Grupo de Estudio	
	Dióxido de Cloro	Hipoclorito de Sodio
	0,5%	5,25%
Media Aritmética	10,00	13,25
Desviación Estándar	1,09	1,61
Valor Mínimo	8	10
Valor Máximo	12	15
Total	16	16

$P = 0,000$ ($P < 0,05$) S.S.

En la tabla N°07 observamos que, el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 0.5% fue de 10.00mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25% su halo de inhibición promedio fue de 13.25mm,

Según la prueba estadística el valor de p es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el hipoclorito de sodio al 5,25% es mejor que el dióxido de cloro al 0.5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.

Gráfico 7

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 0,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM

Arequipa 2022

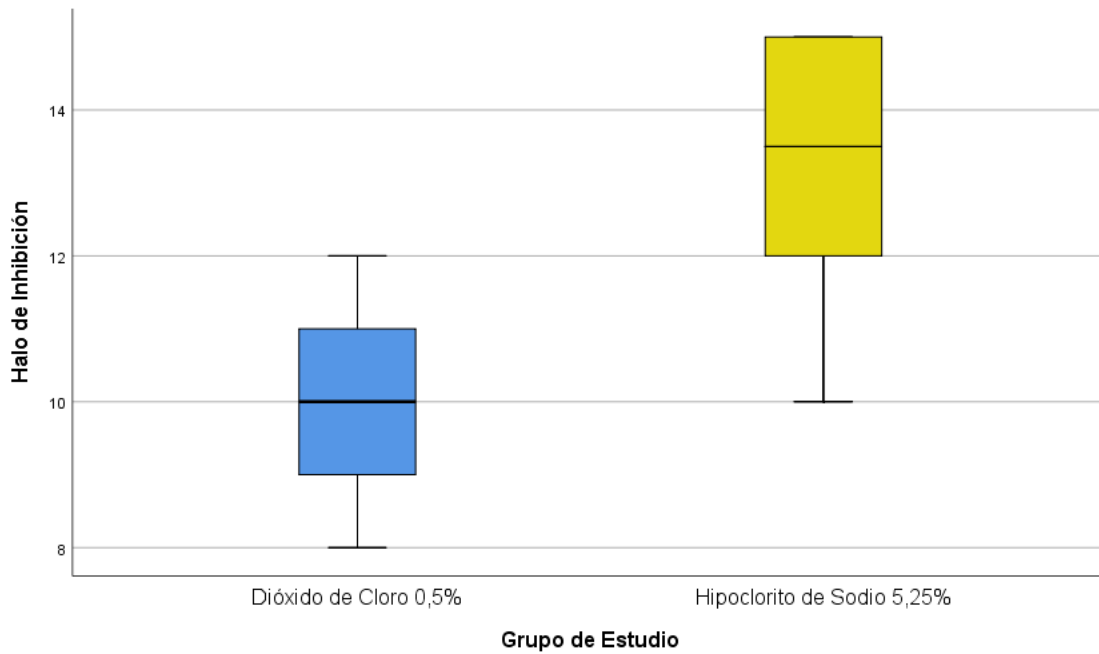


Tabla 8

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 1,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

Halo de Inhibición	Grupo de Estudio	
	Dióxido de Cloro	Hipoclorito de Sodio
	1,5%	5,25%
Media Aritmética	12,25	13,25
Desviación Estándar	0,85	1,61
Valor Mínimo	11	10
Valor Máximo	14	15
Total	16	16

$P = 0,036$ ($P < 0,05$) S.S.

En la tabla N°08 observamos que, el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 1.5% fue de 12.25mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25% su halo de inhibición promedio fue de 13.25mm,

Según la prueba estadística el valor de P es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el hipoclorito de sodio al 5,25% es mejor que el dióxido de cloro al 1.5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.

Gráfico 8

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 1,5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

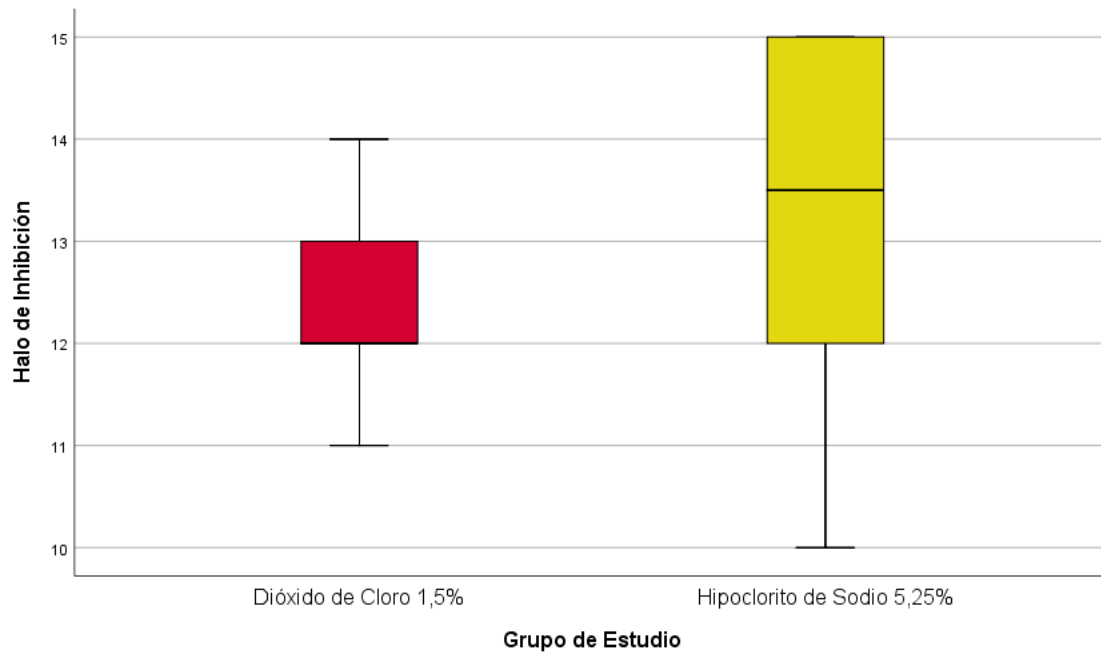


Tabla 9

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 3% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

Halo de Inhibición	Grupo de Estudio	
	Dióxido de Cloro 3%	Hipoclorito de Sodio 5,25%
Media Aritmética	14,94	13,25
Desviación Estándar	0,77	1,61
Valor Mínimo	14	10
Valor Máximo	16	15
Total	16	16

$P = 0,001$ ($P < 0,05$) S.S.

En la tabla N°09 observamos que, el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 3% fue de 14,94mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25% su halo de inhibición promedio fue de 13.25mm,

Según la prueba estadística el valor de P es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el dióxido de cloro al 3% es mejor que el hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.

Gráfico 9

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 3 % e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

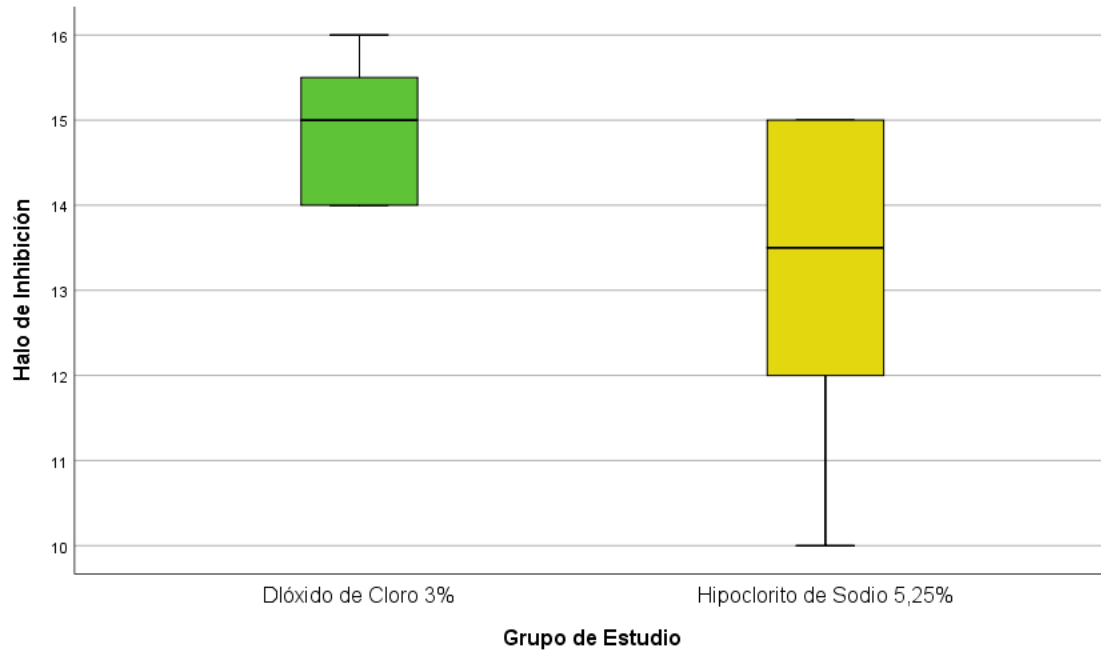


Tabla 10

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022

Halo de Inhibición	Grupo de Estudio	
	Dióxido de Cloro	Hipoclorito de Sodio
	5%	5,25%
Media Aritmética	19,38	13,25
Desviación Estándar	2,09	1,61
Valor Mínimo	16	10
Valor Máximo	23	15
Total	16	16

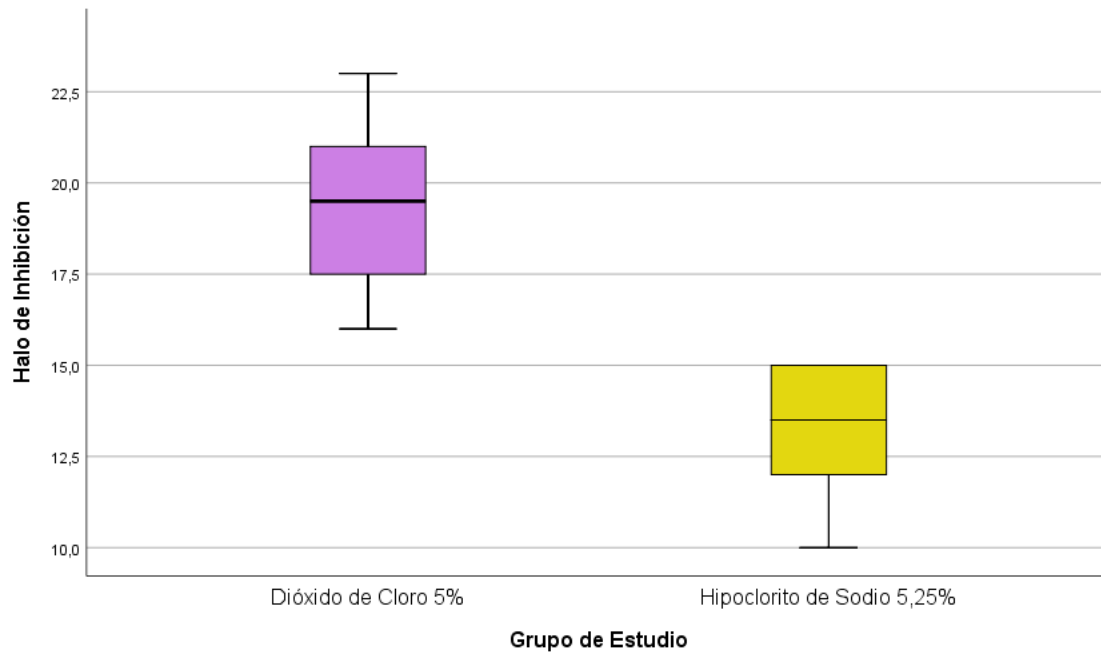
$P = 0,000$ ($P < 0,05$) S.S.

En la tabla N°10 observamos que, el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 5% fue de 19,38mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25% su halo de inhibición promedio fue de 13.25mm,

Según la prueba estadística el valor de P es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el dióxido de cloro al 5% es mejor que el hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.

Gráfico 10

Comparación de la eficacia entre dióxido de cloro al 5% e hipoclorito de sodio al 5,25% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* in vitro, UCSM Arequipa 2022



DISCUSIÓN

- De acuerdo con los resultados obtenidos, se demostró que el Dióxido de cloro a distintas concentraciones (0.5%, 1.5%, 3% y 5%) actuaron eficazmente en la inhibición del crecimiento del *Enterococcus faecalis* al igual que el hipoclorito de sodio al 5% (solución clorada)
- Consideramos el 1.5% de dióxido de cloro como la concentración mínima efectiva ideal para inhibir el crecimiento del *Enterococcus faecalis*, con esta mínima concentración logramos inhibir la bacteria a las 24 horas.
- En estudios de acuerdo con antecedentes que realizaron los autores: Anna Herczegh, Agoston Ghidan, Dora Frieddreich, Milan Gyurkovics, Zsolt Bendo y Zsolt Lohinai. “Efectividad de una solución de dióxido de cloro de alta pureza en la eliminación del biofilm intracanal de *Enterococcus faecalis* en comparación con hipoclorito de sodio y clorhexidina”, se hizo la prueba en dientes humanos preparados e inoculados con *Enterococcus faecalis*, después de la preparación, los canales se irrigaron con dióxido de cloro, hipoclorito de sodio, clorhexidina como grupo control, dos y cinco días después se recogieron muestras bacterianas y se sembraron en agar columbia. Se contaron en Unidades formadores de colonias (UFC/ml). Las paredes del canal se investigaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Hubo una reinfección masiva 2 o 5 días después del riego en el grupo control. La reinfección más baja se encontró después del tratamiento con dióxido de cloro. Estos hallazgos fueron confirmados por imágenes SEM. Observamos un efecto antibacteriano de las fases gaseosas de dióxido de cloro y hipoclorito de sodio sobre el crecimiento de *Enterococcus faecalis*, pero no de clorhexidina (45).

Los autores afirman la eliminación de biopelícula intracanal, manteniendo el canal casi libre de bacterias, los autores también sugieren el uso de dióxido de cloro de alta pureza como irrigante del conducto radicular en la práctica clínica.

Comparando con mi trabajo de investigación la eficacia que ejerce el dióxido de cloro ante la bacteria *Enterococcus faecalis*.

- En otro estudio los autores Sandeep Singh, Ramen Sinha, SK Kar, Ater ámbar, sn Limaye “Efecto del dióxido de cloro y el hipoclorito de sodio en la disolución del tejido pulpar

humano- un estudio in vitro” En este estudio se utilizó hipoclorito de sodio al 2%, dióxido de cloro al 5% y solución salina isotónica (control). Treinta especímenes de tejido pulpar humano se expusieron a tres soluciones de prueba ($n = 10$) durante 30 minutos, después de lo cual se comparó la pérdida de peso con respecto al peso original utilizando una balanza analítica digital. Como resultado obtuvieron que el hipoclorito de sodio fue más eficiente para disolver el tejido pulpar humano en comparación con el dióxido de cloro. La solución salina isotónica no logró disolver ninguna de las muestras. Los autores concluyeron que el dióxido de cloro al 5% es capaz de disolver el tejido pulpar humano pero el hipoclorito de sodio fue más efectivo demostrando o corroborando con el presente trabajo de investigación la eficacia del dióxido de cloro aplicado a la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* (47).

- Tenemos otro estudio de la Dra. Estrella Marcela López Álvarez - Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú, 2021 “Eficacia del dióxido de cloro como irrigante endodóntico para la disolución pulpar” Determino la eficacia del dióxido de cloro al 5% como irrigante endodóntico para la disolución pulpar, obteniendo 35 muestras de pulpa dental humana, pesando previamente y se sumergieron en tres soluciones dióxido de cloro 5% , hipoclorito de sodio al 5.25% 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. Obteniendo como resultado que hipoclorito de sodio al 5.25% y el dióxido de cloro al 5% disolvieron las muestras de pulpa dental con más eficacia que el suero fisiológico ($p > 0.001$). y no encontró diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de disolución de tejido de hipoclorito de sodio al 5.25% y dióxido de cloro al 5% ($p=0.893$). concluyendo que el dióxido de cloro al 5 % es eficaz para disolver la pulpa dental humana. Este trabajo de investigación contrasta el efecto semejante del dióxido de cloro e hipoclorito de sodio. Dándonos una prueba mas de la eficacia de este compuesto aplicado en nuestra rama odontológica (35).
- En otros antecedentes revisados de los autores Anna herczegh, Milán Gyurkovics, Hayk Agababian , Agoston Ghidán , Zsolt Lohinai. que trata de “comparación de la eficacia del dióxido de cloro hiperpuro con otros antisépticos orales en microorganismos patógenos orales y biopelículas in vitro” se demostró y concluyó que el dióxido de cloro hiperpuro tiene una potente eficacia desinfectante sobre los microorganismos patógenos orales y un

poderoso efecto de disolución de biopelículas en comparación con los antisépticos actuales, por lo que el dióxido de cloro de alta pureza puede ser un nuevo adyuvante preventivo y terapéutico prometedor en el cuidado bucal en el hogar y en cirugía dental u práctica oral. Demostrando una vez más, la acción bactericida que posee, corroborando con nuestro trabajo de investigación la eficacia en la eliminación del crecimiento de *Enterococcus faecalis* (48).



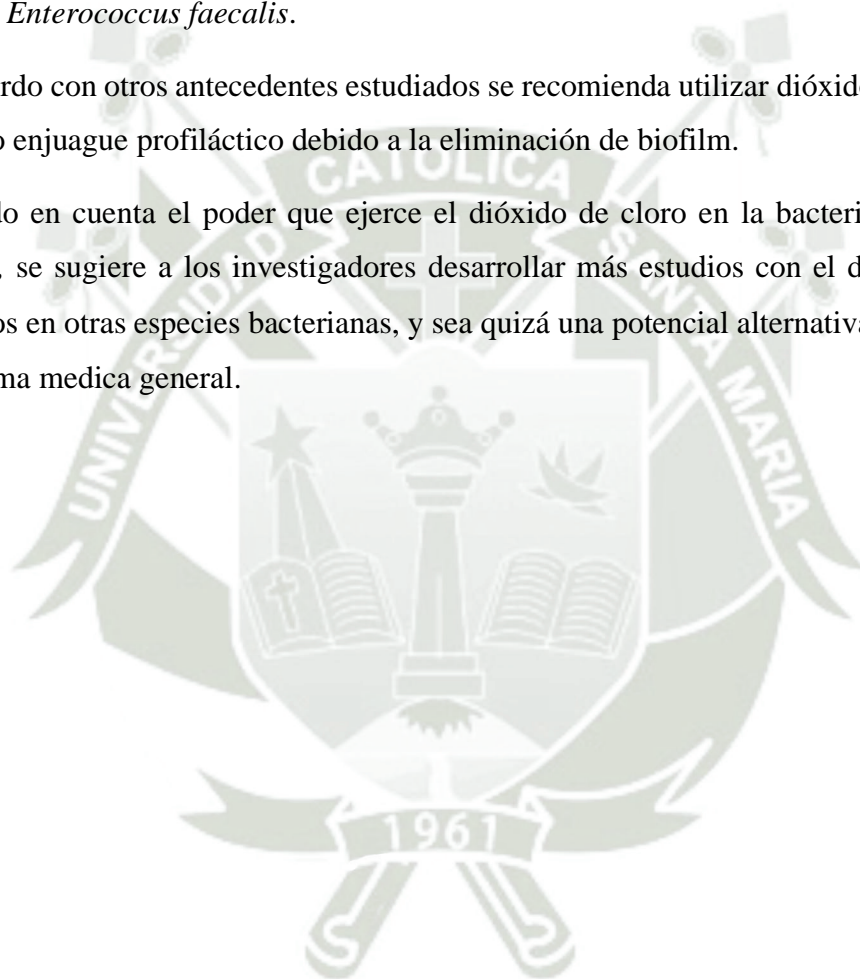
CONCLUSIONES

1. La eficacia obtenida con el dióxido de cloro en la inhibición del *Enterococcus faecalis* fue:
 - Con una concentración del 0,5%, obtuvo una media de 10.00mm.
 - Con una concentración del 1,5%, obtuvo una media de 12,25mm.
 - Con una concentración del 3%, obtuvo una media de 14.94mm.
 - Y con una concentración del 5%, obtuvo una media de 19,38mm.
2. A una concentración 5.25% de Hipoclorito de sodio, el halo inhibitorio obtuvo una media de 13.25mm.
3. En la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis* se obtuvo la concentración mínima efectiva, la cual fue, de 1.5%. (De acuerdo con antecedentes y al especialista (bióloga) la concentración mínima inhibitoria indicada para este caso es de 1.5%).
4. Se pudo concluir que el halo de inhibición promedio del Dióxido de cloro al 1.5% fue de 12.25mm, mientras que la del hipoclorito de Sodio al 5.25%, obtuvo un halo de inhibición promedio de 13.25mm, sin embargo, en la práctica clínica no existe diferencia significativa ya que los halos inhibitorios entre ambas sustancias son estadísticamente semejantes.

Según la prueba estadística el valor de P es menor a 0.05, asumimos que, hay diferencia entre la eficacia de ambos componentes, es decir, el hipoclorito de sodio al 5,25% es mejor que el dióxido de cloro al 1.5% en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*. Sin embargo, el dióxido de cloro al 1.5% no deja de ser eficaz en la inhibición del crecimiento del *Enterococcus faecalis*.

RECOMENDACIONES

- Con los antecedentes encontrados y el estudio realizado, se sugiere a los investigadores, dar importancia al dióxido de cloro debido a su poder bactericida y múltiples usos en odontología.
- De acuerdo con antecedentes estudiados se recomienda el uso de Dióxido de cloro como irrigante de conductos debido a su alta eficacia en la eliminación del crecimiento de la bacteria *Enterococcus faecalis*.
- De acuerdo con otros antecedentes estudiados se recomienda utilizar dióxido de cloro como agente o enjuague profiláctico debido a la eliminación de biofilm.
- Teniendo en cuenta el poder que ejerce el dióxido de cloro en la bacteria *Enterococcus faecalis*, se sugiere a los investigadores desarrollar más estudios con el dióxido de cloro aplicados en otras especies bacterianas, y sea quizá una potencial alternativa de tratamiento en la rama medica general.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stuart, Charles H and Schwartz, Scott A and Beeson, Thomas J and Owatz, Christopher B. *Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment.* Journal of endodontics. 2006; 32(2): 93--98.
2. Grossman, Gary D and Moyle, Peter B and Whitaker Jr, John O. *Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory.* The American Naturalist. 1982; 120(4): 423--454.
3. Mohammadi, Zahed and Shahriari, Shahriar. *Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin in vitro.* Journal of Oral Science. 2008; 50(1): 63--67.
4. Ostby, B Nygaard. *Chelation in root therapy; Ethylen-diamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals.* Odontologisk Tidskrift. 1957; 65: 3--11.
5. Leonardo, Mario Roberto. *Endodoncia: tratamiento de conductos radiculares: principios técnicos y biológicos.* Artes médicas. 2005.
6. Guijarro Gongora, Shirley Yessenia. *Inhibición del Enterococcus faecalis: Análisis in vitro del efecto antimicrobiano del hipoclorito de sodio a diferentes temperaturas, sólo y combinado con agitación UCE , editor.* Quito: Tesis de Licenciatura; 2017 Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10507/1/T-UCE-0015-647.pdf>.
7. Carolina Álvarez. *Microbiología en Endodoncia Chile: Universidad de Valparaíso; 2013* Disponible en: <http://www.postgradosodontologia.cl/endodoncia/images/EspecialidadEndodoncia/Seminarios/2013-2014/PptMicrobiologiaEnEndodoncia.pdf>.
8. Torabinejad, Walton. *Endodoncia, principios y práctica.* Elsevier. 2010.
9. Heredia Ta. *Aspectos Microbiológicos de la Periodontitis Apical Crónica Persistente* Venezuela; 2004 Disponible en: http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_41.htm.

10. Siqueira, Jose F. Jr. Treatment of Endodontic Infections. Quintessence. 2011;: 78-85.
11. Ricucci D, Siqueira Jf, Jr., Bate Al, Pitt Ford Tr. histologic investigation of root canal treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty four patients. J.Endod. 2009; 35(4) Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19345793>.
12. Deininger, R. A.; Ancheta, A.; Ziegler, A. Dióxido de cloro: University of Michigan; 1998 Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2020.v37n4/605-610/&hl=es&sa=T&oi=gsb-ggp&ct=res&cd=0&d=13758293066132563021&ei=gBkIY5K3KqrGsQLApL74Cg&sci sig=AAGBfm1Y-tvOEhFqnk8WwLJh5FfeLiwNw>.
13. Ceroni Galloso, Mario. riesgo en la manipulación y consumo del dióxido de cloro y clorito de sodio. Revista de la Sociedad Química del Perú. 2020; 86: 91-92.
14. Zoffoli, J. P., et al. Efectividad del dióxido de cloro, en función de la concentración, pH y tiempo de exposición, en el control de Botrytis cinerea, Penicillium expansum y Rhizopus stolonifer. Ciencia e Investigación Agraria. 2005; 32(3): 181-188.
15. Tapia-Ibáñez, E. Ximena; Torres-Maure, Moisés. Enfoque de tratamiento integral del paciente intoxicado por dióxido de cloro y derivados del cloro. Acta Médica Peruana. 2022; 38(4): 328-336.
16. Paucar Pachacama, Jaime Mauricio. Estudio de las características y uso potencial del dióxido de cloro en la industria y la salud Quito: Tesis de Licenciatura; 2021.
17. Pérez Ruiz, Bertha Isabel. Efecto desinfectante del dióxido de cloro en la carga microbiana de huacatay (Tagetes elliptica) y rocoto (Capsicum pubescens) para la elaboración de queso aromatizado; 2017 Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4377>.
18. Ramírez; Nuñez. El consumo de dióxido de cloro provoca efectos adversos a la salud. [Online].; 2020. Available from: https://unamglobal.unam.mx/global_revista/el-consumo-de-dioxido-de-cloro-provoca-efectos-adversos-a-la-salud/.
19. Organización de las Naciones Unidas. El dióxido de cloro es peligroso y no debe ser consumido como tratamiento contra el COVID-19, advierte la OPS. [Online].; 2020.

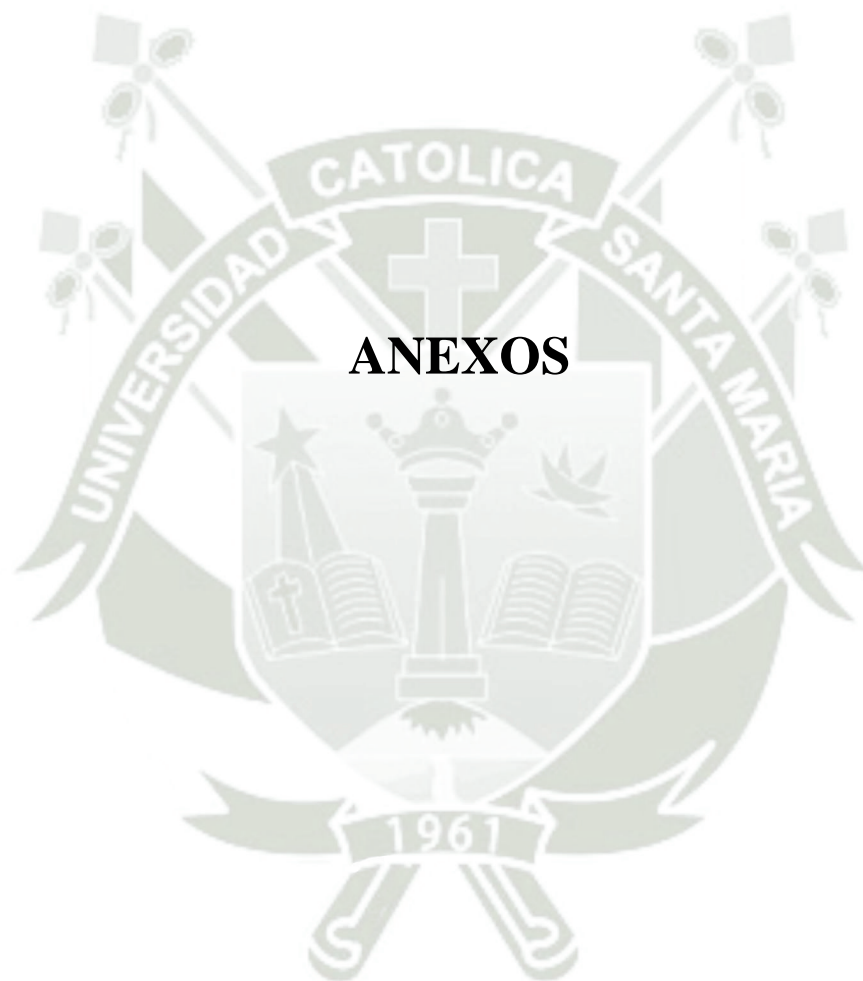
20. Brandariz-Núñez, David; Balado-Alonso, Ana María; La Cámara-Gómez, De; Fandiño-Orgueira, José Manuel; Martín-Herranz, María Isabel; others. Intoxicación por dióxido de cloro. *Farmacia Hospitalaria*. 2022; 46(5): 308--310.
21. Olgúin. Comprobado por la ciencia: el dióxido de cloro es tóxico. [Online].; 2020. Available from: https://unamglobal.unam.mx/global_revista/comprobado-por-la-ciencia-el-dioxido-de-cloro-es-toxico/.
22. Shinada, Kayoko, Et Al. Effects of a mouthwash with chlorine dioxide on oral malodor and salivary bacteria: a randomized placebo-controlled 7-day trial. *Trials*. 2010; 11(1): 1-11 Disponible en: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1745-6215-11-14>.
23. Bendek Rueda, Wendy. Estrategias de descontaminación microbiológica de frambuesas frescas; 2021 Disponible en: <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/9270>.
24. Amenedo, Jaime Corredoira. Desarrollo de un sistema de tratamiento de agua por célula electrolítica productora de cloro, ozono y dióxido de cloro: Tesis Doctoral Universidad De Alcalá; 1997.
25. Cárdenas-Bahena, Ángel, et al. Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales. *Revista odontológica mexicana*. 2012; 16(4): 252-258.
26. Salem, Víctor Lahoud; Calla, Luis H. Galvéz. Irrigación endodóntica con el uso de hipoclorito de sodio. *Odontología Sanmarquina*. 2006; 9(1): 30-32 Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/5338>.
27. Sainz, Kenia Selva, Et Al. Puesta al día en desinfección y esterilización en la clínica dental (y II). *Gaceta dental: Industria y profesiones*. 2012;(236): 206-218.
28. Fruttero, Andrea. Revisión actualizada de las soluciones irrigadoras endodóntica; 2020 Disponible en: <http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/1388>.
29. Sánchez Ruiz, Fabiola Haidee, et al. Comparación de la acción bactericida de hipoclorito de sodio y Microcyn 60. *Revista odontológica mexicana*. 2009; 13(1) Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rom/article/view/15613>.

30. Fischetti, Vincent A., et al. Gram-positive pathogens. ASM Press. American Society for Microbiology. 2000.
31. McBride, Shonna M., et al. Genetic diversity among *Enterococcus faecalis*. PloS one. 2007; 2(7) Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0000582>.
32. Castro JALd, García VP, Medina-Gens L, Rodriguez C. Meningitis por *Enterococcus faecium* resistente a vancomicina. Medicina Clinica. 2007; 129(3): 116-117 Disponible en: <https://elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-meningitis-por-enterococcus-faecium-resistente-13107369>.
33. Lopardo H, Hernandez C, Vidal P. Resistencia de *Streptococcus pyogenes* a los antibióticos: Experiencia de once años en un hospital pediátrico de Buenos Aires. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. 2004; 38(2): 151-157 Disponible en: http://scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0325-29572004000200002.
34. Kenneth, J. Ryan; Ray, C. George. Sherris medical microbiology. Vasa. 2004;: 727-730.
35. Lopez Álvarez EM. Eficacia del dióxido de cloro como irrigante endodóntico para la disolución pulpar. [Tesis para optar el título de Doctor en Cirugía Dental] ed. Universidad San Martín de Porres Lima Perú [Tesis para optar el título de Doctor en Cirugía Dental]: Lima Perú; 2021.
36. Herrera Saucedo A, Corona Guerra MA, Vara Padilla FJ, Gutiérrez Valdez DH, Alavez Rebollo SL. Comparación de la eficacia de los irrigantes OxOral® y NaOCl en la eliminación de *Enterococcus faecalis*. Revista Odontológica Mexicana. 2017; 21(4): 241-244.
37. Cobankara, Funda Kont; Ozkan, Hatice Buyukozzer; Terlemez, Arslan. Comparison of organic tissue dissolution capacities of sodium hypochlorite and chlorine dioxide. Journal of Endodontics. 2010; 36(2): 272-274.
38. Singh, Sandeep; Sinha, Ramen; Kar, SK; Ámbar, Ater; Limaye, SN. Effect of chlorine dioxide and sodium hypochlorite on the dissolution of human pulp tissue—An in vitro study. Medical Journal Armed Forces India. 2012; 68(4): 356-359.

39. Basaiwala, Alok Kumar; Shetty, Karthik; Nath, Kartik S. 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.
40. Kandwal, A.; Ghani, B. Evaluación comparativa de enjuague bucal de dióxido de cloro en gingivitis inducida por placa y mal olor bucal. *Revista Internacional de Ciencias Dentales y de la Salud*. 2014; 1(10).
41. Downs RD, al. e. Comparación de dióxido de cloro y clorhexidina como enjuague bucal; 2015.
42. Soares LG, Carvalho Weyne S. The effect of a mouthrinse containing chlorine dioxide in the clinical reduction of volatile sulfur compounds. *General Dentistry*. 2013; 61(4): 46-49.
43. Shinada, Kayoko; et al. Effects of a mouthwash with chlorine dioxide on oral malodor and salivary bacteria: a randomized placebo-controlled 7-day trial. *Trials*. 2010; 11(1): 1-11.
44. Peruzzo DC, Jandiroba PFCB, Nogueira Filho GdR. Use of 0.1% chlorine dioxide to inhibit the formation of morning volatile sulphur compounds (VSC). *Brazilian Oral Research*. 2007; 21: 70-74.
45. Herczegh A, Ghidan A, Frieddreich D, Gyurkovics M, Bendo Z, Lohinai Z. Effectiveness of a high purity chlorine dioxide solution in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. 2013; 60(1): 63-75.
46. Kalay TS, Kara Y, Karaoglu SA, Kolayli S. Evaluation of stabilized chlorine dioxide in terms of antimicrobial activity and dentin bond strength. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*. 2022; 25(9): 1427-1436.
47. Singh S, Sinha R, Kar S, Ámbar A, Limaye S. Effect of chlorine dioxide and sodium hypochlorite on the dissolution of human pulp tissue—An in vitro study. *Medical Journal Armed Forces India*. 2012; 68(4): 356-359.
48. Herczegh A, Gyurkovics M, Agababian H, Ghidan A, Lohinai Z. Comparing the efficacy of hyper-pure chlorine-dioxide with other oral antiseptics on oral pathogen microorganisms and biofilm in vitro. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. 2013; 60(3): 359-373.

49. León Cajamarca, Paúl Adrián; Vázquez Guillén, Gabriela Belén. Prevalencia de cepas de *Escherichia coli* productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en muestras de orina de pacientes ambulatorios de los centros de salud 1 2 y 3 de la ciudad de Cuenca. 1st ed. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Bioquímica y Farmacia: Cuenca; 2013.
50. Hernández, et al. Metodología de la Investigación: McGraw-Hill; 2014.





Anexos 1:
Modelo del instrumento

FICJHA DE OBSERVACION MICROBIOLÓGICA

FICHA N°:.....

N° DE PLACA: 1

MICROORGANISMO: *Enterococcus faecalis*

MEDICION: 24 Horas

SOLUCION	DIAMETRO DEL HALO (mm)	INTERPRETACION		
		SENSIBLE	MEDIA	RESISTENTE
Dióxido de cloro al 0.5%	10.00			
Dióxido de cloro al 1.5%	12.25			
Dióxido de cloro al 3%	14.94			
Dióxido de cloro al 5%	19.38			
Hipoclorito de sodio al 5.25%	13.25			

Susceptible	Intermedio	Resistente
>11 mm	7 – 10 mm	Hasta 6 mm

Anexo 2:
Modelo del instrumento

CONCENTRACION INHIBITORIA MINIMA EFECTIVA

FICHA DE OBSERVACION MICROBIOLÓGICA

SENSIBILIDAD MICROBIANA:

ESPECIMEN: *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

Nº DE PLACA: 1

MEDICION: 24 HORAS

MUESTRA	DIAMETROS DE HALOS INHIBITORIOS SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS en mm.	OBSERVACIONES
	24hrs.	
Grupo control (Hipoclorito de Sodio) 5.25%	13.25	El dióxido de cloro al 1.5% tuvo eficacia semejante en comparación al hipoclorito de sodio 5.245% en la inhibición del crecimiento de <i>Enterococcus faecalis</i> .
Grupo experimental (Dióxido de cloro) 1.5%	12.25	

Anexo 3:

Matriz de registro y control

ENUNCIADO: Eficacia del dióxido de cloro a diferentes concentraciones (0.5%, 1.5%, 3% y 5%) e hipoclorito de sodio al 5.25% (solución clorada) en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus faecalis*.

N° DE LECTURAS	INHIBICION EN <i>ENTEROCOCCUS FAECALIS</i>	Dióxido Cloro 0,5%	Dióxido Cloro 1,5%	Dióxido Cloro 3,0%	Dióxido Cloro 5,0%	Hipoclorito de Sodio 5,25%
1	Halo inhibitorio en mm.	10	11	14	17	10
2	Halo inhibitorio en mm.	10	12	15	20	12
3	Halo inhibitorio en mm.	9	12	14	21	15
4	Halo inhibitorio en mm.	11	14	15	18	14
5	Halo inhibitorio en mm.	8	11	16	17	15
6	Halo inhibitorio en mm.	9	12	15	16	12
7	Halo inhibitorio en mm.	10	13	14	17	11
8	Halo inhibitorio en mm.	11	12	16	22	12
9	Halo inhibitorio en mm.	10	13	15	19	14
10	Halo inhibitorio en mm.	9	12	16	20	15
11	Halo inhibitorio en mm.	12	12	14	23	13
12	Halo inhibitorio en mm.	11	11	15	21	15
13	Halo inhibitorio en mm.	9	13	15	19	13
14	Halo inhibitorio en mm.	11	12	15	20	14
15	Halo inhibitorio en mm.	11	13	16	18	15
16	Halo inhibitorio en mm.	9	13	14	22	12
MEDIA ARITMÉTICA (PROMEDIO) En milímetros		10.00	12.25	14.94	19.38	13.25

Anexo 4:
Constancia de uso de laboratorio

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

CONSTANCIA

Por medio de la presente se hace constar que:

SR. JUAN CARLOS NUÑEZ VASQUEZ

Se ha realizado la parte práctica de la tesis " Eficacia del dióxido de cloro a diferentes concentraciones e hipoclorito de sodio (solución clorada) en la inhibición del crecimiento de Enterococcus fecalis in vitro" en el mes de abril del 2022 . En el laboratorio del Centro de Salud Edificadores Misti, Miraflores, Arequipa, acreditado en el nivel I-4

Constancia que se expide a petición del interesado

03 mayo del 2022

HOSPITAL AREQUIPEÑO
GERENCIA REGIONAL DE SALUD
RED DE SALUD MIRAFLORES - CAYLLOMA
MICRO RED DE SALUD EDIFICADORES MISTI
C.E. MIRAFLORES

Sonia P. Chura
BIOLOGA
C.R.P. 1109

**Anexo 5:
Evidencias fotográficas**

