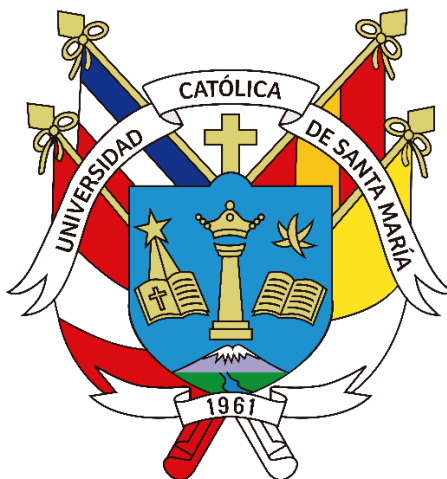


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología



**“EFECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA
SOBRE EL CRECIAMIENTO DEL *ENTEROCOCCUS FAECALIS*, AREQUIPA
2022”**

Tesis Presentada por el Bachiller:

**Niño de Guzmán Alejos, Richard
Junior**

Para optar el Título Profesional de:

Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Figueroa Banda, Alberto

Arequipa - Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ODONTOLOGIA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 13 de Octubre del 2022

Dictamen: 005424-C-EPO-2022

Visto el borrador del expediente 005424, presentado por:

2012222861 - NIÑO DE GUZMAN ALEJOS RICHARD JUNIOR

Titulado:

**EFEECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE EL CRECIAMIENTO
DEL ENTEROCOCCUS FAECALIS, AREQUIPA 2022**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**0349 - GALLEGOS VARGAS HERBERT MARIO
DICTAMINADOR**



**2158 - ALVAREZ MONGE RUTH
DICTAMINADOR**



**2161 - QUIROZ HUERTA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**

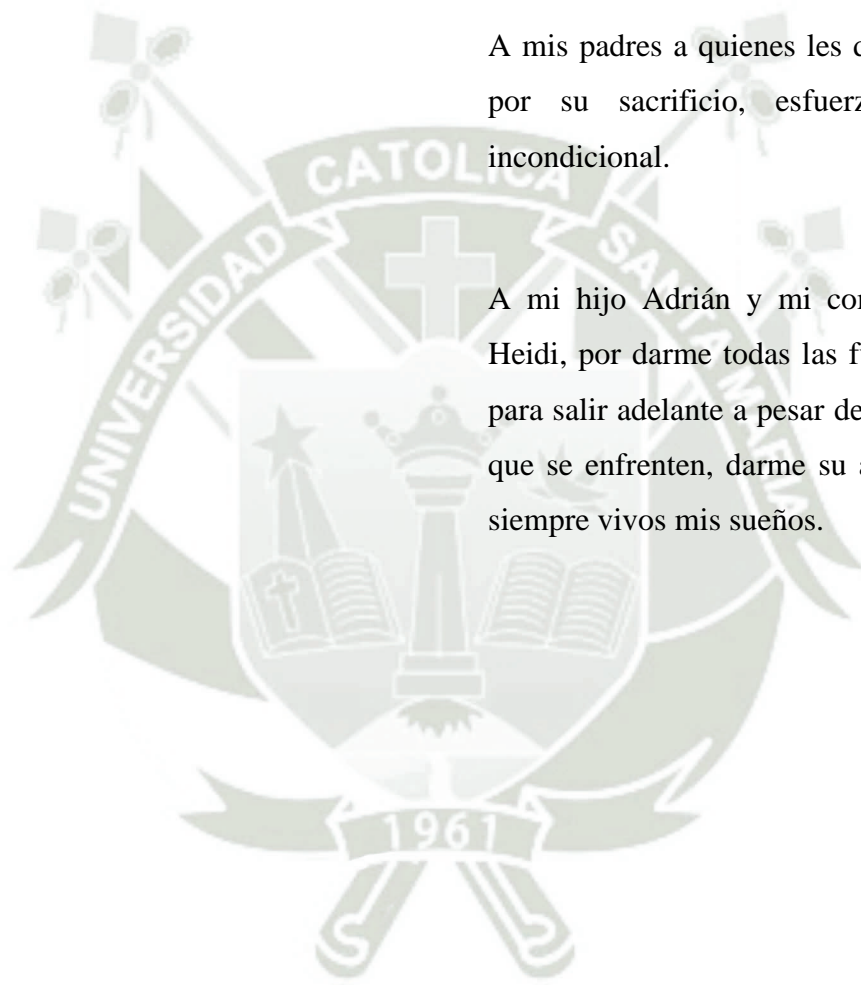


DEDICATORIA

A dios por darme la vida, guiar mis pasos y ayudarme levantarme con cada tropiezo.

A mis padres a quienes les debo los que soy, por su sacrificio, esfuerzo y su amor incondicional.

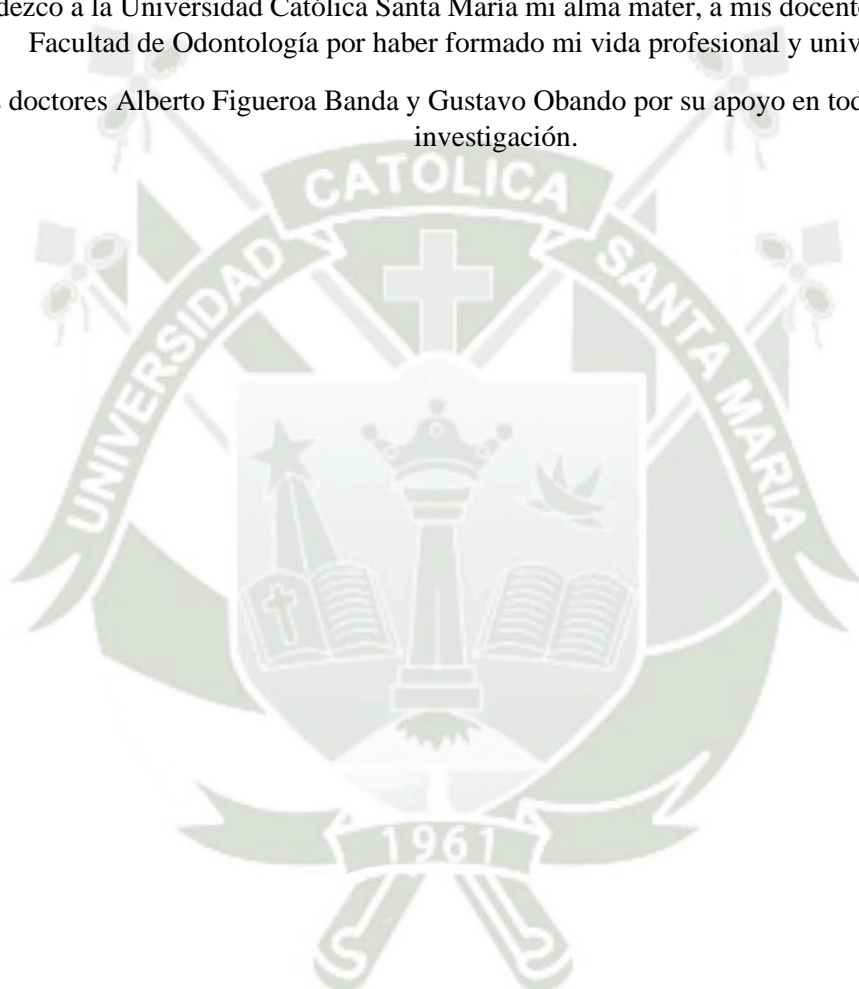
A mi hijo Adrián y mi compañera de vida Heidi, por darme todas las fuerzas necesarias para salir adelante a pesar de las adversidades que se enfrenten, darme su amor y mantener siempre vivos mis sueños.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Católica Santa María mi alma mater, a mis docentes y tutores de la Facultad de Odontología por haber formado mi vida profesional y universitaria.

A los doctores Alberto Figueroa Banda y Gustavo Obando por su apoyo en todo el proyecto de investigación.



RESUMEN

El objetivo de la investigación es determinar el efecto inhibitorio del láser de diodo de baja potencia de 800nm/100mW y como en determinados tiempos inhibe el crecimiento de la bacteria *Enterococcus faecalis*.

Para el desarrollo de este proyecto se procedió a la fabricación del dispositivo óptico experimental (laser de diodo de baja frecuencia radiación:800nm/100mW) de los fabricantes Dr. Rufo Figueroa Banda y Dr. Gustavo Obando, y la adquisición de una cepa certificada de *Enterococcus faecalis* ATC 29212.

Se procedió a realizar inóculos de la bacteria *Enterococcus faecalis* para su exposición del equipo laser de diodo de baja potencia de 800nm/100mW irradiando a un tiempo de 5,10,15,20,25 y 30 segundos

Los inóculos fueron incubados para el posterior conteo de unidades formadoras de colonias UFC, y los valores fueron analizados estadísticamente por ANOVA y el test de TUKEY.

Los resultados evidenciaron que no hubo inhibición has los 15 segundos y un máximo grado de efectividad a los 30 segundos. De esta forma podemos concluir que la efectividad mínima existe a los 20 segundos y una máxima a los 30 segundos.

Palabras clave: Láser de diodo de baja frecuencia, UFC, Inoculo Efecto inhibitorio de *Enterecocus feacalis*.

ABSTRACT

The objective of this research is to verify the effectiveness of the use of low power diode laser in the inhibition of the bacteria *Enterococcus faecalis*.

For the development of this project I use a standardized strain of *Enterococcus faecalis*. Recultivation was carried out in 12 Petri dishes, the existence of CFUs was visualized and verified, and 6 pairs of plates were separated, one for control and the other for irradiation.

The CFU count was carried out in both plates, the area to be irradiated was chosen and it was carried out at the times: 5, 10, 15, 20, 25, 30. To subsequently make a recultivation of the selected area and subsequent reading. After 24 hours, the CFU count was verified and performed, and the results were interpreted.

The data was analyzed with the ANOVA test as the result had significant differences, a complementary test called TUKEY was used to see where the change occurred and this resulted in a difference at 20, 25 and 30 seconds of irradiation,

We proceeded to compare the two control groups with the applied ones to verify if statistically significant differences were obtained, for that the STUDENT T test was carried out, which showed that there were statistical differences in the groups where it was irradiated by 20, 25 and 30 seconds. This resulted in the laser being effective after 20 seconds.

Keywords: Keywords: Low frequency diode laser, CFU, Inoculum Inhibitory effect of *Enterococcus faecalis*.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO	2
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:.....	3
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Área del conocimiento.....	3
1.3.2. Operacionalización de variables.....	4
1.3.3. Interrogantes Básicas.....	4
1.3.4. Taxonomía.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.4.1. Actualidad.....	5
1.4.2. Utilidad.....	5
1.4.3. Relevancia científica.....	5
1.4.4. Originalidad.....	6
1.4.5. Viabilidad.....	6
1.4.6. Interés personal.....	6
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	6
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. LASER.....	8
3.1.1. Clasificación de los láseres.....	9
3.1.2. Laser de Diodo	11
3.2. Enterococcus Faecalis	15
3.2.1. Características del Enterococcus faecalis	15
3.2.2. Taxonomía del E. faecalis	16
3.2.3. Morfología del E. faecalis	16

3.2.4.	Patogenia/síntomas	16
3.2.5.	Patologías que produce el E. faecalis	16
3.2.6.	Transmisión	17
3.2.7.	Diagnóstico.....	17
3.2.8.	Tratamiento.....	17
3.2.9.	Prevención	18
3.3.	Medios De Cultivos	18
3.3.1.	Constituyentes habituales de los medios de cultivo	18
3.3.2.	Tipos De Medios De Cultivo.....	20
3.3.3.	Preparación de medios de cultivo.....	21
3.4.	Inhibición de bacterias	22
3.4.1.	Concentración Mínima Inhibitoria	22
4.	ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	23
5.	HIPOTESIS	26
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....		27
1.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	28
1.1.	Técnicas	28
1.1.1.	Esquematación.....	28
1.1.2.	Esquematación del procedimiento.....	29
1.1.3.	Descripción del procedimiento.....	29
1.2.	Instrumentos.....	31
1.2.1.	Instrumento documental	31
1.2.2.	Instrumento.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.	Materiales de verificación.....	33
1.3.1.	Medios y reactivos.....	33
1.3.2.	Equipos de laboratorio.....	33
1.3.3.	Instrumentos de laboratorio.....	33
1.3.4.	Materiales de escritorio.	34
2.	CAMPO DE VERIFICACIÓN	34
2.1.	Ubicación espacial	34
2.1.1.	Ámbito general	34
2.1.2.	Ámbito Específico	34

2.2.	Ubicación temporal.....	34
2.3.	Unidades de Estudio	34
2.4.	Criterios de selección.....	35
2.4.1.	Criterios de inclusión.....	35
2.4.2.	Criterios de exclusión	35
2.5.	Tamaño de grupos.....	35
3.	ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN.....	35
3.1.	Organización.....	35
3.2.	Recursos.....	35
3.2.1.	Recursos humanos	35
3.2.2.	Recursos físicos	35
3.2.3.	Recursos Económicos.....	36
3.3.	Prueba piloto / validación del instrumento	36
3.3.1.	Tipo.....	36
3.3.2.	Muestra piloto.....	36
3.3.3.	Recolección piloto	36
4.	ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS	37
4.1.	Plan de procesamiento de los datos	37
4.1.1.	Tipo de procesamiento.....	37
4.1.2.	Operaciones del procesamiento.....	37
4.2.	Plan de análisis de datos	37
4.2.1.	Tipo de análisis.....	37
4.2.2.	Tratamiento estadístico.....	37
4.2.3.	Tablas y gráficas.....	38
4.2.4.	Estudio de la información.....	38
	CAPÍTULO III RESULTADOS	39
	PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	40
	DISCUSIÓN.....	54
	CONCLUSIONES.....	55
	RECOMENDACIONES	56
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ANEXOS	61
ANEXO 1 FICHA DE OBSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA	62
ANEXO 2 SECUENCIA FOTOGRÁFICA.....	63



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 EFECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA EN DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS, AREQUIPA 2022	40
TABLA N° 2 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 5 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	42
TABLA N° 3 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 10 SEGUNDOS DE EXPOSICIÓN, AREQUIPA 2022	44
TABLA N° 4 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 15 SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022	46
TABLA N° 5 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 20 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	48
TABLA N° 6 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 25 SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022	50
TABLA N° 7 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 30 SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1 EFECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA EN DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS, AREQUIPA 2022	41
GRÁFICO N° 2 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 5 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	43
GRÁFICO N° 3 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 10 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	45
GRÁFICO N° 4 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 15 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	47
GRÁFICO N° 5 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 20 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	49
GRÁFICO N° 6 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 25 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	51
GRÁFICO N° 7 COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 30 SEGUNDOS, AREQUIPA 2022.....	53

INTRODUCCIÓN

Para alcanzar la cumbre en la realización del tratamiento endodóntico es imprescindible llevar a efecto un buen manejo de la instrumentación biomecánica y ligarse de diversos métodos para la desinfección, en la mayoría de ocasiones no se obtiene la esterilización de los diversos microorganismos presentes, pero debería aminorar en una mayor proporción posible la cantidad de microorganismos que residen en los conductos radiculares con el fin de que sean incapaces de producir algunas infecciones endodóntica (1).

Existen varias investigaciones en las cuales muestra que el *Enterococcus Faecalis* es una bacteria que es responsable de los fracasos endodónticos en los casos de periodontitis apical crónica no supurativa, también es resistente a la medicación intraconducto o agentes irrigantes, en la actualidad se usa diversos tipos de agentes irrigantes para lograr eliminar el *Enterococcus faecalis*, como la clorhexidina, EDTA, hipoclorito de sodio, este último logró ser el irrigante de elección para tratar la endodoncia por sus diversas cualidades, pero aún no se encuentra una ideal (2).

En la actualidad se observa la introducción del láser en la terapia endodóntica el cual en teoría nos brinda una acción más eficiente frente al resto de sistemas, el diagnóstico se basa en la exposición al láser, que no provoca cambios en las propiedades de los tejidos biológicos; estos son los efectos de dispersión, reflexión y absorción (3).

Por lo tanto, se consideró realizar este estudio con la finalidad de observar la eficacia del láser de diodo de baja frecuencia sobre *Enterococcus faecalis*.



CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad se realizan diversos trabajos de investigación encaminados a comprobar y verificar la eficacia de diversos productos utilizados en endodoncia para la eliminación de patógenos que se encuentran alojados en los conductos radiculares, el éxito de todo tratamiento de conducto de piezas permanentes y temporarios es la erradicación de estos microorganismos ya sea por medios físicos o químicos.

Cuando una pieza dental está infectada requiere administración de medicación intraconducto que inhiba todo patógeno que provoque infección, cada vez, se busca encontrar un irrigante ideal con capacidad bactericida y alta biocompatibilidad, asociada a una técnica adecuada, sin embargo, se conoce por evidencia que la bacteria más común en infecciones recurrentes que conllevan al fracaso endodóntico es *enterococcus faecalis*.

Razón por la cual esta investigación propone aplicar un láser de diodo de baja potencia que emite radiación con alta capacidad bactericida y excelentes resultados a corto tiempo el cual, junto con un conductor de fibra óptica, será complementario a los irrigantes junto a la preparación biomecánica que conlleve al éxito de la terapia endodóntica.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:

“Efecto inhibitorio del láser de diodo de baja frecuencia en el crecimiento de *Enterococcus faecalis*, Arequipa 2022”

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Área del conocimiento

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

1.3.2. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES
<ul style="list-style-type: none"> Variable estímulo: Láser de diodo de baja frecuencia 800nm/100mw (dispositivo óptico experimental) 	<ul style="list-style-type: none"> Irradiación inóculos <i>enterococcus</i> <i>faecalis</i> 	Tiempo de exposición 5 segundos 10 segundos 15 segundos 20 segundos 25 segundos 30 segundos
<ul style="list-style-type: none"> Variable respuesta: Efecto inhibitorio 	Crece No crece	UFC

1.3.3. Interrogantes Básicas

1.3.3.1. Interrogante Principal

- ¿Cuál es el efecto inhibitorio del láser experimental de diodo en el crecimiento de la bacteria *Enterococcus faecalis*

1.3.3.2. Interrogantes Secundarias

- ¿Cuál es el efecto inhibitorio *Enterococcus faecalis* frente a la aplicación del láser experimental de baja frecuencia 800nm/100mw a los 5, 10 y 15 segundos de exposición?
- ¿Cuál será la inhibición en la bacteria *Enterococcus faecalis* frente a la aplicación del láser experimental de baja frecuencia a los 20, 25 y 30 segundos de exposición?

1.3.4. Taxonomía

	Tipo de estudio					Diseño	Nivel
Abordaje	1.Por la técnica de recolección	2.Por el tipo de dato que se planifica recoger	3.Por el número de mediciones de la variable	4.Por el número de muestras de la población	5.Por el ámbito de recolección		
Cuantitativo	Observacional	Prospectivo	Longitudinal	Experimental	Laboratorial	Experimental	Explicativo

1.4. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica por diferentes razones:

1.4.1. Actualidad

El estudio se realizó en el presente año, para brindar información laboratorial de la actualidad ya que existen muy pocos estudios en la localidad. Viendo la eficacia del láser ante la bacteria del *Enterococcus faecalis*, tanto su inhibición o eliminación.

1.4.2. Utilidad

La presente investigación es importante y de mucha utilidad ya que dará a conocer

Eficacia del láser en la erradicación de la bacteria *Enterococcus faecalis*, de esta manera se podrá aportar una base de datos para futuras investigaciones relacionadas al tema (1).

1.4.3. Relevancia científica

Por medio de este presente trabajo de investigación se aportará a los especialistas en Endodoncia que se enfrentan a las infecciones por la bacteria *Enterococcus faecalis* la cual tiene características especiales que la hacen más resilientes en los conductos radiculares, a la vez propagar este tema y su importancia en los cirujanos dentistas.

1.4.4. Originalidad

Se han encontrado trabajos de investigación, pero ninguno en el departamento de Arequipa y tampoco en ninguna universidad de la localidad que cuenten sobre la investigación a tratar, por lo que esta investigación es un tema totalmente innovador en nuestro medio.

1.4.5. Viabilidad

La presente investigación es bastante viable ya que se ha predicho la disponibilidad de las unidades de estudio, presupuesto, tiempo y bibliografía; Así como también la gran utilidad de sus resultados y la forma de contribución al mejor progreso en cuanto a la formación profesional (1).

1.4.6. Interés personal

Es de interés personal, para mi desarrollo profesional, por ser un campo abierto a la investigación y por ser este trabajo requisito para la obtención del grado profesional, y de esta manera, yo deseo contribuir con las líneas de investigación, este trabajo de investigación además de satisfacer la motivación personal será para mí un reto académico (1).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar el efecto inhibitorio del láser experimental de diodo de baja frecuencia sobre el crecimiento de la bacteria *Enterococcus faecalis*.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el efecto inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 5 segundos,
- Determinar el efecto inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 10 segundos,
- Determinar el efecto inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 15 segundos,
- Determinar el efecto inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 20 segundos,

- Determinar el efecto inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 25 segundos,
- Identificar el grado inhibitorio del láser de baja frecuencia sobre la bacteria *Enterococcus faecalis* a la exposición de 30 segundos.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. LASER

La palabra "láser" es un acrónimo que significa: "amplificación de la luz por emisión estimulada". La palabra clave en esta transcripción es "forzado". Esto distingue a los láseres de formas más simples de luz. Cuando enciendes una linterna normal, la luz viaja en caminos aleatorios en todas las direcciones, lo que hace que se disperse y se vuelva relativamente débil. Ahora tomemos un láser cuya luz es "forzada" y "coordinada": los fotones se mueven al unísono y en una dirección, como resultado, obtenemos un haz de luz más estrecho, pero más intenso (1).

Albert Einstein sentó las bases de la teoría de los láseres en 1917, pero solo 50 años después la ciencia implementó los principios de la teoría de los láseres en la práctica, contribuyendo así al rápido desarrollo del uso de los láseres en medicina. La acción de los láseres se basa en el fenómeno del efecto fotoeléctrico: la liberación de electrones de un sólido o líquido bajo la influencia de la radiación electromagnética (2).

La luz láser tiene una amplia gama de efectos terapéuticos y profilácticos. Provoca un efecto antiinflamatorio pronunciado, normaliza la microcirculación, reduce la permeabilidad de las paredes vasculares, tiene propiedades fibrino-trombóticas, estimula el metabolismo, la regeneración de tejidos y aumenta el contenido de oxígeno en ellos, acelera la cicatrización de heridas, previene la cicatrización después de operaciones y lesiones, tiene una acción neurotrópica, analgésica, relajante muscular, desensibilizante, bacteriostática y bactericida, estimula el sistema de defensa inmune, reduce la patogenicidad de la microflora, aumenta su sensibilidad a los antibióticos. Dependiendo de la naturaleza de la acción del láser sobre los tejidos (se tienen en cuenta parámetros de la radiación láser tales como la longitud de onda, la potencia, el tiempo y el modo de acción sobre los tejidos biológicos), se pueden utilizar varios efectos. La cirugía láser se basa en el efecto destructivo de la radiación láser sobre los tejidos: los efectos térmicos, hidrodinámicos y fotoquímicos de dicha exposición provocan la destrucción del tejido. La terapia se basa en efectos fotoquímicos y fotofísicos, en los que la luz absorbida por los tejidos excita átomos y moléculas en ellos, activando los mecanismos terapéuticos del organismo. El diagnóstico se basa en la exposición al láser, que no provoca cambios en las

propiedades de los tejidos biológicos; estos son los efectos de dispersión, reflexión y absorción (3).

3.1.1. Clasificación de los láseres

Hay varios tipos de láseres que difieren entre sí en el principio del estado de agregación del medio activo y en el método de su excitación. Vamos a enumerar los principales (4).

3.1.1.1. Láseres de estado solido

Todo comenzó con estos láseres. El medio activo en ellos era sólido y consistía en cristales de rubí y una pequeña cantidad de iones de cromo. El bombeo se realizó mediante una lámpara de destellos. El primer láser de rubí fue ensamblado por el estadounidense T. Maiman en 1960. Los láseres de estado sólido también están hechos de vidrio dopado con neodimio Nd, granate de itrio y aluminio Y₂Al₅O₁₂ dopado con cromo y neodimio; todos estos también son sustancias para el medio activo de un láser de estado sólido (5).

3.1.1.2. Láseres de gas

En los láseres de gas, el medio activo está formado por gases a muy baja presión o por sus mezclas. Los gases llenan un tubo de vidrio en el que se sueldan los electrodos. Los estadounidenses A. Javan, W. Bennett y D. Herriot se convirtieron en los primeros creadores del láser de gas en 1960. Dicho láser suele ser bombeado por una descarga de electricidad producida por un generador de alta frecuencia. La radiación de un láser de gas se distingue por su continuidad. La densidad de los gases es baja, por lo que se requiere una barra bastante larga del medio activo. La intensidad de radiación se proporciona en este caso debido a la masa de la sustancia activa (6).

3.1.1.3. Láseres gas dinámicos, químicos y excímeros

En general, estos tres tipos se pueden clasificar como láseres de gas.

- Un láser dinámico de gas es similar en principio a un motor a reacción. En él, de hecho, se produce la combustión del combustible, al que se añaden partículas de gases del medio activo. En el proceso de combustión, las

moléculas de gas se excitan y luego, al ser enfriadas por un flujo supersónico, emiten una potente radiación coherente, desprendiendo así energía.

- En un láser químico, aparece un pulso de radiación como resultado de una reacción química. El láser más potente de este tipo utiliza flúor atómico en reacción con hidrógeno.
- El funcionamiento de los láseres excímeros lo proporcionan moléculas especiales que siempre están en estado excitado (6).

3.1.1.4. Láseres líquidos

Los primeros láseres líquidos aparecieron casi al mismo tiempo que los láseres de estado sólido, en los años 60 del siglo XX. Para crear un medio activo, utilizan varias soluciones de compuestos orgánicos. La densidad de tal sustancia es mayor que la de un gas, aunque menor que la de los sólidos. Por lo tanto, tales láseres son capaces de generar una radiación suficientemente fuerte (hasta 20 W), a pesar de que el volumen de su sustancia activa es relativamente pequeño, pueden trabajar tanto en modo pulsado como continuo. Las lámparas de destello y otros láseres se utilizan como bombeo (7).

3.1.1.5. Láseres semiconductores

En 1962, también aparecieron los primeros láseres semiconductores, como resultado del trabajo paralelo de varios científicos de los EE. UU.: R. Hall, M.I. Nayten, T. Quist y sus grupos. Teóricamente, el funcionamiento de este láser fue fundamentado antes, en 1958, por el físico ruso N.G. Basov. En un láser semiconductor, se utiliza un cristal semiconductor, como GaAs, como medio activo. Por tanto, a primera vista, podría atribuirse a los láseres de estado sólido. Sin embargo, es fundamentalmente diferente en que las transiciones radiactivas no ocurren entre los niveles de energía de los átomos, sino entre las bandas o subbandas de energía del cristal. El bombeo de dicho láser se realiza mediante una corriente eléctrica constante. Los bordes del cristal semiconductor se pulen cuidadosamente y de ellos se obtiene un excelente resonador (8).

3.1.1.6. Láseres en la naturaleza

En nuestro Universo, los científicos han encontrado láseres con un origen natural. Hay nubes interestelares gigantes creadas por gases condensados. En ellos, la población inversa se forma naturalmente. La luz de las estrellas cercanas u otra radiación en el espacio actúa como una bomba, y las propias nubes de gas son un excelente medio activo con una longitud de varios cientos de millones de kilómetros. Surge un láser astrofísico natural que no necesita un resonador: la radiación electromagnética estimulada se forma en ellos espontáneamente, tan pronto como pasa una onda de luz (8).

3.1.2. Laser de Diodo

El láser de diodo está constituido por un medio activo sólido, formado por un semiconductor que frecuentemente usa una combinación de galio, arsenio y otros elementos como el aluminio o el indio para transformar la energía eléctrica en energía luminosa. La longitud de onda de estos láseres para su utilización en Odontología comprende un rango desde 800nm hasta 980nm (9). Pueden emitir en modo continuo o en pulsos y, debido a su longitud de onda, la energía es fácilmente transportable a través de fibra óptica. Las fibras ópticas pueden variar entre 200, 300 y 600 μ m según el fabricante. La fibra se pone en contacto con los tejidos blandos para los procedimientos de ablación, incisión y excisión. Estas fibras ópticas deben de ser preparadas antes del primer uso y varias veces intraoperatoriamente para garantizar la eficacia del láser. Este proceso, llamado iniciación, consiste en depositar un fino pigmento oscuro al final de la fibra, produciendo el efecto de «hot tip» (estado en el que se encuentra el tip o fibra óptica del láser preparado para su uso tras la aplicación del pigmento oscuro). El láser de diodo emite en el infrarrojo cercano con una potencia comprendida entre 0,5W y 15W. La ventaja de los láseres de diodo es su pequeño tamaño. Algunas unidades son compactas y fáciles de transportar dentro de la clínica dental en un mínimo tiempo, aunque podemos encontrar equipos de hasta 30 kg de peso. Estos láseres quirúrgicos son actualmente los de menor coste económico (10).

Siguiendo las clasificaciones internacionales en cuanto a las medidas de seguridad, tanto de la Unión Europea (ISO) como de los EE.UU. (ANSI), el láser de diodo es de tipo IV. Debido a que el haz de energía láser puede ser reflejado por instrumentos cercanos a la zona operatoria o incluso por el propio tejido

irradiado, hay que tomar ciertas precauciones cuando se utiliza esta tecnología. El principal riesgo que implica la manipulación de radiaciones visibles o infrarrojas con longitudes de onda entre los 400 y los 1400nm es la posibilidad de dañar la retina. Por este motivo deben utilizarse como medida de seguridad siempre gafas protectoras especiales, tanto para el paciente como para el profesional y el personal auxiliar. El contacto con las superficies metálicas (instrumental quirúrgico metálico, espejos, amalgama, etc.) deben evitarse ya que si incide el haz de luz láser sobre ellos se puede producir una reflexión de dicho haz. Para evitar la reflexión se recomienda la utilización de instrumental metálico no pulido o de plástico (11). Una de las normas internacionales de seguridad que debe de cumplir la tecnología láser, es que cada aparato debe poseer una llave de conexión para que sólo pueda ser utilizado por el personal autorizado. Todas las unidades emisoras llevan una rotulación específica del tipo de láser y la clase de riesgo a la que pertenecen, así como el logo internacional identificativo del tipo de láser de que se trata (9).

En función de la potencia los láseres de diodo pueden clasificarse en dos grandes grupos: de baja potencia y de alta potencia.

- De baja potencia,

También llamados láseres blandos (Low Level Laser Therapy), son de baja energía y emiten en la región del espectro infrarrojo cercano ó del rojo (632,8, 670 y 830nm), con una potencia media de 1-100mW. Sus aplicaciones básicas en ciencias de la salud están basadas en sus efectos de bioestimulación de los tejidos y en su acción analgésica antiinflamatoria.

- De alta potencia

Son aquellos láseres con potencias de 1W hasta 15W o más y con una longitud de onda comprendida entre 810nm y 980nm. Son láseres relativamente nuevos en su aplicación en el campo de la Medicina y de la Odontología (10).

3.1.2.1. Aplicaciones del láser de diodo de alta potencia

El láser de diodo, debido a su pequeño tamaño y a su bajo coste económico, es actualmente uno de los láseres con más predicamento en Odontología. Las aplicaciones de este tipo de láser se relacionan con su efecto bactericida, con indicaciones específicas en Periodoncia y Endodoncia. También se utiliza en la cirugía de tejidos blandos y para el blanqueamiento dental (12).

3.1.2.1.1. Endodoncia

Uno de los principales objetivos del tratamiento endodóntico es dejar el conducto radicular libre de microorganismos. Para ello se pueden utilizar diferentes sistemas de desinfección y el láser de diodo es uno de ellos. No obstante, se debe de tener precaución con su uso a fin de prevenir el posible daño térmico generado por el láser sobre el periodonto o el propio diente (13).

Moritz y cols hicieron un estudio in vitro en conductos radiculares con un láser de diodo, con una longitud de onda de 810nm y trabajando a 2, 3 y 4W de potencia durante 50 segundos, y consiguieron una completa eliminación bacteriana cuando empleaban las potencias de 2 y 3W (14).

Por otro lado, Kreisler y cols compararon la acción del hipoclorito sódico al 0,9% frente al hipoclorito sódico combinado con un láser de diodo con el fin de conseguir la desinfección de los conductos radiculares. Emplearon una longitud de onda de 809nm y potencias de 1W, 3W y 4,5W durante 60 segundos. Obtuvieron una reducción bacteriana del 99,86% utilizando conjuntamente el hipoclorito sódico y el láser a 3W de potencia. A pesar de estos datos, su conclusión es que el láser de diodo no puede sustituir al hipoclorito sódico, pero ayuda a obtener mejores resultados (15).

3.1.2.1.2. Periodoncia

En los tratamientos periodontales se pretende obtener la eliminación completa de todos los depósitos calcificados y bacterianos que están situados en las superficies radiculares (16).

La aplicación de la tecnología láser para el control de las enfermedades periodontales está progresando rápidamente en los últimos años.

Concretamente el láser de diodo es relativamente nuevo en el tratamiento periodontal. Los procedimientos que se pueden hacer con él son el curetaje de los tejidos blandos, el desbridamiento de las bolsas periodontales y todas las incisiones y excisiones gingivales. También tiene gran utilidad en la descontaminación de las bolsas periodontales, ya que consigue eliminar las bacterias anaerobias que contienen (17).

Moritz y cols efectuaron un estudio, en el cual aplicaban un láser de diodo de 805nm de longitud de onda a una potencia de 2,5W, sobre las bolsas periodontales durante 3-4 segundos. Obtuvieron una reducción de la presencia de *Actinobacillus actinomycetemcomitans* de un 73,5% y de la *Prevotella intermedia* de un 85,3% (18).

Por otro lado, Kreisler y cols utilizaron una longitud de onda de 810nm y una potencia de trabajo entre 0,5 y 2,5W, demostrando que potencias superiores a 1W producen carbonización parcial o total de la superficie radicular. Observaron además que se obtiene un adecuado efecto antibacteriano empleando este láser a 1W de potencia (19).

3.1.2.1.3. Cirugía bucal

El láser de diodo es absorbido en menor medida por el agua, y se absorbe más en profundidad que los láseres de Er: YAG, Er:Cr:YSGG y de CO₂. Esto permite que la cirugía de los tejidos blandos se pueda realizar en la proximidad de los dientes. El uso del láser quirúrgico de diodo sobre el hueso no está indicado, y por consiguiente se deben tomar todas las precauciones posibles cuando se usa este láser en la proximidad del tejido óseo. El láser de diodo puede ser utilizado en la cirugía de los tejidos blandos, y está indicado para el corte de la encía y de la mucosa bucal, para obtener coagulación en los procedimientos quirúrgicos con excesivo sangrado y para hacer el curetaje de tejidos blandos. Se deben tomar algunas precauciones cuando se emplea el modo de emisión continuo porque genera un rápido aumento de la temperatura en los tejidos sobre los que se trabaja. Las intervenciones quirúrgicas que se pueden hacer con el láser de diodo son: gingivectomía, exéresisbiopsia de tejidos blandos, frenectomías y vestibuloplastias, etc (20).

Se puede conseguir una adecuada hemostasia en las lesiones superficiales de la mucosa bucal al desfocalizar el láser, aunque la hemostasia no es tan rápida como la que se consigue con el láser de Argón. Su efecto hemostático es mucho menor en comparación con el láser de CO₂, por lo que solo nos será útil para realizar la exéresis de lesiones superficiales y no será recomendable para efectuar la exéresis de lesiones angiomasas ni para hacer intervenciones quirúrgicas en las que se prevé que se producirá un sangrado profuso (10).

3.2. *Enterococcus Faecalis*

Enterococcus faecalis, antiguamente denominado *Streptococcus faecalis*, es un microorganismo que forma parte de la microbiota de las vías intestinales y biliares. También se le puede encontrar como microbiota de la vagina y de la uretra masculina, así como en el tracto intestinal de animales, como aves de corral, ganado vacuno, perros, cerdos, caballos, cabras y ovejas. También puede detectarse en el suelo, agua o alimentos, lo que indica contaminación fecal, a excepción de alimentos fermentados como quesos, embutidos crudos y carnes, donde su presencia es normal. *E. faecalis* perteneció al género *Streptococcus* del drupo D, pero recientemente fue clasificado en su propio género, denominado *Enterococcus*. Son fuente frecuente de infecciones a nivel hospitalario y de la comunidad. Actualmente, han tomado relevancia clínica debido a su resistencia antimicrobiana frente a penicilina, cefalosporinas, aminoglucósidos, trimetropim-sufametoxazole y vancomicina. Las infecciones pueden tornarse de curso grave hasta causar la muerte debido a su multirresistencia (21).

3.2.1. Características del *Enterococcus faecalis*

Son microorganismos anaerobios facultativos, inmóvil, catalasa negativa o débilmente positiva, con capacidad para fermentar glucosa y otros carbohidratos con producción de ácido láctico, pero sin gas. Además, presenta capacidad para formar biopelículas. Los *Enterococcus* se diferencian de los *Streptococcus* en que pueden crecer en un rango de temperatura de 10° C a 45° C. Son más resistentes a los cambios ambientales adversos, pudiendo tolerar concentraciones de 6,5% de NaCl, desarrollarse a pH 9.6 y soportar temperaturas de 60° C hasta por media hora (22).

3.2.2. Taxonomía del *E. faecalis*

Enterococcus faecalis pertenece al dominio Bacteria, filo Firmicutes, clase Bacilli, orden Lactobacillales, familia Enterococcaceae, género *Enterococcus*, especie *faecalis* (22).

3.2.3. Morfología del *E. faecalis*

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 (23).

3.2.4. Patogenia/síntomas

Se cree que para que haya infección por *Enterococcus faecalis* primero debe haber la colonización de la bacteria en las mucosas. Esta se fija a las células diana a través de las adhesinas. Después de la colonización, el microorganismo puede invadir otras regiones anatómicas hasta alcanzar el sistema linfático o circulatorio. De esa manera puede producir diversas patologías. Las cepas de enterococos virulentas que colonizan la mucosa intestinal pueden trasladarse desde la luz intestinal hacia los nódulos linfáticos, hígado y bazo, después de ser endocitados por las células del íleon, colon o por macrófagos intestinales (24).

3.2.5. Patologías que produce el *E. faecalis*

Enterococcus faecalis se ha aislado de infecciones del tracto urinario, bacteriemia, endocarditis, infecciones intradominales, pelvianas, infecciones de tejidos blandos, heridas, sepsis neonatal y rara vez meningitis.

También se ha asociado a cistitis, pielonefritis, prostatitis y abscesos perinefríticos, atribuibles a anomalías estructurales o intervenciones instrumentales en el tracto urinario.

Es frecuente que participe en infecciones mixtas. Por ejemplo, en infecciones con anaerobios y otras bacterias facultativas, especialmente en tejidos blandos (23).

3.2.6. Transmisión

E. faecalis puede propagarse por transmisión fecal-oral, por contacto con fluidos o superficies contaminadas.

La mayoría de las bacteriemias se originan a partir de infecciones urinarias, peritonitis, heridas, úlceras por decúbito, catéteres u otros dispositivos intravenosos, así como también por complicaciones en cesáreas, endometritis o enfermedad inflamatoria pélvica aguda.

Los factores condicionantes para la adquisición de infecciones por *Enterococcus faecalis* son generalmente por estados de inmunosupresión.

Por ejemplo:

- Pacientes con largos períodos de hospitalización,
- Pacientes con tumores malignos e infecciones de localización profunda,
- Diabéticos, entre otros.

También el uso de antibióticos de amplio espectro con poca o ninguna acción contra este microorganismo favorece su proliferación (25).

3.2.7. Diagnóstico

Se hace a través del cultivo y aislamiento del microorganismo en el laboratorio. En agar sangre se observan colonias de incoloras a grises de 2-3 mm de diámetro, pudiendo presentar hemólisis alfa, beta o gamma, dependiendo de la cepa y el tipo de sangre utilizada. Para su identificación se utilizan pruebas bioquímicas entre las que se encuentra la prueba de PYR (L-pirrolindonil β -naltil-amida), la prueba de leucino-aminopeptidasa (LAP) y la hidrólisis de la esculina (23).

3.2.8. Tratamiento

Debido a la multiresistencia que frecuentemente se encuentra en esta especie, el tratamiento de las infecciones puede ser algo complicado. El tratamiento normal para esta bacteria es amoxicilina o ampicilina sola o en combinación con gentamicina o estreptomina. Pero debido a que *Enterococcus faecalis* ha registrado resistencia a las penicilinas, cefalosporinas, y muy especialmente, una resistencia de alto nivel para los aminoglucósidos, esta combinación en ocasiones no es posible, por lo que el tratamiento ideal era la vancomicina. Sin

embargo, actualmente existen cepas de *Enterococcus faecalis* que son vancomicinas resistentes (VRE) con diversos fenotipos (VanA al VanE). Esto oscurece el panorama terapéutico. La teicoplanina también es una opción, pero en ocasiones también es resistente. En infecciones urinarias no complicadas puede ser útil la nitrofurantoína y la fosfomicina, y en infecciones urinarias asociadas a prostatitis se puede usar la combinación de nitrofurantoína con rifampicina. Existen nuevos fármacos con sensibilidad para *E. faecalis* como el linezolid y daptomicina, útiles para casos de bacteriemia (26).

3.2.9. Prevención

Para prevenir la colonización por cepas virulentas de esta bacteria es necesario cumplir las normas de asepsia (desinfección y esterilización) de lugares u objetos contaminados con este microorganismo, especialmente en el ambiente hospitalario (27).

3.3. Medios De Cultivos

Un medio de cultivo es un conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de los microorganismos. La diversidad metabólica de estos es tan grande que la variedad de medios de cultivo es enorme, no existiendo un medio de cultivo universal adecuado para todos ellos, ni siquiera refiriéndonos a las bacterias con exclusividad (28).

3.3.1. Constituyentes habituales de los medios de cultivo

A continuación, se da una idea general sobre algunos de los constituyentes habituales de los medios de cultivo (29).

3.3.1.1. AGAR

Se utiliza como agente gelificante para dar solidez a los medios de cultivo. En el agar bacteriológico el componente dominante es un polisacárido que se obtiene de ciertas algas marinas y que presenta la indudable ventaja de que, a excepción de algunos microorganismos marinos, no es utilizado como nutriente. Un gel de agar al 1-2% se licua alrededor de los 100°C y se gelifica alrededor de los 40°C, dependiendo de su grado de pureza (29).

3.3.1.2. EXTRACTOS

Su preparación consiste en que ciertos órganos o tejidos animales o vegetales (Carne, hígado, cerebro, semillas, etc.) son extraídos con agua y calor y posteriormente concentrados hasta la forma final de pasta o polvo. Estos preparados deshidratados son a menudo empleados en la elaboración de los medios de cultivo. Los más utilizados son el extracto de carne, de levadura y el de malta (30).

3.3.1.3. PEPTONAS

Son mezclas complejas de compuestos orgánicos, nitrogenados y sales minerales, que se obtienen por digestión enzimática o química de proteínas animales o vegetales (soja caseína carne, etc.). Las peptonas son muy ricas en pépticos y aminoácidos, pero pueden ser deficientes en determinadas vitaminas y sales minerales (31).

3.3.1.4. FLUIDOS CORPORALES

Con frecuencia es necesario añadir a los medios de cultivo de algunos patógenos sustancias como sangre completa, sangre defibrinada, plasma o suero sanguíneo, sobre todo para conseguir el primer aislamiento a partir del hospedador. La sangre no puede ser esterilizada, y por tanto debe de ser obtenida en condiciones asépticas directamente de un animal sano, y adicionada al medio de cultivo después de que este haya sido auto clavado. Los fluidos corporales no solo aportan factores de crecimiento, sino que también aportan sustancias que neutralizan a inhibidores del crecimiento de algunas bacterias. Un ejemplo podría ser la catalasa presente en las células sanguíneas destruye el peróxido de hidrógeno que algunas bacterias que no poseen este enzima acumulan como producto del metabolismo del oxígeno (31).

3.3.1.5. Sistemas Amortiguadores

Para mantener el pH dentro del rango óptimo del crecimiento bacteriano a veces, es necesario añadir algunos componentes al medio de cultivo. Debido a que la mayoría de las bacterias son neutrófilas, se suelen emplear sales del tipo de los fosfatos bisódicos o bipotásicos u otras sustancias como las peptonas para prevenir la desviación del pH (32).

3.3.1.6. Indicadores PH

Con el objeto de poder detectar variaciones en el pH debido a fermentaciones u otros procesos, se hace necesario a veces añadir indicadores ácido-base que nos lo indiquen (33).

3.3.1.7. Agentes Reductores

Con el objetivo de crear en los medios de cultivo condiciones que permitan el desarrollo de los gérmenes microaerófilos o anaerobios se añaden estos agentes reductores siendo, los más empleados la cisteína y el tioglicolato entre otros (34).

3.3.1.8. Agentes selectivos.

La adición de determinadas sustancias a un medio de cultivo puede convertirlo en selectivo. Así, por ejemplo, la adición de cristal violeta, sales biliares, azida sodica, telurito potásico, antibióticos, etc., a la concentración adecuada hará que actúen como agentes selectivos frente a determinados microorganismos (34).

3.3.2. Tipos De Medios De Cultivo

3.3.2.1. Medios Generales

Son aquellos que permiten el crecimiento de una gran variedad de microorganismos (34).

3.3.2.2. Medios De Enriquecimiento

Son aquellos que favorecen el crecimiento de un determinado tipo de microorganismo sin llegar a inhibir totalmente el crecimiento de los demás (34).

3.3.2.3. Medios selectivos.

Son aquellos que permiten el crecimiento de un tipo de microorganismos determinado, inhibiendo el desarrollo de los demás (34).

3.3.2.4. Medios Diferenciales

Son aquellos en los que se pone de manifiesto propiedades que un determinado tipo de microorganismos posee (34).

3.3.3. Preparación de medios de cultivo

En la actualidad, la mayoría de los medios de cultivo se encuentran comercializados; normalmente bajo la forma de liofilizados a los que es preciso rehidratar. En estos casos la preparación del medio de cultivo se reduce sencillamente a pesar la cantidad deseada del mismo y disolverla en agua destilada siguiendo las instrucciones del fabricante. Las sustancias termolábiles, se esterilizan por filtración y se añaden al resto de los componentes después de que estos hayan sido previamente esterilizados en el autoclave y enfriados a temperatura ambiente ó a 40-50°C si se trata de medios con agar. Antes de su esterilización los medios líquidos se reparten en los recipientes adecuados (tubos, matraces, etc.). Si es un medio sólido y se ha de distribuir en tubos ó en matraces será necesario fundir el agar en baño María u horno microondas, una vez fundido y homogenizado, se distribuye en caliente a los tubos ó matraces (no en placas Petri) se tapa y se esteriliza en el autoclave. Una vez finalizada la esterilización los medios se dejaron enfriar a temperatura ambiente y en el caso de medios sólidos contenidos en tubos deberán, en su caso, inclinarse para que al solidificarse adopten la forma de agar inclinado ó pico de flauta (slant) si tal es su finalidad. Las placas de Petri se preparan vertiendo el medio fundido y estéril dentro de ellas y en un ambiente aséptico (por ejemplo en la proximidad de la llama de un mechero Bunsen) es conveniente homogenizar el medio en el transcurso de la operación para evitar que el agar sedimente en el fondo del recipiente y no se distribuya por igual en todas las placas. También es posible conservar el medio destinado a preparar placas Petri solidificado y estéril en tubos que se fundirán al baño María en el momento de la preparación de estas (35).

3.4. Inhibición de bacterias

La actividad antimicrobiana se midió determinando la cantidad más pequeña que se necesita de un agente para inhibir el crecimiento de un microorganismo, valor llamado Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), de manera que cuanto más pequeño sea este valor, mayor potencia antimicrobiana tiene el compuesto (36).

3.4.1. Concentración Mínima Inhibitoria

La CMI, o concentración mínima inhibitoria, es la concentración más baja (en $\mu\text{g/ml}$) de un antibiótico que inhibe el crecimiento de una determinada cepa bacteriana. En IDEXX se utiliza un sistema comercial automatizado para determinar las CMI. Un método cuantitativo de prueba de sensibilidad, que ofrezca una CMI, ayuda a determinar qué clase de antibiótico es más eficaz. Esta información puede conducir a la elección adecuada del tratamiento, lo que aumentará las probabilidades de éxito para resolver la infección y además ayudará en la lucha para frenar la resistencia a antibióticos (37).

4. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

TITULO: “DIODE LASER RADIATION AND ITS BACTERICIDAL EFFECT IN ROOT CANAL WALL DENTIN”,

AUTOR: Norbert Gutknech, Dirk Van Gogswaardt, Georg Conrads, Christian Apel, Claus Schubert, And Friedrich Lampert. Clínica de Odontología Conservadora, Periodoncia y Odontología Preventiva, Facultad de Medicina de la Universidad de Aachen, Alemania. Clínica de Prostodoncia y Ciencia de Materiales, Universidad Friedrich-Schiller, Jena, Alemania. **Resumen.** Objetivos: El objetivo de este estudio fue investigar el efecto antibacteriano de un láser de diodo en el conducto radicular profundo. Datos de antecedentes: La colonización microbiana de la dentina del conducto radicular puede provocar fallas en tratamiento de endodoncia si se consigue una reducción bacteriana inadecuada únicamente mediante tratamiento de conductos y desinfección química. Métodos: cortes de dentina bovina de 100 um, 300um 500um obtenidos por cortes longitudinales fueron esterilizados e inoculados por un lado con una suspensión de *Enterococcus faecalis*. La radiación láser se realizó en el lado opuesto con el láser de diodo (810 nm) en un ajuste de 3 W en modo continuo (CW). La radiación se realizó usando una punta de fibra ahusada de 400 um en un ángulo de aproximadamente 5 ° con respecto a la superficie durante un período de 30 segundos. La potencia de salida en el extremo distal de la punta fue de 0,6 W. A continuación, se luyeron las bacterias mediante vibración y cultivado en placas de agar sangre. El recuento de colonias reflejó el efecto antibacteriano del láser. radiación en función del espesor de la capa. Resultados: Se logró una reducción bacteriana media del 74% incluso con una rodaja de 500 um de grosor. **MICROCOMENTARIO:** Esta investigación indica que la radiación láser de diodo reduce el número de bacterias en capas profundas de dentina de la pared del conducto radicular infectada (38).

TÍTULO: EFICACIA ANTIBACTERIANA DE LA ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA Y EL LÁSER DE DIODO COMO PROCEDIMIENTOS COMPLEMENTARIOS A LA DESINFECCIÓN ENDODÓNTICA QUITO, OCTUBRE 2019

AUTOR: BENJAMÍN BERNARDO BARRIGA PÉREZ GEN LAB. **Resumen:** El objetivo de la investigación es determinar la eficacia antibacteriana de la activación ultrasónica pasiva y el láser de diodo como procedimientos complementarios a la desinfección Endodóntica. Metodología se utilizaron 20 dientes humanos unirradiculares de conducto único, donde se infectaron con *E. Faecalis* y se incubaron por 21 días con la finalidad de obtener un biofilm maduro, a este grupo se le aplicó varias técnicas de desinfección (n=20). se tomaron las muestras de dentro de los conductos radiculares con conos de papel estériles, S1: antes de la preparación químico-mecánica como control, S2; después de la preparación químico-mecánica, S3: luego de la activación ultrasónica pasiva como procedimiento inicial complementario de desinfección y el S4: láser de diodo para la segunda desinfección complementaria, Sembrándose en agar Mueller Hinton sangre para realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) después de 24 horas de incubación. Análisis de resultados después de todos estos procedimientos se realizó la prueba de Shapiro Wilk con la finalidad de observar si los resultados eran paramétricos o no paramétricos. Además, se efectuó el test de Wilcoxon para ver si las variables se relacionan con las muestras analizadas, a lo que se observó un $p < 0.05$, lo que indica una diferencia significativa en las 20 muestras en los procesos descritos, preparación químico-mecánica eliminó el 87.7% en *E. faecalis*, con la activación ultrasónica pasiva un 98.47% y con el láser de diodo disminuyó un 99.50%, por ende, se llegó a la conclusión que la preparación químico-mecánica utilizando el NaOCl al 2.5%, reduce la cantidad de bacterias *E. faecalis*, sin eliminarlas completamente, por lo que es necesario utilizar otros procedimientos como el láser de diodo y/o la activación ultrasónica pasiva (39).

Micro comentario: En la tesis presentada nos da a conocer como el NaOCl al 2.5% no erradica por completo los productos bacterianos obtenidos como consecuencia de una instrumentación mecánica convencional, pero por lo contrario con la aplicación del láser de diodo como complemento a la irrigación logra efectividad contra las bacterias a estudiar.

TÍTULO: IRRIGACIÓN ACTIVADA POR LÁSER EN ENDODONCIA TEMUCO SET. 2021

AUTORES: Pablo Betancourt, Josep Arnabat-Domínguez, Miguel Viñas. **Resumen:** El objetivo de la endodoncia es prevenir o curar la periodontitis apical. Por lo tanto, los microorganismos que han colonizado el sistema de canales radiculares deben ser eliminados para promover la regeneración y cicatrización. Desafortunadamente, la existencia de canales accesorios, anastomosis, istmos, así como ramificaciones apicales, genera una compleja red tridimensional en el interior de la raíz, lo que dificulta la eliminación total de bacterias y detritus. La terapia endodóntica convencional utilizada actualmente presenta una serie de limitaciones. Se ha demostrado que los instrumentos endodónticos dejan un 35 % o más de superficie dentinaria sin tratar. Por otro lado, la imposibilidad de generar un flujo turbulento en el interior de los canales impide que el irrigante llegue a zonas de difícil acceso. Esto facilita la persistencia de biopelículas bacterianas y la supervivencia de un número importante de bacterias viables. La irrigación activada por láser (LAI) ha sido propuesta como una tecnología coadyuvante a la terapia químio-mecánica para optimizarla limpieza y desinfección. Los láseres de Er,Cr:YSGG (2780nm) y Er:YAG (2940nm) son los más utilizados. Estas dos longitudes de onda son capaces de ser absorbidas ampliamente por diferentes soluciones irrigantes, teniendo en cuenta un uso seguro y respetando los parámetros clínicos aceptados. La absorción de la energía del láser por parte de los irrigantes, genera burbujas de vapor en el interior del fluido, que liberan fuerzas de cizalla al implosionar. Este fenómeno, denominado cavitación, genera mayor limpieza y desinfección del interior del sistema de canales radiculares, incluso en zonas de difícil acceso. Diversos estudios microbiológicos y microscópicos han demostrado la efectividad antibacteriana de LAI. Recientemente, se ha publicado que LAI tendría la capacidad de incrementar la capacidad antibacteriana del hipoclorito de sodio a baja concentración (un buen desinfectante, pero extraordinariamente tóxico), lo que permitiría trabajar con concentraciones menores y por lo tanto más seguras para el paciente (40).

Micro comentario: En este artículo utilizan una técnica especial denominada LAI siempre acompañada por un irrigante, utilizada a una distancia determinada y en un área específica del diente dio como resultados una cavitación efectiva la cual generó un mayor proceso de desinfección.

TÍTULO: EFECTO ANTIMICROBIANO DE LA TERAPIA FOTODINÁMICA SOBRE *ENTEROCOCCUS FAECALIS*, ESTUDIO IN VITRO.

AUTORES: Silva EJNL, Coutinho-Filho WP, Andrade AO, Herrera DR, Hirata-Junior R, Coutinho-Filho TS, Krebs RL. **Resumen:** **OBJETIVO:** Evaluar el efecto antibacteriano, in vitro, de la Terapia Fotodinámica (PDT) sobre *Enterococcus faecalis*. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Fueron preparadas suspensiones bacterianas a partir de cepas clínicas de *E. faecalis*. Estas suspensiones fueron divididas en tres grupos experimentales (1L, 2L y 3L) y un grupo control (GC). Utilizando un equipo Twin Laser conteniendo como medio activo un diodo de GaAIAs, los grupos experimentales recibieron respectivamente dosis de energía de 1 min a 60 J/cm², 2 min a 120 J/cm² y 3 min a 180 J/cm². Las suspensiones fueron diluidas, sembradas e incubadas para posterior conteo de Unidades Formadoras de Colonia por mL (UFC/mL). Los valores de UFC fueron analizados estadísticamente por ANOVA y test de Tukey (p0,05). **CONCLUSIÓN:** La PDT es una alternativa eficaz para la eliminación de *E. faecalis*, microorganismo frecuentemente asociado a casos de fracaso endodóntico (41).

5. HIPOTESIS

Dado que: el láser emite radiaciones e inhibe el crecimiento de bacterias de acuerdo con los antecedentes; **es muy probable que** el láser experimental de baja frecuencia inhiba el crecimiento de la bacteria *Enterococcus faecalis*.



CAPÍTULO II
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

1.1. Técnicas

Se utilizará para la recolección de datos la técnica de observación microbiológica en el laboratorio

1.1.1. Esquematización

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
<ul style="list-style-type: none"> Variable estímulo: Laser 800nm/100mW (dispositivo óptico experimental) 	Irradiación a inóculos de E. faecalis	Tiempo de exposición 5 segundos 10 segundos 15 segundos 20 segundos 25 segundos 30 segundos	Observación microbiológica	Ficha De Observación Microbiológica elaboración propia.
<ul style="list-style-type: none"> Variable respuesta: Efecto inhibitorio 	Crece No crece	Viabilidad		

1.1.2. Esquematización del procedimiento

VARIABLES	PROCEDIMIENTO	TÉCNICA
<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo óptico experimental (laser de diodo de baja frecuencia 800nm/100mw) • CEPA de <i>enterococcus faecalis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición del láser experimental • Adquisición de la cepa ATCC 29212 • Reactivación de la cepa • Observación macroscópica • Selección de las colonias • Aplicación del dispositivo • Resembrado de la bacteria expuesta. • lectura a las 24 horas 	<p>Observación microbiológica</p>

1.1.3. Descripción del procedimiento

1.1.3.1. Adquisición del láser experimental

Se procedió a solicitar el láser experimental de los investigadores, se prosiguió a la capacitación para el manejo y funcionamiento.

1.1.3.2. Adquisición de la cepa de *Enterococcus faecalis* atcc 29212

Se adquirió una cepa de *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 certificada de los laboratorios GemLab Perú.

1.1.3.3. Reactivación de la cepa

Del tubo sellado con *Enterococcus faecalis* certificado; se realizó la suspensión en tioglicolato de 1 en 10 se coloca en estufa a 37 grados centígrados por 24 a 48 horas

Posterior a esto, se tomaron con la micropipeta 50 μ l del medio conteniendo el inóculo y se colocaron sobre la superficie del medio selectivo Agar Enterococcus, (KF) extendiendo el inóculo por toda la superficie del medio con asa de hengle previamente esterilizada. Luego se incubaron los medios a la estufa a 37°C hasta por 72 horas en condiciones de microaerofilia. (selladas con cinta maskenteing) (42).

1.1.3.4. Observación

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 (42).

1.1.3.5. Selección de colonias

Se procedió a elegir el número de mayores colonias presentes en la placa para su posterior irradiación

1.1.3.6. Aplicación de laser a las colonias de *Enterococcus faecalis*

1. Tras la elección de la zona a irradiar en cada placa se continuará a la exposición en los tiempos 5,10,15,20,25,30 segundos a una potencia de 800nm/100mW
2. Luego del procedimiento de irradiación con un asa hengle estéril se procederá a un resembrado de dicha zona por cada tiempo serán un total de 3 placas
3. Se incubaba las 18 placas por 24 horas para su posterior lectura y interpretación.

1.1.3.7. Lectura de resultados 24 horas

Se realizo una lectura de unidades formadoras de colonias

1.2. Instrumentos

La recolección de datos se realizará mediante el método de observación directa con un instrumento documental, que fue llenado por el investigador.

1.2.1. Instrumento documental

Ficha de observación microbiológica para obtener los parámetros de inhibición bacteriana.

MUESTRA	INOCULOS	RADIACION 800nm/100Mw						OBSERVACIONES
		Dosis - tiempo						
		5 seg	10 seg	15 seg	20 seg	25 seg	30 seg	
Grupo control UFC	No irradiado	19.1	19.1	19.1	19.1	19,1	19.1	
Grupo de resultados UFC	1er grupo	19.2	18.8	18.9	8.4	3.2	1.5	
	2do grupo	19.1	18.1	18.8	8.3	3.5	1.4	
	3er grupo	18.9	19.2	18.9	8.1	3.1	1.2	

1.2.1.1. Ficha de observación microbiológica

INHIBICION MICROBIANA:

ESPECIE: *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

CUADRO DE VARIABLES Y TÉCNICAS

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSION	ESCALA	VALOR
<ul style="list-style-type: none"> Variable dependiente: Inhibición antibacteriana Variable independiente: Laser de diodo de baja potencia 	<p>Crece</p> <p>No crece</p>	UFC	Razón	0-x colonias

1.3. Materiales de verificación

1.3.1. Medios y reactivos.

- Agua destilada
- Cepa de *Enterococcus faecalis*
- Caldo BHI
- Agar Kf
- Agar Mueller Hinton
- Agar mitis salivarius (42).

1.3.2. Equipos de laboratorio.

- Autoclave
- Balanza eléctrica
- Cocina eléctrica
- Incubadora
- Estufa
- Refrigeradora
- Mechero de Bunsen (42).

1.3.3. Instrumentos de laboratorio.

- Pipetas
- Gradillas
- Tubos de ensayo
- Placas Petri
- Varilla de vidrio
- Asa de Digrafsky
- Frascos de vidrio
- Matraz

- Pipeta Eppendorf
- Tubos Eppendorf
- Soporte Eppendorf
- Disco de papel filtro (42).

1.3.4. Materiales de escritorio.

- Cámara fotográfica
- Marcadores indelebles
- Regla milimetrada
- Cinta masking tape
- Papel craft
- Lapicero
- Material documental
- Ficha laboratorial (42).

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación espacial

2.1.1. Ámbito general

Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

2.1.2. Ámbito Específico

Laboratorio privado.

2.2. Ubicación temporal

La investigación se realizará en 2022, esta tiene una visión temporal prospectiva, ya que se recogerán datos a medida que se realice la investigación, también es de corte longitudinal por las varias etapas de observación y control (1).

2.3. Unidades de Estudio

Serán 24 placas Petri distribuidas en 6 placas las cuales tendrán una población de enterococcus feacalis, se seleccionará un grupo de colonias a las cuales se les

realizara la irradiación en los tiempos de 5,10, 15, 20, 25, 30 a una potencia de 800nm/100mw, se realizará un resembrado por cada tiempo 3 placas nuevas.

2.4. Criterios de selección

2.4.1. Criterios de inclusión

Cepa de *Enterococcus faecalis* ATCC29212 estandarizada.

2.4.2. Criterios de exclusión

Cepa contaminada de *Enterococcus faecalis* ATCC29212 estandarizada u cepa de otra bacteria.

2.5. Tamaño de grupos

Se determinó, el tamaño mínimo muestral mediante antecedentes investigativos.

3. ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN

3.1. Organización

Antes de hacer el estudio de comparación:

- Presentar la solicitud para empezar el proyecto.
- Compra de cepa estandarizada.
- Realizar la compra de los materiales necesarios.
- Obtener el láser experimental.
- Hacer la preparación de las unidades de estudios.
- Realizar prueba piloto.
- Si se observa un resultado positivo en la prueba piloto, realizar los ensayos definitivos para el estudio.

3.2. Recursos

3.2.1. Recursos humanos

- Investigador : Richard Niño de Guzman Alejos
- Asesor : Alberto Figueroa Banda

3.2.2. Recursos físicos

Laboratorio privado.

3.2.3. Recursos Económicos

Los fondos para la recolección y otras tareas investigativas son financiados por El investigador y por parte de un fondo de investigación interno por parte de la Universidad Católica de Santa María.

3.3. Prueba piloto / validación del instrumento

3.3.1. Tipo

Incluyente

3.3.2. Muestra piloto

5% total

3.3.3. Recolección piloto

- Aplicación de los instrumentos a la muestra piloto.
- Emisión de informe por un profesional de la especialidad.

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 computarizada y manual

4.1.2. Operaciones del procesamiento

- a. **Plan de clasificación:** La información obtenida será ordenada en una matriz de registro y control.
- b. **Plan de codificación:** No se utilizará.
- c. **Plan de recuento:** Será computarizado, por medio de software (Excel y SPSS versión 16), usando matrices de conteo.
- d. **Plan de tabulación:** Se utilizarán tablas numéricas de entrada doble, en ambos grupos de análisis.
- e. **Plan de Graficación:** Dependiendo de los resultados serán gráficos de barras dobles.

4.2. Plan de análisis de datos

4.2.1. Tipo de análisis

Análisis cuantitativo

4.2.2. Tratamiento estadístico

CUADRO DE TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

VARIABLES	INDICADORES	DIMENSION	ESCALA	VALOR
<ul style="list-style-type: none"> • Variable: Efecto inhibitorio del láser de diodo de baja frecuencia 	UFC	Crecimiento antibacteriano	Razón	0-x colonias

4.2.3. Tablas y gráficas

El ordenamiento se realizará en Tablas de distribución de frecuencias con las gráficas correspondientes (1).

4.2.4. Estudio de la información

Para el análisis de la información apelará a la apreciación crítica de la información.





CAPÍTULO III RESULTADOS

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

TABLA N° 1

**EFFECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA EN
DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SOBRE ENTEROCOCCUS
FAECALIS, AREQUIPA 2022**

GRUPO EXPERIMENTAL Tiempo de exposición	UFC			
	Media Aritmética	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
5 seg. (a)	19,06	0,15	18,9	19,2
10 seg. (b)	18,70	0,55	18,1	19,2
15 seg. (c)	18,86	0,05	18,8	18,9
20 seg. (d)	8,26	0,15	8,1	8,4
25 seg. (e)	3,26	0,20	3,1	3,5
30 seg. (f)	1,36	0,15	1,2	1,5
Repeticiones	3			

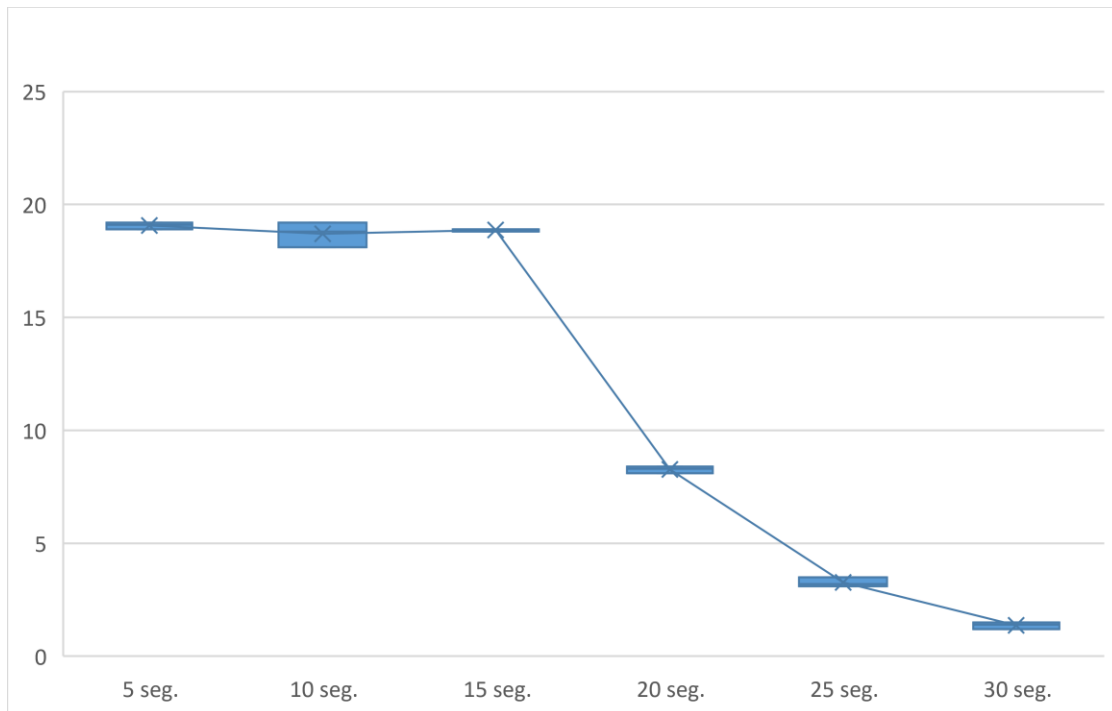
Fuente: Elaboración propia.

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

(a = b = c > d > e > f)

Se puede observar que hubo una variación en la media de los valores donde la prueba (a) fue 19,06, (b) 18,70, (c) 18.86, (d) 8,26, (e) 3,26, (f) 1,36. También se observa que a la prueba estadística ANOVA se obtuvo un resultado significativo y se realizó una prueba completaría TUQUEY para observar donde se dio el cambio, el crecimiento no tubo variación puesto que a, b y c el resultado fue iguales, pero en d, e y f se observó y se comprobó estadísticamente que existió una diferencia en el crecimiento disminuyendo el número de UFC

GRÁFICO N° 1
EFFECTO INHIBITORIO DEL LÁSER DE DIODO DE BAJA FRECUENCIA EN
DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN SOBRE ENTEROCOCCUS
FAECALIS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 2
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 5
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022

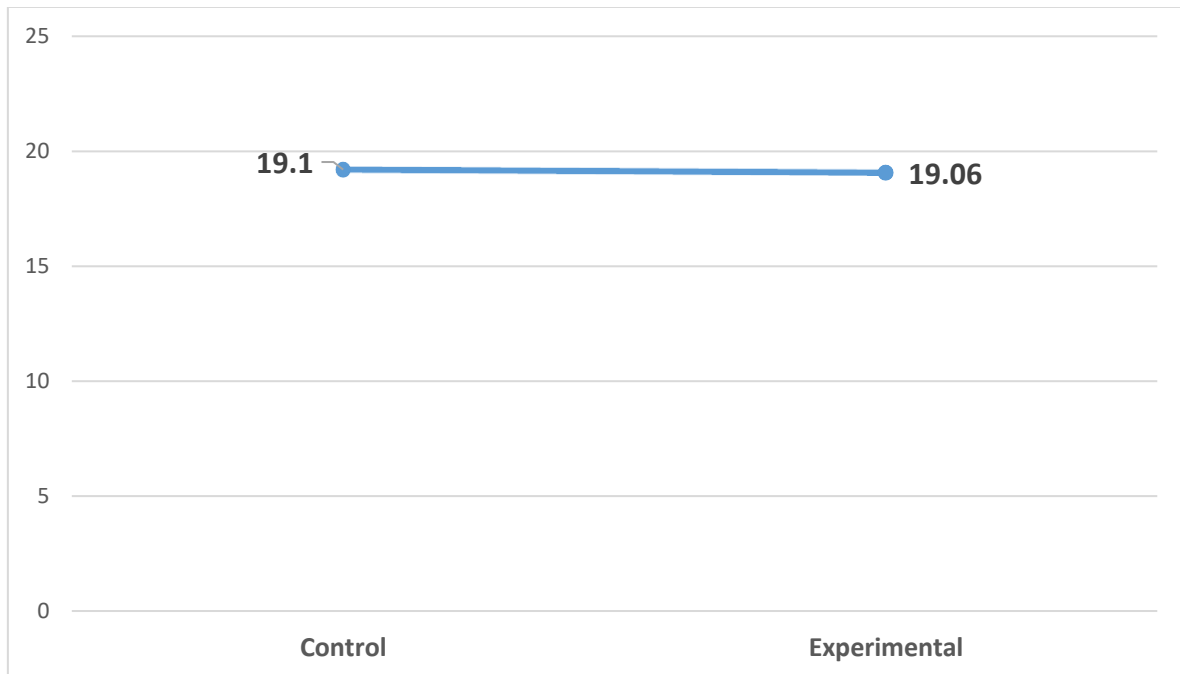
TIEMPO	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
05 segundos		
Media Aritmética	19,10	19,06
Desviación Estándar	---	0,15
Valor Mínimo	19,1	18,9
Valor Máximo	19,1	19,2
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

P = 0,628 (P ≥ 0,05) N.S.

Se puede apreciar que no existe diferencias entre las medias de las UFC, donde el control 19.1 y el experimental 19.06. según la prueba T Student el valor de p es mayor a 0.05 lo que nos permite inferir que no existe diferencia estadística significativa, siendo estas iguales donde el láser no obtuvo eficacia.

GRÁFICO N° 2
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 5
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 3
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 10
SEGUNDOS DE EXPOSICIÓN, AREQUIPA 2022

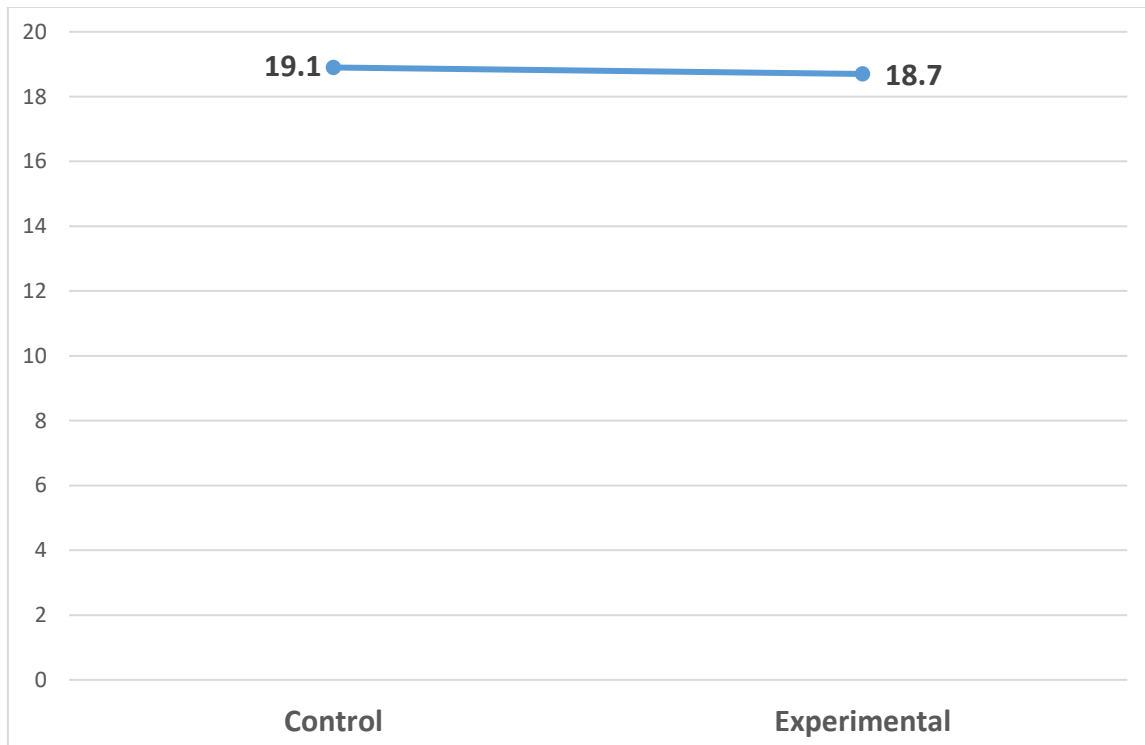
TIEMPO DE EXPOSICION	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
10 segundos		
Media Aritmética	19,10	18,70
Desviación Estándar	---	0,55
Valor Mínimo	19,1	18,1
Valor Máximo	19,1	19,2
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

P = 0,426 (P ≥ 0,05) N.S.

Se puede observar que no hay variación entre las UFC tanto en la media de control 19,10 y la experimental 18,70, según el análisis comparativo T Student el valor de P es mayor a 0.05 lo que nos permite inferir que no existe diferencia estadística significativa, siendo estas iguales donde el láser no obtuvo eficacia.

GRÁFICO N° 3
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 10
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 4
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 15
SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022

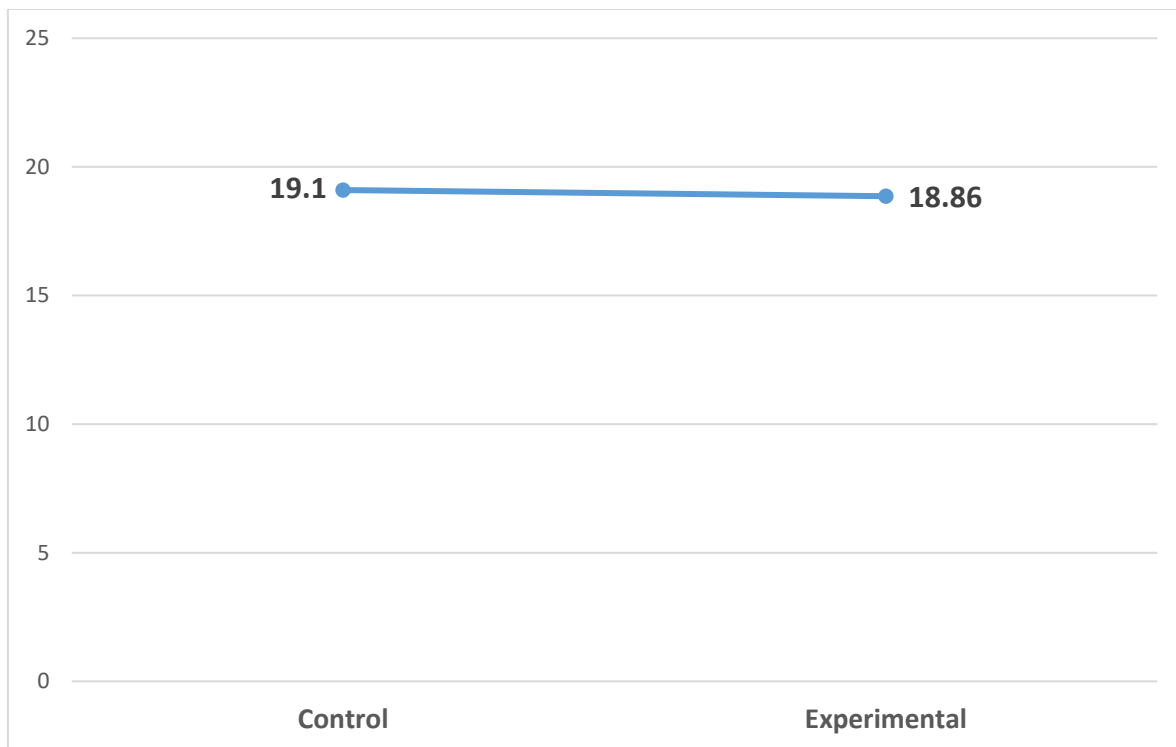
TIEMPO DE EXPOCISION	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
15 segundos		
Media Aritmética	19,10	18,86
Desviación Estándar	---	0,05
Valor Mínimo	19,1	18,8
Valor Máximo	19,1	18,9
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

$P = 0,073$ ($P \geq 0,05$) N.S.

Se puede apreciar que no existe diferencias ente las medias de las UFC a los 15 segundos de irradiada, donde el control 19.1 y el experimental 18.86. según la prueba T Student el valor de p es mayor a 0.05 lo que nos permite inferir que no existe diferencia estadística significativa, siendo estas iguales donde el láser no obtuvo eficacia.

GRÁFICO N° 4
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 15
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 5
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 20
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022

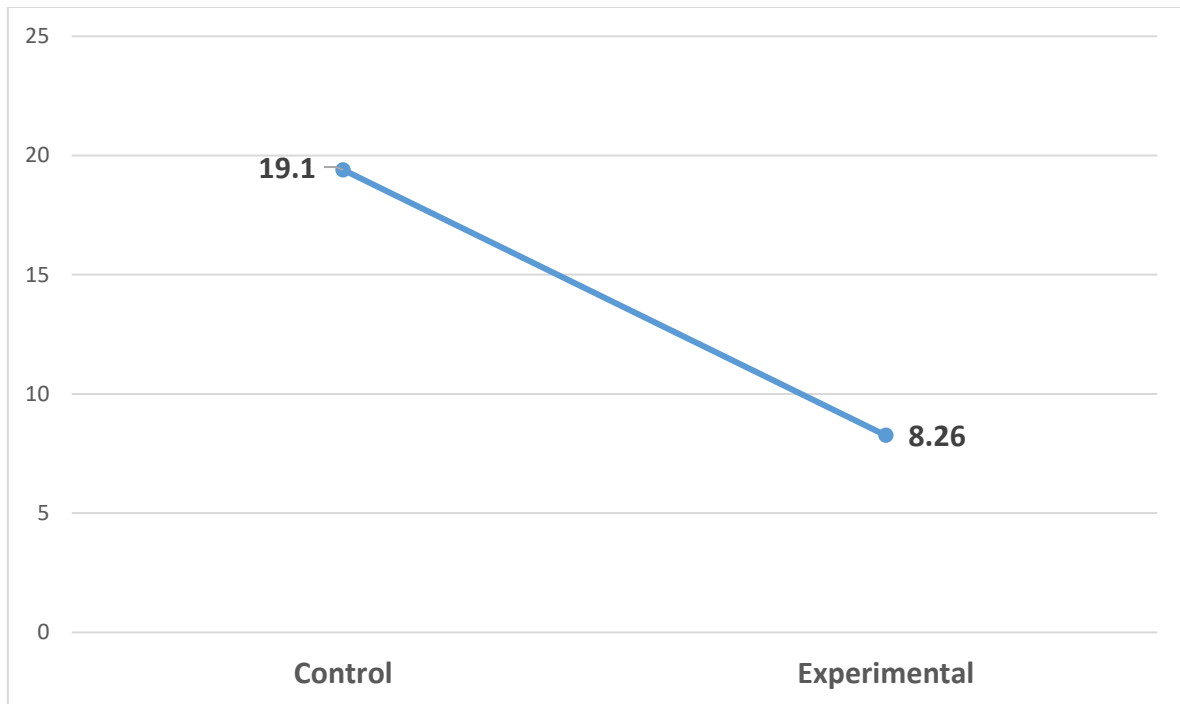
TIEMPO DE EXPOSICION	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
20 segundos		
Media Aritmética	19,10	8,26
Desviación Estándar	---	0,15
Valor Mínimo	19,1	8,1
Valor Máximo	19,1	8,4
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

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

Se puede apreciar que hay diferencias entre las medias de las UFC a los 20 segundos de irradiado, donde el control 19.10 y el experimental 8,26. según la prueba T Student el valor de p es menor a 0.05 lo que nos permite inferir que, si existe diferencia estadística significativa, siendo este periodo de tiempo efectivo para el láser demostrando una disminución en el número de colonias con el valor mínimo fue de 8,1 y el máximo 8,4.

GRÁFICO N° 5
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 20
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 6
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 25
SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022

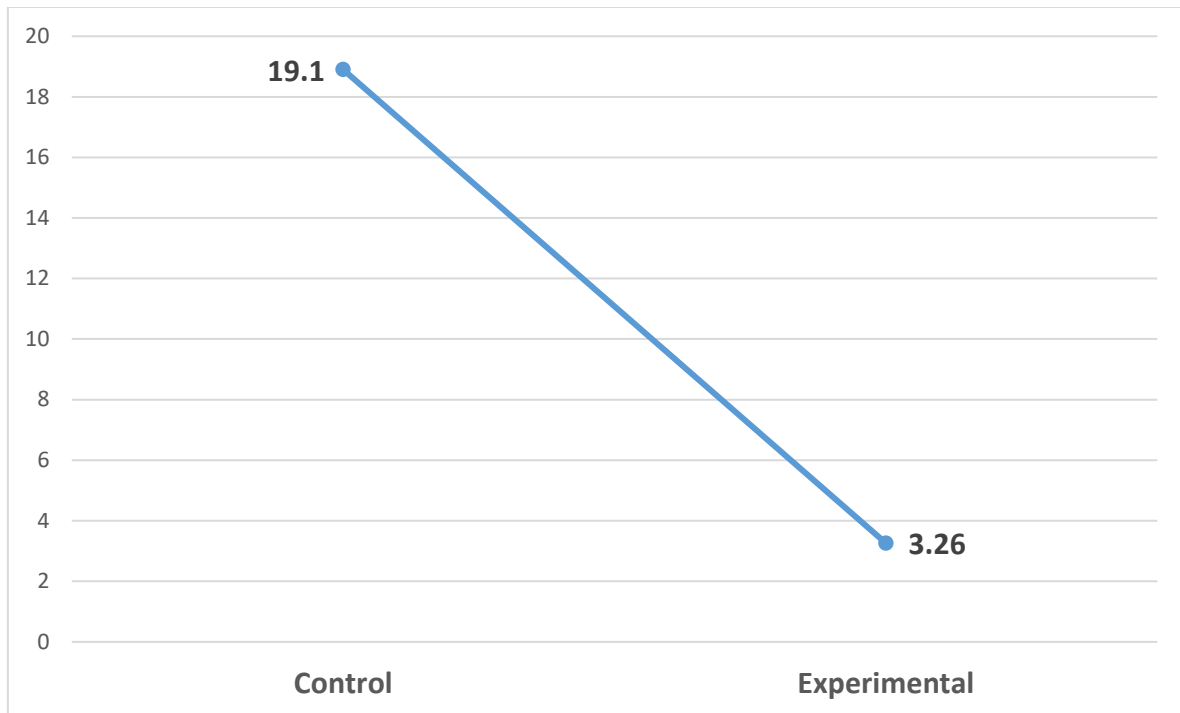
TIEMPO DE EXPOCISION	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
25 segundos		
Media Aritmética	19,10	3,26
Desviación Estándar	---	0,20
Valor Mínimo	19,1	3,1
Valor Máximo	19,1	3,5
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

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

En la siguiente tabla podemos visualizar que hay diferencias ente las medias de las UFC a los 25 segundos de la aplicación del láser, donde el control 19,10 y el experimental 3,26. según la prueba T Student el valor de p es menor a 0.05 lo que nos permite inferir que, si existe diferencia estadística significativa, siendo este periodo de tiempo efectivo para el láser demostrando una disminución en el número de colonias con el valor mínimo fue de 3,1 y el máximo 3,5.

GRÁFICO N° 6
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 25
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 7
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 30
SEGUNDOS DE EXPOCISION, AREQUIPA 2022

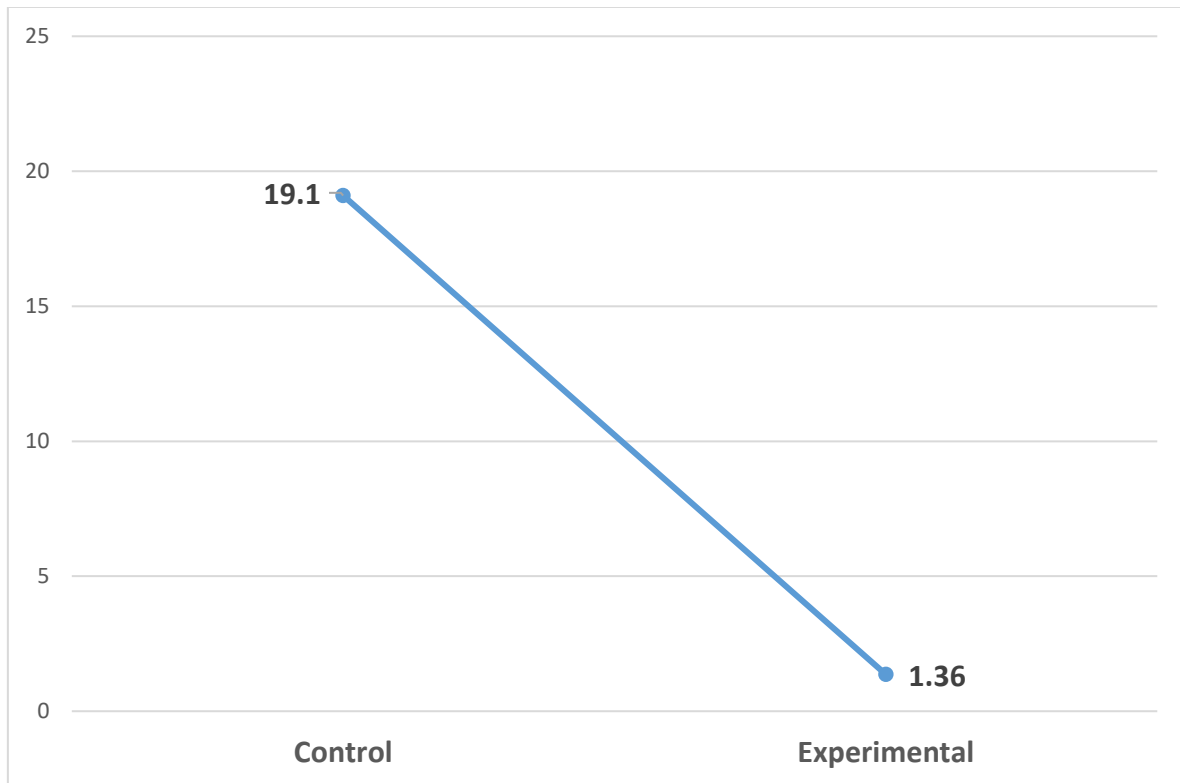
TIEMPO DE EXPOCISION	Grupo de Estudio	
	Control	Experimental
30 segundos		
Media Aritmética	19,10	1,36
Desviación Estándar	---	0,15
Valor Mínimo	19,1	1,2
Valor Máximo	19,1	1,5
Repeticiones	1	3

Fuente: Elaboración propia.

$$P = 0,000 (P < 0,0)$$

Se puede observar que hay diferencias entre las medias de las UFC a los 30 segundos de irradiado, donde el control obtuvo 19.10 y el experimental fue de 1,36. según la prueba T Student el valor de p es menor a 0.05 lo que nos permite inferir que, si existe diferencia estadística significativa, siendo este periodo de tiempo efectivo para el láser demostrando una disminución en el número de colonias donde el valor mínimo fue de 1,2 y el máximo 1,5 demostrando la efectividad del láser a los 30 segundos.

GRÁFICO N° 7
COMPARACIÓN ENTRE EL GRUPO CONTROL Y EL LÁSER DE DIODO DE
BAJA FRECUENCIA SOBRE ENTEROCOCCUS FAECALIS A LOS 30
SEGUNDOS, AREQUIPA 2022



Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En relación con los resultados obtenidos por el láser de diodo de baja frecuencia sobre el *enterococcus faecalis*, se demostró que este obtuvo una eficacia a partir de los 20 segundos de aplicación con un mejor resultado a los 30 segundos.

Así mismo la investigación realizada por los autores: Norbert Gutknech; Dirk Van Gogswaardt, Georg Conrads, Christian Apel, Claus Schubert y Friedrich Lamper. La cual se titula Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. Obtuvo resultados similares con un 74% de eficacia a los 30 segundos de irradiación (38).

Por su parte el investigador Benjamín Bernardo Barriga Pérez es su investigación: Eficacia antibacteriana de la activación ultrasónica pasiva y el láser de diodo como procedimientos complementarios a la desinfección endodóntica. Obtuvo resultados óptimos con respecto a esta investigación con un 99.50% de eficacia, cabe mencionar que esta investigación utilizó el láser como método complementario a una desinfección, que tuvo una preparación químico-mecánica de NaOCL al 25% y una terapia fotodinámica (39).

También tienen cierta coincidencia con el estudio hecho por: Pablo Betancourt, Josep Arnabat- Domínguez, Miguel Viñas titulado: Irrigación activada por láser en endodoncia. 2021 donde demuestran las limitaciones de una terapia endodóntica convencional deja un 35% de superficie de dentina sin preparar, donde la irrigación activada por láser fue capaz de generar una limpieza y desinfección al igual que la aplicación de este proyecto (40).

Cabe mencionar que existen más estudios utilizando en laser como método complementario de irrigación como una terapia fotodinámica donde la investigación denominada Efecto antimicrobiano de la terapia fotodinámica sobre *enterococcus faecalis*, estudio in vitro como autores a: Silva EJNL, Coutinho-Filho WP, Andrade AO, Herrera DR, Hirata-Junior R, Coutinho-Filho TS, Krebs RL. Publicado en el año 2011 donde utiliza el láser como una terapia complementaria obteniendo resultados positivos y iguales que esta investigación (41).

CONCLUSIONES

PRIMERA:

El láser de diodo experimental es eficaz frente a la bacteria enterococcus faecalis.

SEGUNDA:

El láser de diodo experimental no demostró eficacia significativa frente a la bacteria enterococcus faecalis a los tiempos irradiados de 5, 10 y 15 segundos.

TERCERA:

El láser de diodo experimental fue eficaz, con una reducción significativa de la bacteria enterococcus faecalis a los tiempos irradiados de 20, 25 y 30 segundos.

CUARTO:

Por lo tanto, se aprueba la hipótesis de la investigación dado que hubo un resultado eficaz a partir de los 20 segundos de irradiado con una notable mejoría a los 30 segundos causando inhibición de esta bacteria.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los futuros tesisistas trabajar en los tiempos efectivos con diferentes secciones de trabajo.
2. Se recomienda trabajar con otros tiempos para comparar la efectividad.
3. A los investigadores se recomienda buscar un tipo de conductor que tenga mayor efectividad con respecto al tiempo.
4. A los creadores se les recomienda colocar sus efectos adversos si se sobrepasa el tiempo de exposición.



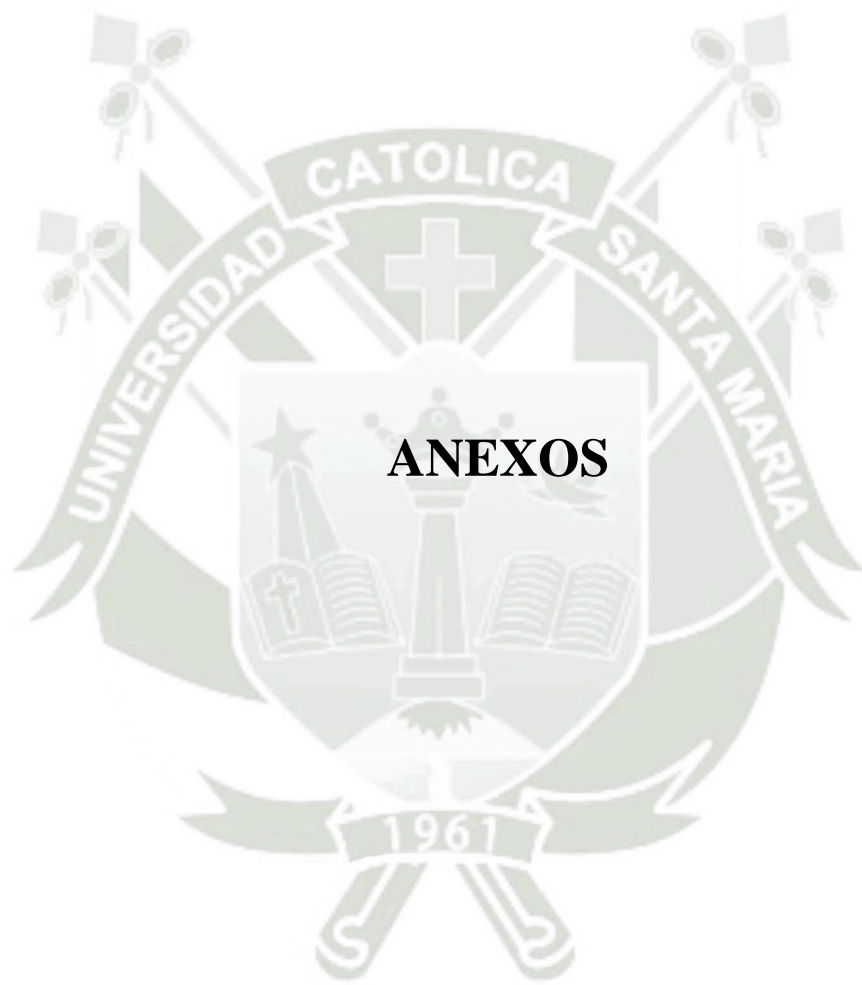
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rojas Galárraga, Mónica Michelle. Reducción de *Enterococcus faecalis* en el conducto radicular con láser erbio y diodo. Estudio in vitro. 2021 [dentista] [poegdc, editor. Quito; 2021 Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24582>.
2. Pupo Marrugo, S., Et Al. Eliminación de *Enterococcus faecalis* por medio del uso de hipoclorito de sodio, clorhexidina y MTAD en conductos radiculares. Avances en odontoestomatología. 2014; 30(5): 263-270 Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852014000500004#:~:text=El%20hipoclorito%20de%20sodio%20y%20MTAD%20resultan%20altamente%20eficaces%20en,periodontitis%20apical%20cr%C3%B3nica%20no%20supurativa.
3. Castro, Gonzalo López. Láser en periodoncia. RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España. 2014; 19(4): 271-275.
4. Di Stefano, Rosanna. El Láser Er: Yag como alternativa en la práctica odontológica operatoria. Acta Odontológica Venezolana. 2004; 42(2): 72-80.
5. Soler Rus, Miguel Odín. Inestabilidades en láseres de estado sólido y gran apertura; 2016.
6. García-Ortiz de Zárate, Fernando, et al. Aplicaciones del láser de CO2 en Odontología. RCOE. 2004; 9(5): 567-576.
7. Bilmes, Gabriel M. Laser: Ediciones Colihue SRL; 1992.
8. Dehaven, William, et al. "Laser Adventure": Converting Print Material to a Web Site. Computers in Physics. 1997; 11(5): 411-414.
9. España AJ, Velasco V, Gay Escoda C, Berini L, Arnabat J. Aplicaciones del láser de CO2 en Odontología. Madrid: Ergon. 1995.
10. Romanos GE, Everts H, Nentwig GH. Effects of diode and Nd:YAG laser irradiation on titanium discs: A scanning electron microscope examination. J Periodontol. 2000;71:810-5.
11. Trullols C, España AJ, Berini L, Gay Escoda C. Aplicaciones del láser blando en Odontología. Anal Odontoestomatol. 1997;2:45-51.
12. Jesús, Antonio. Aplicaciones del láser en Odontología. Rcoe. 2004; 9(5): 497-511.

13. Matsumoto K. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2000;4:889-905.
14. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: Results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997;28:205-9.
15. Kreisler M, Kohnen W, Beck M y cols. Efficacy of NaOCl/H₂O₂ irrigation and GaAlAs laser in decontamination of root canals in vitro. *Lasers Surg Med.* 2003;32:189-96.
16. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Szathmari L, Georg T, Becker J. In vivo and in vitro effects of an Er:YAG laser, a GaAlAs diode laser, and scaling and root planing on periodontally diseased root surfaces: A comparative histologic study. *Lasers Surg Med.* 2003;32:359-66.
17. Herbert I. Use of lasers in periodontics. *Dent Clin North Am.* 2000;4:779-89.
18. Moritz A, Gutknecht N, Doertbudak O y cols. Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser: A pilot study. *J Clin Laser Med Surg.* 1997;15:33-7.
19. Kreisler M, Al Haj H, Daublander M y cols. Effect of diode laser irradiation on root surfaces in vitro. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20:63-9.
20. Strauss R. Lasers in oral and maxillofacial surgery. *Dent Clin North Am.* 2000;4: 851-71.
21. Girón-González J y Pérez-Cano R. Tratamiento de las infecciones por Enterococo. *Rev. Clin Exp.* 2003; 203 (10):482-485.
22. Gamboa Jaimes, Fredy Omar. Identificación y caracterización microbiológica, fenotípica y genotípica del *Enterococcus faecalis*. *Universitas Odontológica.* 2014; 33(71): 79-88.
23. Pinos, Paola Pacurucu, Et Al. Métodos de diagnóstico microbiológico desde el punto de vista odontológico. *Rev. Cient. Univ. Odontol. Dominic.* 2020; 9(1).
24. Madhu KS, Mathew S. Review of microbiology of endodontics and molecular identification of microorganisms from endodontic infections. *J Otolaryngol ENT Res.* 2018. 10(6):417-420.
25. Cruz SM, Díaz P, Arias D, Mazón GM. Microbiota de los ecosistemas de la cavidad bucal. *Rev Cubana Estomato.* 2017;54(1).

26. Gil, Marielsa. Enterococcus faecalis. Lifeder. [Online].; 2022. Available from: <https://www.lifeder.com/enterococcus-faecalis/>.
27. Fernández F, Fuente J, Rubianes M, Pérez S, Álvarez A, Nodar A, Sopeña B, Martínez C. Bacteriemia por Enterococcus faecalis. Rev Clin Esp. 2004, 204:244-250.
28. Alemán, Zulia Weng, et al. Control de medios de cultivo con empleo de cepas bacterianas autóctonas como patrones secundarios de referencia. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2004; 42(1).
29. El Mabrouki, K., et al. Algunos ensayos analíticos de laboratorio realizados utilizando toma muestras de succión cerámicos y de teflón con aguas residuales urbanas. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. 1999;: 103-108.
30. Arteaga, Paula Andrea Brantes. Diseño de un Medio de Cultivo Alternativo para la Cepa Láctica BAL-C Productora de una Sustancia Tipo Bacteriocina (STB) Inhibitoria de Listeria monocytogenes. In.; 2011.
31. Fernández, Obdulio, et al. Las peptonas de uso bacteriológico. Boletín de la Universidad de Madrid. 1929; 1(1): 50-59.
32. Fiñana, Isaac Túnez; Cejudo, Aurora Galván; Fernández, Emilio. pH y amortiguadores: Tampones fisiológicos. Amortiguadoras. 2001; 3: 1-11.
33. Sosa, Gustavo Gomez. Indicadores de pH: Química Analítica I, Facultad de Química UNAM; 2010.
34. Viresa. Tipos de medio de cultivo. [Online].; 2021. Available from: https://viresa.com.mx/blog_tipos_medios_cultivo.
35. Mondino, Pedro. Preparación de medios de cultivo. Métodos en Fitopatología. 2009.
36. Horna Quintana, Gertrudis, et al. Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida de ciprofloxacina en bacterias uropatógenas aisladas en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Revista Medica Herediana. 2005, vol. 16, no 1, p. 39-45.
37. IDEXX Laboratories. Guía microbiológica para interpretar la concentración mínima inhibitoria (CMI). [Online].; 2022. Available from: <https://www.idexx.es/files/mic-gui%CC%81a-microbiolo%CC%81gica-es.pdf>.

38. Norbert Gutknech, Dirk Van Gogswaardt, Georg Conrads, Christian Apel, Claus Schubert, And Friedrich Lampert. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. Apr 2000.57-60.
39. Benjamín Bernardo Barriga Pérez. Eficacia antibacteriana de la activación ultrasónica pasiva y el láser de diodo como procedimientos complementarios a la desinfección endodóntica Quito. Proyecto de investigación Universidad Central del Ecuador Facultad de Odontología. 2019.
40. Betancourt, Josep Arnabat-Domínguez, Miguel Viñas. Irrigación activada por láser en endodoncia temuco. *Int. J. Odontostomat.* vol.15 no.3 Temuco set. 2021.
41. Silva EJNL, Coutinho-Filho WP, Andrade AO, Herrera DR, Hirata-Junior R, Coutinho-Filho TS, Krebs RL. Efecto antimicrobiano de la terapia fotodinámica sobre *Enterococcus faecalis*, estudio in vitro. *Rev Estomatol Herediana.* 2011; 21(4):185-189.
42. Pedraza Maquera, Karla Ivohne. Medicación intraconducto frente al *Enterococcus faecalis*. *Revista Odontológica Basadrina* 2019, Vol. 3 (2) 49-55.



ANEXO 1

FICHA DE OBSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA

SENSIBILIDAD MICROBIANA:

ESPÉCIMEN: *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

MEDICION A LAS 24, HORAS

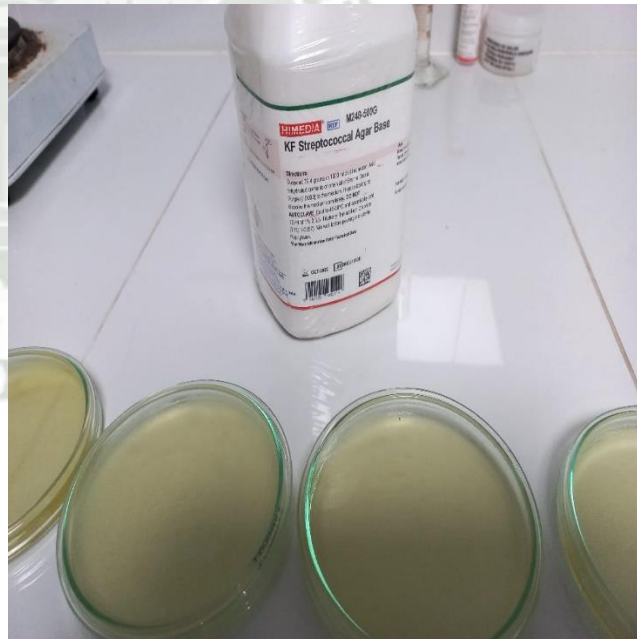
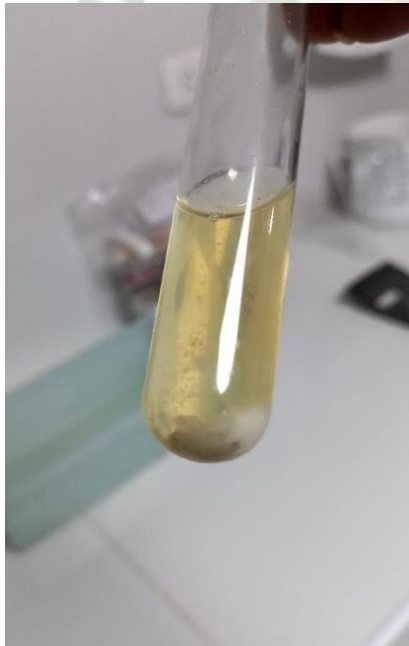
MUESTRA	PLACAS	VIABILIDAD						OBSERVACIONES
		TIEMPOS						
		5 +seg	10 seg	15 seg	20 seg	25 seg	30 seg	
Grupo control PROMEDIO		19.1	19.1	19.1	19.1	19,1	19.1	
Grupo de resultados exposición 800nm/100	1er grupo	19.2	18.8	18.9	8.4	3.2	1.5	
	2do grupo	19.1	18.1	18.8	8.3	3.5	1.4	
	3er grupo	18.9	19.2	18.9	8.1	3.1	1.2	

ANEXO 2 SECUENCIA FOTOGRÁFICA

1. A OBTENCION DE LA CEPA



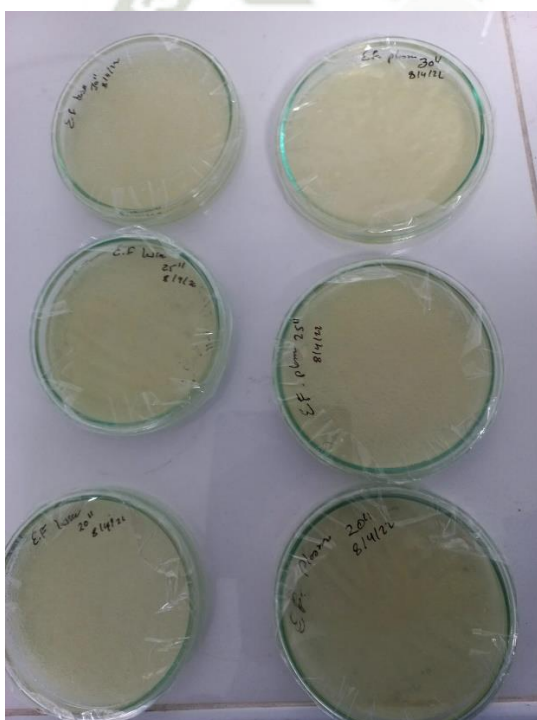
2. REACTIVACION DE LA CEPA ATCC 29212



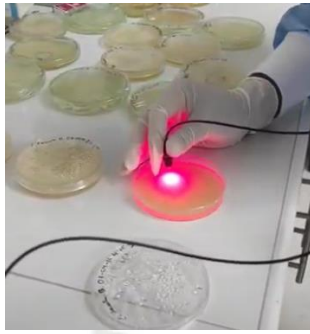
3. OBSERVACION MACROSCOPICA



4. SELECCIÓN DE COLONIAS



5. APLICACIÓN DEL DISPOSITIVO



6. LECTURA A LAS 24 HORAS

