



Facultad de Ciencias De La Salud

Tema:

**Estudio Comparativo De Crecimiento Bacteriano Entre La Membrana De PTFE y
Membrana De Zirconio. Estudio In Vitro**

**Trabajo de titulación para la obtención del Título de Especialista en Periodoncia e
Implantología Quirúrgica**

Presentado por:

Paola Belén Tapia Beltrán

Tutor:

Dr. Luis Naranjo

Quito, agosto 2026

Declaración de aceptación de norma ética y derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Nombre : Paola Belén Tapia Beltrán

Firma:

Cédula de identidad: 1723037576

Dedicatoria

Hoy culmino una de las etapas más difíciles y significativas de mi vida: convertirme en especialista en Periodoncia e Implantología Quirúrgica. Este logro no solo representa años de estudio y sacrificio, sino también una lucha constante llena de desafíos, esfuerzo y perseverancia.

Primero quiero agradecer a Dios, porque en los momentos más difíciles fue mi refugio y mi fortaleza. Hubo días en los que sentí que no podía continuar, pero su guía me dio la fuerza para seguir adelante aun en medio del cansancio, la enfermedad, la presión y las dificultades que atravesé durante este camino.

A lo largo de este posgrado viví momentos muy duros que pusieron a prueba mi fortaleza física, emocional y mental. Hubo días de incertidumbre, lágrimas, agotamiento y preocupaciones que hicieron que el camino pareciera imposible. Sin embargo, cada obstáculo me enseñó a resistir, crecer y continuar.

Quiero dedicar este logro, de manera muy especial, a mis padres y a mi hermano, quienes fueron mi mayor apoyo en todo momento. Gracias por sostenerme cuando sentía que no podía más, por acompañarme moral y económicamente, por creer en mí incluso en mis peores días y por ayudarme a no rendirme jamás. Este título también les pertenece a ustedes.

Agradezco profundamente a cada uno de mis pacientes, quienes confiaron en mis manos y en mi formación. Gracias por permitirme aprender, crecer profesionalmente y acompañarlos en sus tratamientos. Su confianza fue fundamental para alcanzar esta meta.

Mi más sincero agradecimiento también a mis profesores, por compartir sus conocimientos, enseñanzas, experiencia y paciencia durante todo este proceso de formación. Gracias por cada

corrección, consejo y guía brindada, porque cada aprendizaje contribuyó significativamente a mi crecimiento profesional y personal. Su dedicación y compromiso dejaron una huella importante en mi camino como especialista.

También quiero agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron para que pudiera finalizar este posgrado: familiares, amigos, colegas y quienes estuvieron presentes con una palabra de apoyo, una ayuda o un gesto de aliento en los momentos más difíciles.

Hoy entiendo que detrás de cada meta alcanzada existe una historia de sacrificio que muchas veces nadie ve. Y aunque el camino fue duro, cada lágrima, cada desvelo y cada esfuerzo valieron la pena.

Con orgullo, gratitud y humildad, cierro esta etapa sabiendo que todo lo vivido me convirtió no solo en una mejor profesional, sino también en una persona más fuerte.

Índice

Declaración de aceptación de norma ética y derechos.....	2
Estudio Comparativo De Crecimiento Bacteriano Entre La Membrana De PTFE y Membrana De Zirconio. Estudio In Vitro.....	7
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Metodología.....	12
Diseño del estudio.....	12
Hallazgos.....	14
Discusión.....	17
Conclusiones.....	21
Referencias.....	22
Anexo.....	26

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Distribución de los datos</i>	15
Tabla 2. <i>Datos de las Unidades de formadora de colonias UFC/ml- log10</i>	16
Tabla 3. <i>Comparación de las UFC/ml (log 10) en función del tipo de membrana</i>	16
Tabla 4. <i>Comparación de las UFC/ml (log 10) en función del tiempo de cultivo</i>	17

Estudio Comparativo De Crecimiento Bacteriano Entre La Membrana De PTFE y Membrana De Zirconio. Estudio In Vitro

Paola Belén Tapia Beltrán

Correo: paitotbb@hotmail.com

Universidad Hemisferios

Resumen

La adhesión bacteriana a biomateriales usados en procedimientos de regeneración ósea guiada representa un factor crítico para el éxito de los tratamientos en implantología. Los microorganismos asociados a las infecciones persistentes con *Enterococcus faecalis*, tiene la capacidad de supervivencia, formación de biofilm y resistencia a condiciones adversas. El objetivo de la investigación fue evaluar que superficie de las membranas PTFE y Zirconia (membrana de cerámica avanzada a base de dióxido de circonio ZrO_2) tiene mayor crecimiento y contaminación bacteriana de la cepa *Enterococcus faecalis*, estudio *in vitro*. La investigación fue tipo cuantitativa, observacional, longitudinal, experimental e *in vitro*, con membranas de PTFE y zirconia inoculadas con la bacteria bajo condiciones controladas y evaluados en un tiempo de 2 y 7 días. El crecimiento bacteriano se identificó con la técnica impronta y con el recuento de UFC/ml, se transformaron a $\log_{10}$ para el análisis estadístico (pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney y Wilcoxon) con un nivel de confianza del 95%. Los resultados determinaron que mayor crecimiento bacteriano tuvieron las membranas de PTFE con relación a la zirconia en los dos tiempos evaluados. Asimismo, se evidenció una proliferación bacteriana en el tiempo de incubación, hubo una variación estadística con el p-valor <0.05 . Las membranas de zirconia presentan menor colonización bacteriana por *Enterococcus faecalis* que las membranas PTFE,

convirtiéndolo en una alternativa prioritaria en el procedimiento de regeneración ósea guiada e implantología.

Palabras clave: Membrana PTFE, Zirconía, *Enterococcus faecalis*, Implantología Oral, Biomateriales dentales.

Abstract

Bacterial adhesion to biomaterials used in guided bone regeneration procedures is a critical factor for the success of implant treatments. Microorganisms associated with persistent *Enterococcus faecalis* infections have the capacity for survival, biofilm formation, and resistance to adverse conditions. The objective of this research was to evaluate which surface of PTFE and Zirconia membranes (an advanced ceramic membrane based on zirconium dioxide, ZrO₂) exhibits the greatest bacterial growth and contamination of the *Enterococcus faecalis* strain in an *in vitro* study. The research was quantitative, observational, longitudinal, experimental, and *in vitro*, using PTFE and zirconia membranes inoculated with the bacteria under controlled conditions and evaluated at 2 and 7 days. Bacterial growth was identified using the imprint technique, and the CFU/ml count was calculated. Data were transformed to log₁₀ for statistical analysis (non-parametric Mann-Whitney U and Wilcoxon tests) with a 95% confidence level. The results showed that PTFE membranes exhibited greater bacterial growth compared to zirconia membranes at both evaluation time points. Furthermore, bacterial proliferation was observed during the incubation period, with a statistically significant difference ($p < 0.05$). Zirconia membranes showed less bacterial colonization by *Enterococcus faecalis* than PTFE

membranes, making them a preferred alternative in guided bone regeneration and implantology procedures.

Keywords: PTFE membrane, Zirconia, Enterococcus faecalis, Oral Implantology, Dental Biomaterials.

Introducción

La regeneración ósea guiada (ROG) es un procedimiento quirúrgico que emplea una membrana de barrera para la prevención del crecimiento del tejido blando, al tiempo que permite la formación del hueso nuevo (Abtahi et al., 2023). Diversos factores como la extracción dental, el trauma, la enfermedad periodontal y tratamientos previos fallidos pueden generar una pérdida ósea alveolar significativa; ante estas situaciones, las técnicas de regeneración guiada se convierten en una herramienta fundamental para restaurar la función y la estética del paciente (Ghensi, et al, 2017, p. 334). Por lo cual, una de las técnicas quirúrgicas disponibles es el procedimiento de regeneración ósea guiada (Ghensi, et al, 2017, p. 335).

Las membranas de barrera se utilizan en los procedimientos de regeneración ósea y actúan de forma biológica o mecánica contra la invasión de células no deseadas como el tejido gingival (Deng, et al, 2022, p. 2). Los tipos de membranas que se utilizan son dos: las no reabsorbibles son bioinertes y requieren de una segunda intervención quirúrgica para su extracción, las reabsorbibles son biodegradables y tienen tasas de reabsorción. Independientemente de los tipos de membranas, estas difieren por las características físicas y biomateriales (Sam & Pillai, 2014, p. 14). También se consideran la compatibilidad tisular,

mantenimiento de espacio, estabilización del coágulo sanguíneo, oclusión celular, resistencia mecánica y tasas de reabsorción predecible (Randolph, 2018).

Los estudios experimentales y clínicos que usan membranas bioreabsorbibles y no reabsorbibles como el politetrafluoroetileno (PTFE), mallas de titanio, colágeno con ácido poliláctico y copolímeros están asociadas con las infecciones y exposición a bacterias en la regeneración ósea (Abtahi et al., 2023). En la regeneración ósea se considera riesgos de infección, dolor, rechazo al injerto e incluso el tejido regenerado sea limitado; otro de los problemas más comunes en la implantología es la pérdida parcial o total de la estructura alveolar por las extracciones dentales y tratamientos odontológicos que generan riesgos en términos de reabsorción ósea (Liu et al., 2025, p. 3). La exposición de las membranas permite la contaminación por bacterias durante la cirugía o en la etapa de regeneración (Ortiz, et al, 2006, p. 136).

El *Enterococcus faecalis* es un microorganismo anaerobio facultativos grampositivos y es el principal patógeno asociado al fracaso del tratamiento endodóntico (Coronel et al., 2026, p. 2). Su presencia está en los conductos radiculares y hueso circundante. Es considerado como un factor clave en la pérdida ósea (Flanagan, 2017). El crecimiento y la contaminación se da en la superficie interna o externa de la membrana en contacto con el epitelio (Blancas et al., 2021). Igualmente, colonizan solos, en pares o en cadenas y aparecen como coco bacilos cuando se realiza la tinción de Gram en muestras provenientes de placas de agar. Es un microorganismo con un crecimiento óptimo a 35°C; sin embargo, se ha observado crecimiento entre 10 y 45°C (Gutiérrez et al., 2023, p. 92).

La influencia de las membranas en la regeneración ósea es la capacidad de resistencia ante la colonización de bacterias y estudio de factores de riesgo como la textura de la superficie, las características del biomaterial y la porosidad cambian la adherencia (Shi et al., 2025). La evaluación de la presencia de *Enterococcus faecalis* en las membranas no reabsorbibles que se retiran en una segunda cirugía, excepto en algunos tratamientos de reforzamiento que se mantienen más tiempo (Pupo Marrugo et al., 2014). Las membranas no reabsorbibles son materiales aprobados para uso clínico, mantiene la integridad estructural y son dejadas por mucho tiempo sobre los tejidos, su función es temporal y después completada se remueve, pero es susceptible a la contaminación bacteriana postquirúrgica (Burgos, 2005).

Entre uno de los riesgos es la presencia bacteriana *Enterococcus faecalis* que se considera resistente, sobrevive en ambientes hostiles y colonizan superficies quirúrgicas que incluyen las membranas (Romero et al., 2025). La evaluación de las membranas dentales ante la exposición de la bacteria que posee una habilidad de colonización e infección y es capaz de sintetizar una amplia variedad de proteínas ante las condiciones adversas ambientales como un alto pH (Rodríguez-Niklitschek et al., 2015). La verificación de la capacidad de formación de biopelículas de la bacteria en superficies lisas tales como las membranas PTFE y Zirconia que pueden comprometer la regeneración ósea cuando existe infección de los tejidos blandos (Vargas, 2016).

En vista de lo expuesto se plantea el objetivo de comparar que superficie de la membrana PTFE y Zirconia tiene mayor crecimiento y contaminación bacteriana de la cepa *Enterococcus faecalis*, en un estudio *in vitro*. Para lograr con lo propuesto, se efectuó un estudio de tipo cuantitativo, observacional, longitudinal, experimental e *in vitro*, en la que se inocularon las membranas no reabsorbibles con el microorganismo bajo condiciones controladas y evaluados en

un tiempo de 2 y 7 días, se evaluó el crecimiento bacteriano con la técnica impronta y con el recuento de UFC/ml.

Metodología

Diseño del estudio

El presente estudio fue de tipo cuantitativo, observacional, longitudinal, experimental e *in vitro*, que permitió la evaluación y comparación de la superficie de las 40 membranas de barrera no reabsorbibles (no reabsorbibles de politetrafluoroetileno (PTFE) y Zirconio) al crecimiento bacteriano de *Enterococcus faecalis*. El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula para la comparación de medias, con un nivel de confianza del 95%, poder estadístico del 80%, desviación estimada del 0.5 y diferencia mínima detectada de 0.7 unidades logarítmicas de UFC/ml. Se utilizó el muestreo de aleatorización simple para la siguiente subdivisión de la muestra: Grupo 1A (n=10): Membrana de PTFE a un tiempo de incubación de 2 días, Grupo 1B (n=10): Membrana de PTFE a un tiempo de incubación de 7 días, Grupo 2A (n=10): Membrana de zirconia a un tiempo de incubación de 2 días y Grupo 2B (n=10): Membrana de zirconia a un tiempo de incubación de 7 días. Las dimensiones de las membranas dentales fueron de 1 x 1 cm.

En la investigación fueron incluidas las membranas no reabsorbibles de politetrafluoroetileno (PTFE) y Zirconio de 1 x 1 cm, nuevas y esterilizadas, se excluyeron las membranas no reabsorbibles manipuladas, sin condiciones asépticas y defectuosas.

La preparación, manipulación y la estandarización de las membranas dentales fue realizada por la investigadora. Inicialmente se colocaron las membranas sobre la superficie

estéril manipulados con pinzas y guantes. Se cortaron en dimensiones estándar de 1 x 1 cm para asegurar la uniformidad del experimento. La limpieza previa se realizó con solución salina estéril y agua destilada. Previo a la contaminación con el microorganismo, se realizó la esterilización de las membranas dentales, en el caso del grupo 1A y 1B de membranas PTFE se realizó con la autoclave a una temperatura de 121 °C, presión de 15 psi, en un tiempo de 15 minutos. Para el grupo 2 A y 2B, las membranas de zirconia se esterilizó por radiación UV durante 15 minutos.

Para garantizar la ausencia de contaminación microbiológica, cada grupo fue almacenados en placas Petri estériles. Las cepas *Enterococcus faecalis* fueron cultivadas de manera independiente en placas de agar de sangre suplementadas. Se inoculó la placa de cultivo para conseguir mayor cantidad de bacterias en la superficie al 3% de caldo tripticasa con suplemento de 0.5% de extracto de levadura: 5/mu g/ml de hemina y 1/mu g/ml menadiona.

El cultivo bacteriano se mantuvo a 37 °C en condiciones anaeróbicas (caja que tiene una atmósfera compuesta de: 10% de CO₂; 5% H₂ y 85% de N). La aplicación del volumen estándar de inóculo sobre cada membrana. Con respecto a la evaluación del crecimiento bacteriano, la preparación se llevó a cabo en tubos de 1 ml con agar suplementado cubierto con disco de 6 mm con el tipo de membrana y fue tapado con dispositivo plástico estéril y se inoculará con el cultivo semisólido de la cepa *Enterococcus faecalis*.

El procedimiento bacteriológico se fundamentó en el estudio de Giano et al., (1990) la preparación de los viales de cultivo se realizó en condiciones estériles en cabina de flujo laminar tipo II. Luego de la incubación de 2 y 7 días se verificaron las unidades formadoras de colonias en los discos de las membranas mediante la técnica de impronta. Se utilizó un mechero bunsen para esterilizar la zona alrededor de cultivo, posteriormente se efectuó la tinción Gram con el

cristal violeta (colorante) para detectar los microorganismos en las membranas de estudio por un minuto.

Con un microscopio óptico binocular, se visualizó el conteo de colonias (UFC), luego se cuantificó en el software microbiológico y se determinó la concentración bacteriana expresa en UFC/ml. se presentaron resultados en log10, debido a que facilita un manejo de número muy grandes y permite simplificar estos valores para la comparación entre los grupos

En el estudio *in vitro* no hubo intervención en humanos o animales; y, aplicación de normas de bioseguridad microbiológica como: uso de equipo de protección personal, higiene y desinfección, manipulación de microorganismos, normas de conducta de laboratorio entre otros.

Los datos se analizaron estadísticamente con SPSS versión 24. Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk con un nivel de confianza del 95%, a causa de que los datos son menores de 50 muestras. Se utilizaron las pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney y el test Wilcoxon, se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$ para todas las comparaciones de la presencia de los microorganismos en la superficie de las membranas a los diferentes tiempos de incubación.

Hallazgos

Como se observa en la tabla 1, se identifican cuatro grupos por tipo de membranas de barrera no reabsorbibles (PTFE y zirconia) y el tiempo de cultivo (2 y 7 días). Sin datos perdidos en los análisis estadísticos. La prueba de normalidad Shapiro-Wilk demostró que los datos no provienen de una distribución normal (p -valor < 0.05). La comparación entre el crecimiento

bacteriano en función de la tipología de membranas se efectuó con la prueba U de Mann-Whitney y el tiempo de incubación con el test Wilcoxon, se utilizó un nivel de confianza del 95%.

Tabla 1

Distribución de los datos

Variable	Resultados
Total, de membranas de barrera no reabsorbibles	40
Número de grupos	4
Tamaño por grupo	10
Membranas de barrera no reabsorbibles	PTFE y Zirconio
Tiempo de cultivo	2 y 7 días
Datos perdidos	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se identifican los valores de unidades formadores de colonia de las cepas *Enterococcus faecalis* en UFC/mL (Log 10), de las 20 membranas de barrera no reabsorbibles PTFE y Zirconio, divididas en dos subgrupos según el tiempo de incubación de 2 y 7 días para cada grupo. Se reporta una media con desviación estándar para la muestra PTFE a los 2 días un crecimiento bacteriano de $4,99 \pm 0,02$ UFC/ml (Log 10) luego a los 7 días de $5,09 \pm 0,03$ UFC/ml (Log 10), un incremento de colonización bacteriana en el tiempo de 2 a 7 días. De igual forma la media y desviación estándar de la muestra de zirconia a los 2 días de un crecimiento de $4,38 \pm 0,02$ UFC/ml (Log 10) a los 7 días fue de $4,48 \pm 0,03$ UFC/ml (Log 10), un aumento de la cantidad de colonia bacteriana al incrementar el tiempo de cultivo.

Tabla 2

Datos de las Unidades de formadora de colonias UFC/ml- log10

Variable	Nº	Media	Desviación estándar
PTFE (2 días) UFC/ml (Log 10)	10	4,99	0,02
PTFE (7 días) UFC/ml (Log 10)	10	5,09	0,02
Zirconia (2 días) UFC/ml (Log 10)	10	4,38	0,03
Zirconia (7 días) UFC/ml (Log 10)	10	4,48	0,03

Fuente: Elaboración propia

En tabla 3, presenta la comparación estadística del crecimiento bacteriano de la membrana PTFE y zirconia a los 2 días y 7 días muestran una diferencia significativa (U=0,000; p=0,000).

Tabla 3

Comparación de las UFC/ml (log 10) en función del tipo de membrana

Tiempo de cultivo	Comparación	Nº total de muestras	U de Mann Whitney	p-valor	Interpretación
(2 días) UFC/ml (Log 10)	Membrana PTFE-Zirconia	20	0,000	0,000	Significativa
(7 días) UFC/ml (Log 10)	Membrana PTFE-Zirconia	20	0,000	0,000	Significativa

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla 4, sobre la cuantificación de las UFC/mL (log 10) de las cepas *Enterococcus faecalis* en la membrana PTFE y zirconia en función del tiempo de cultivo (2 y 7 días), con un p-valor <0.05 indicando una diferencia significativa entre el

crecimiento bacteriano de la membrana PTFE ($p= 0,004$) y zirconia ($p= 0,005$) con respecto a los 2 días y 7 días.

Tabla 4

Comparación de las UFC/ml (log 10) en función del tiempo de cultivo

Membrana	Comparación	Nº total de muestras	Test de Wilcoxon p-valor	Interpretación
PTFE UFC/ml (Log 10)	2 – 7 días	20	0,004	Significativa
Zirconia UFC/ml (Log 10)	2- 7 días	20	0,005	Significativa

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En el presente estudio se determinó que el crecimiento bacteriano de las cepas *Enterococcus faecalis* cuantificadas en UFC/mL fueron mayores en las membranas PTFE expuestas a 2 y 7 días con $4.99 \pm 0,02$ y $5.09 \pm 0,02$. Mientras las membranas de Zirconia alcanzaron valores de $4.38 \pm 0,03$ y $4.49 \pm 0,03$. La relación de la variación cuantitativa permitió identificar que existió una variación significativa según la prueba Mann Whitney, donde el p-valor < 0.05 .

Se evidenció que las membranas de Zirconio del estudio presentaron menor adherencia microbiana de las cepas *Enterococcus faecalis*, según Hofferber et al. (2018) consideran un material innovador e ideal para la regeneración ósea guiada por su alta biocompatibilidad, respuesta inflamatoria y adhesión a la biopelícula en comparación al de titanio. Estas membranas se utilizan para guiar la colocación y alienar la posición prevista del implante dental.

Asimismo, Ziad et al. (2024) determinaron que la regeneración ósea guiada (GBR) es un enfoque predecible y las técnicas implican el uso de membranas absorbibles y no absorbibles. En este contexto, la biocompatibilidad, resistencia mecánica adecuada mantienen el espacio para la formación del hueso nuevo, flexibilidad y ajustable para adaptarse a la forma del defecto óseo.

Las condiciones de las membranas sugeridas son: el espesor de 0.5 a 1 mm; la membrana reposa únicamente en tres márgenes óseos: mesial y lateral al área del defecto óseo vestibular y sobre la placa lingual para logra soporte y ajuste correcto (Ziad et al., 2024).

De hecho, las membranas de Zirconia a diferencia del titanio son materiales cerámicos frágiles con poca flexibilidad y dificulta a la adaptación *in situ* cuando se produce imprecisiones de diseño y fabricación. Se requiere una extrema precaución al adaptar el tornillo de fijación.

De igual manera, Albash et al. (2024) describieron que los pacientes sometidos a un aumento de la cresta alveolar, las membranas de zirconio personalizadas conducen a mejores resultados en términos de ganancia ósea.

Los resultados de nuestro estudio demostraron mayor colonización bacteriana en las membranas de PTFE, esta diferencia está asociada con las características físico-químicas como: la rugosidad, energía de superficie y propiedades hidrofóbicas que influyen de forma directa en la adhesión microbiana. Por consiguiente, la superficie polimérica del PTFE favorece la formación inicial del biofilm bacteriano. Pero los materiales cerámicos como la zirconia con superficies más lisas presentan menor capacidad de adhesión bacteriana, eso explica menos valores UFC/ml observados en el resultado.

Ortiz et al. (2006) explicaron que algunas membranas utilizadas como barrera fueron diseñados y creados para la regeneración tisular guida, entre ellos el PTFE-e que posee una

molécula que une carbono-carbono con cuatro átomos de flúor para la formación del polímero. Además, es inerte y persiste después de la regeneración, es extraída en una segunda operación.

La posibilidad de contaminación de las membranas es la exposición en proceso de la cirugía y la etapa de regeneración; dando a entender que, la acumulación bacteriana en las membranas depende de la textura y características de superficie estructural.

Entretanto, Sadanandan y Yogendraiah, (2025) explicaron que la principal causa del fracaso en el tratamiento odontológico es la persistencia de diversas bacterias en la regeneración ósea, siendo el *Enterococcus faecalis* la más relevante, donde el coco anaerobio grampositivo con una alta resistencia a los agentes desinfectantes, capaz de sobrevivir en condiciones extremas, entornos con escasos nutrientes y pH altamente alcalino de hasta 11.5.

A propósito, la presencia de esta bacteria en las membranas de regeneración ósea produce efectos negativos en la adhesión y menor desarrollo de proporción del hueso cortical por acción de la infección postratamiento (Abdo et al. 2023).

A todo esto, Sowmiya et al. (2025) estudió la eficiencia antibacteriana de membranas de barrera de regeneración ósea sobre *Enterococcus faecalis* por 24 hora de incubación, estableció que la PTFE evidenció la menor eficacia bacteriana, con la menor inhibición, indicando que existe una relación directa entre las propiedades estructurales, variación del tamaño de los poros y composición del biomaterial con la adherencia del microorganismo y la tasa de éxito de la técnica GTR/GBR.

A propósito, el recuento bacteriano UFC/ml en las membranas dentales tiene una variación mínima del crecimiento bacteriano *Enterococcus faecalis*, en la membrana PTFE para 2 días fue 4.99 ± 0.02 y membrana de zirconia 4.38 ± 0.03 .

Ahora bien, Torres-Solis et al. (2025) explicaron que la prevalencia de fracasos de tratamientos de regeneración ósea con membranas no reabsorbibles es de aproximadamente del 11 al 23%, la mayoría está asociada con la presencia bacteriana (como es el caso de *Enterococcus faecalis*) que coloniza la superficie del biomaterial.

Por consiguiente, Ortiz et al. (2006) determinaron que las membranas analizadas presentaron presencia de células inflamatorias y bacterias al momento de la remoción; en cuanto a las bacterias se cuantificó mayor en la superficie externa sobre la interna. Mientras, Hung et al. (2002) analizaron la colonización microbiana de los materiales de barrera utilizados en la regeneración tisular guiada (RTG) que afecta negativamente los resultados del tratamiento. Se comparó la invasión de *Streptococcus mutans* y *Actinobacillus actinomycetemcomitans* a través de tres membranas de RTG, compuestas de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE; no reabsorbible), un compuesto de fibra de glicólido y colágeno tipo I (ambos bioabsorbibles).

La membrana de PTFE-e presentó mejores efectos de barrera, seguida la membrana de colágeno; por último, la membrana compuesta de fibra de glicólido. Liu et al. (2025) describieron que la presencia de sustancias y organismos biológicos en las superficies de la membrana, una de las razones fue la variación del nivel pH; el dióxido de zirconio (ZrO₂) tuvo un pH 3 y la emulsión de PTFE un pH 8. Donde el nivel de pH es un factor de riesgo a considerar en los procedimientos de regeneración ósea.

Las limitaciones de la investigación se encuentran en las condiciones in vitro, no producen la complejidad del ambiente oral. Las investigaciones futuras deben considerar modelos experimentales más complejos que permitan la evaluación e interacción entre biomateriales, bacterias y tejidos biológicos. Por último, se recomienda el desarrollo de

investigaciones in vivo para establecer la interacción de las membranas PTFE y Zirconia (membrana de cerámica avanzada a base de dióxido de circonio ZrO_2) con microorganismo orales y el comportamiento de los tejidos periimplantarios, también con la utilización de alternativas para minimizar la presencia de la infección causada por la interacción entre las bacterias y los biomateriales.

Conclusiones

El análisis microbiológico realizado en el estudio se evidenció que la superficie de las membranas PTFE presentó un mayor número de Unidades Formadores de Colonias (UFC/mL) de *Enterococcus faecalis* que las membranas de zirconia, eso indica una mayor capacidad de adhesión bacteriana del material polimérico.

Las membranas de Zirconia tienen menos nivel de colonización bacteriana, el análisis depende de las propiedades fisicoquímicas, menor rugosidad superficial y mayor estabilidad estructural limita la formación de biofilm bacteriano. Bajo el enfoque clínico, es una alternativa prometedora para el procedimiento de regeneración ósea guiada y terapias de implantología.

Referencias

- Abdo, V., Suarez, L., de Paula, L., Costa, R., Shibli, J., M, F., Var, B., M, B., & Jgs, S. (2023). Underestimated microbial infection of resorbable membranes on guided regeneration. *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113318>
- Abtahi, S., Chen, X., Shahabi, S., & Nasiri, N. (2023). Resorbable Membranes for Guided Bone Regeneration: Critical Features, Potentials, and Limitations. *ACS Materials Au*, 3(5), 394-417. <https://doi.org/10.1021/acsmaterialsau.3c00013>
- Albash, Z., Khalil, A., & Kashkash, W. (2024). Alveolar Ridge Augmentation using Customized Zirconia Membranes: A Systematic Review. *Systematic review*, 20(1). <https://doi.org/10.2174/0118742106356292241122070017>
- Blancas, B., Lanzagorta, M. de L., Jiménez-García, L. F., Lara, R., Molinari, J. L., & Fernández, A. M. (2021). Study of the ultrastructure of *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus mutans* incubated with salivary antimicrobial peptides. *Clinical and Experimental Dental Research*, 7(3), 365-375. <https://doi.org/10.1002/cre2.430>
- Burgos, A. (2005). Membranas no reabsorbibles: Una revisión de la literatura. *Acta Odontológica Venezolana*, 43(1), 81-87. ISSN 0001-6365
- Coronel, J. N. P., Solórzano, J. W. P., & Adum-Lípari, M. N. (2026). Rol del *Enterococcus faecalis* en las infecciones endodónticas persistentes. *Revista Científica de Salud BIOSANA*, 6(3), 34-47. <https://doi.org/10.62305/biosana.v6i3.1073>

- Flanagan, D. (2017). *Enterococcus faecalis* and Dental Implants. *Gestión Editorial: Artículos de Investigación Clínica y Artículos de Investigación Científica*, 43(1), 8-11.
<https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-16-00069>
- Gutiérrez, J. O. B., Fernández, S. M. L., Vélez, E. G. V., Albarrán, C. A. R., Alcocer, A. T., & Gutiérrez, M. C. G. (2023). Estudio in Vitro para Conocer la Resistencia del *Enterococo faecalis* ante Tres Vehículos Distintos Combinados con Hidróxido de Calcio Como Medicamento Intraconducto. *European Scientific Journal, ESJ*, 23, 91-91.
<https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/17403>
- Hofferber, C., Beck, C., & Liacouras, P. (2018). Matriz de aumento de cresta de zirconio personalizada (CZRAM) para el desarrollo del lecho del implante: Informe de dos casos. *Implant Advance Clin Dent*, 10(1), 6-15.
- Hung, S.-L., Lin, Y.-W., Wang, Y.-H., Chen, Y.-T., Su, C.-Y., & Ling, L.-J. (2002). Permeability of *Streptococcus mutans* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans* Through guided tissue regeneration membranes and their effects on attachment of periodontal ligament cells. *Journal of Periodontology*, 73(8), 843-851.
<https://doi.org/10.1902/jop.2002.73.8.843>
- Liu, G., Tian, Y., Wen, J., Ke, W., Chen, X., Qiu, M., & Fan, Y. (2025). Constructing PTFE-ZrO₂ hybrid membrane with tailored surface energy for enhanced anti-fouling performance. *Surfaces and Interfaces*, 56, 105722. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2024.105722>
- Nemer, N., Centeno, M. del C., Artieda, J., & Claire, D. (2022). Factores de resistencia microbiana de *Enterococcus faecalis* asociado a los fracasos endodónticos. Revisión de literatura. *Canal Abierto*, 46(1), 24-28. <https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n2.07>

- Ortiz, J., Villavicencio, J., & Garzón, J. (2006). Colonización bacteriana de membranas de PTFE-e en regeneración tisular guiada. *ResearchGate*, 63(4), 135-141. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16517.46565>
- Pupo Marrugo, S., Díaz Caballero, A., Castellanos Berrio, P., & Simancas Escorcía, V. (2014). Eliminación de *Enterococcus faecalis* por medio del uso de hipoclorito de sodio, clorhexidina y MTAD en conductos radiculares. *Avances en Odontoestomatología*, 30(5), 263-270. ISSN 0213-1285
- Rodríguez-Niklitschek, C., Oporto V, G. H., Rodríguez-Niklitschek, C., & Oporto V, G. H. (2015). Implicancias clínicas de la contaminación microbiana por *Enterococcus faecalis* en canales radiculares de dientes desvitalizados: Revisión de la literatura. *Revista odontológica mexicana*, 19(3), 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.rodex.2015.04.002>
- Romero, D. P. R., Tacuri, C. F. A., & Bravo, P. P. O. (2025). Factores de virulencia de *Enterococcus faecalis*: Revisión bibliográfica. *Kiru*, 22(2), 121-128. <https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n2.07>
- Sadanandan, B., & Yogendraiah, K. M. (2025). Enterococcus faecalis Biofilm: A Clinical and Environmental Hazard. *Medical Sciences Forum*, 35(1), 5. <https://doi.org/10.3390/msf2025035005>
- Shi, X., Xu, C., Chen, Z., Li, M., Yin, Z., Wang, B., Li, Y., Wu, Y., Wu, X., & Xu, Y. (2025). Biomaterial-mediated macrophage polarization remodeling and sequential regulation: A potential strategy in bone infections treatment. *Bone Research*, 13, 96. <https://doi.org/10.1038/s41413-025-00471-8>

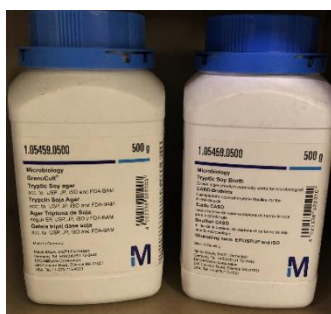
- Sowmiya, T., Deshpande, A. D., Senthil Rajan, R. S., Balachandran, K. P., Latha, K. V., & Bordoloi, P. (2025). In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Properties of Periodontal Barrier Membranes in Guided Bone Regeneration. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 17(Suppl 3), S2626-S2628. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_661_25
- Torres-Solis, A., Aguilar-Salazar, K., Armenta, H., Salas-Pacheco, S., García-Amador, B., Herrera, L., & Ramos-Herrera, Y. (2025). Management of Non-Resorbable Membrane Exposure: A Systematic Review. *J Dental Health Oral Res*, 6(2), 1-8. <https://doi.org/10.46889/JDHOR.2025>.
- Vargas, J. (2016). Membranas de uso en regeneración ósea guiada. *Odontología Vital*, (24), 35-42.
- Ziad, A., Yamen, A., Shadi, M., Ali, K., Mounzer, A., & Hassan, N. (2024). Aumento horizontal con membrana de zirconio personalizada: Informe de un caso. 18. <https://doi.org/10.2174/0118742106332436240820100241>

Anexo

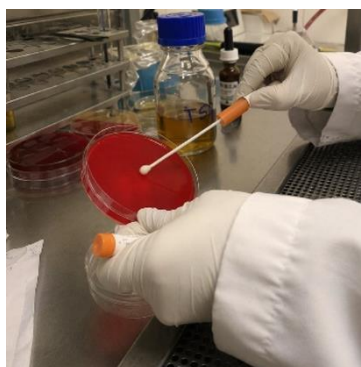
Anexo 1. Cepas *Enterococcus faecalis*

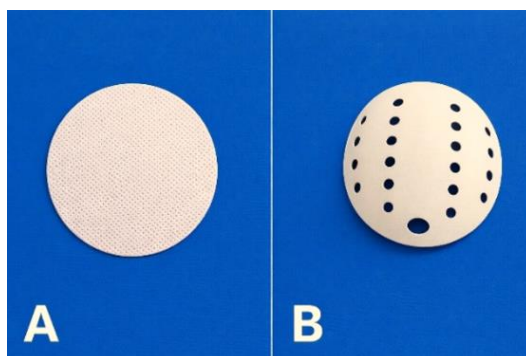


Anexo 2. TSB y Agar Mueller sangre para la activación de la cepa bacteriana



Anexo 3. Activación de las cepas bacteriana



Anexo 4. *Membrana dental de zirconia y PTFE*

Nota. A: Membrana de PTFE y B: Membrana de Zirconia

Anexo 5. *Preparación inicial del material*

Nota. Preparación inicial del material

Anexo 6. *Almacenamiento después de la esterilización*



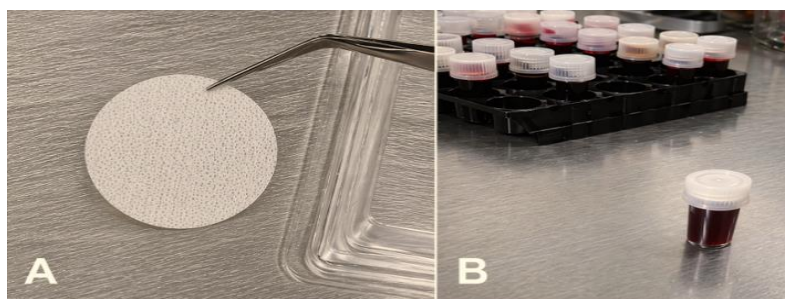
Nota. Almacenamiento después de la esterilización

Anexo 7. *Preparación de la solución de *Enterococcus faecalis*.*



Nota. A: *Enterococcus faecalis* en una solución salina.

Anexo 8. Cultivo suplementado en un disco de 6 mm de membrana dentales de la bacteria *Enterococcus faecalis*.



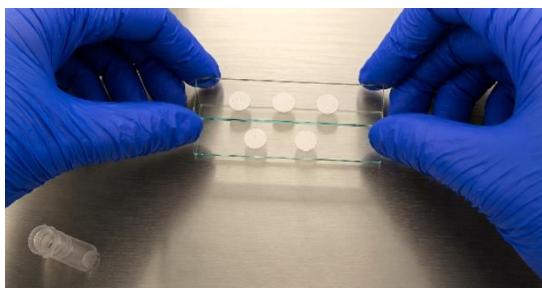
Nota. Adherencia y permeabilidad de las membranas con el cultivo del *Enterococcus faecalis*. A) Se adhiere las membranas en la solución preparada; B) Colocación en los envases y almacenados a 2 y 7 días respectivamente.

Anexo 9. Cabina de flujo laminar tipo II



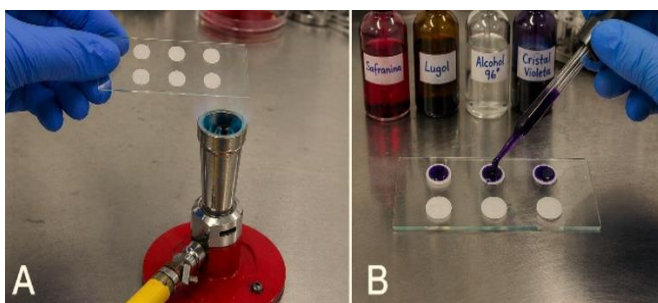
Nota. A: La cabina de flujo laminar tipo II, garantizó un entorno libre de partículas para el cultivo de la bacteria *Enterococcus faecalis* y evita la contaminación cruzada. Con este dispositivo, se aseguró la esterilización del material utilizado en todo el procedimiento con la luz UV durante 15 minutos.

Anexo 10. Procedimiento impronta



Nota. El proceso de la técnica impronta fue la toma de muestra, impresión, fijación, tinción para la identificación bacteriana.

Anexo 11. Fijación de placa en el set de tinción del Gram



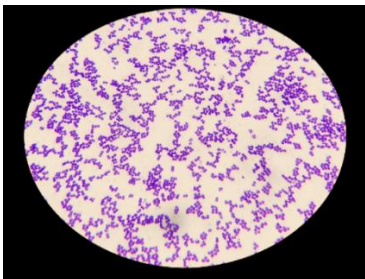
Nota. A: El mechero bunsen es instrumento de laboratorio que se utilizó para la creación de zonas estériles alrededor del cultivo bacteriano; B: La tinción del Gram consistió en la aplicación del colorante denominado cristal violeta a las muestras de las membranas PTFE y zirconia por 1 minuto.

Anexo 12. *Microscopio óptico Olympus CX31*



Nota. El microscopio se utiliza para análisis *in vitro*, se realizaron evaluaciones de las muestras de las membranas dentales expuestas al cultivo bacteriano.

Anexo 13. *Tinción de Gram a partir de cultivo de Enterococcus faecalis,*



Fuente: Elaboración propia

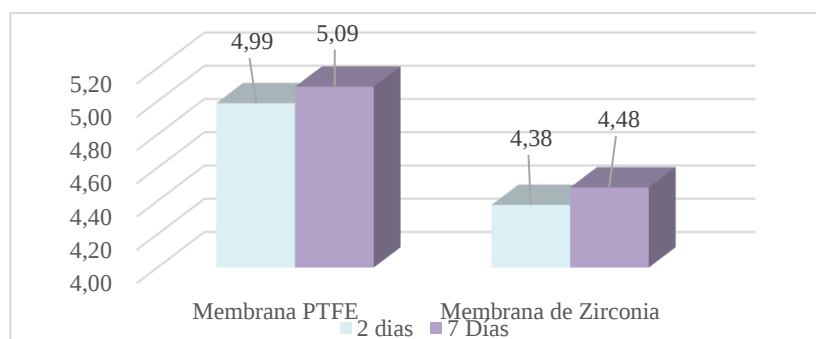
Nota. La tinción del *Enterococcus faecalis* que muestran cocos Gram positivo morados y/o azules dispuestos en pares o cadenas cortas.

Anexo 14. Datos de las Unidades de formadora de colonias UFC/ml- log10

Muestra	PTFE (2 días)	PTFE (7 días)	Zirconia (2 días)	Zirconia (7 días)
	UFC/ml (Log 10)	UFC/ml (Log 10)	UFC/ml (Log 10)	UFC/ml (Log 10)
1	4,99	5,11	4,40	4,48
2	4,98	5,07	4,36	4,45
3	5,00	5,09	4,38	4,51
4	4,95	5,08	4,34	4,46
5	5,00	5,09	4,38	4,48
6	4,98	5,07	4,33	4,45
7	4,99	5,09	4,39	4,49
8	5,02	5,11	4,43	4,52
9	4,98	5,07	4,37	4,47
10	5,00	5,10	4,39	4,51
Promedio	4,99	5,09	4,38	4,48

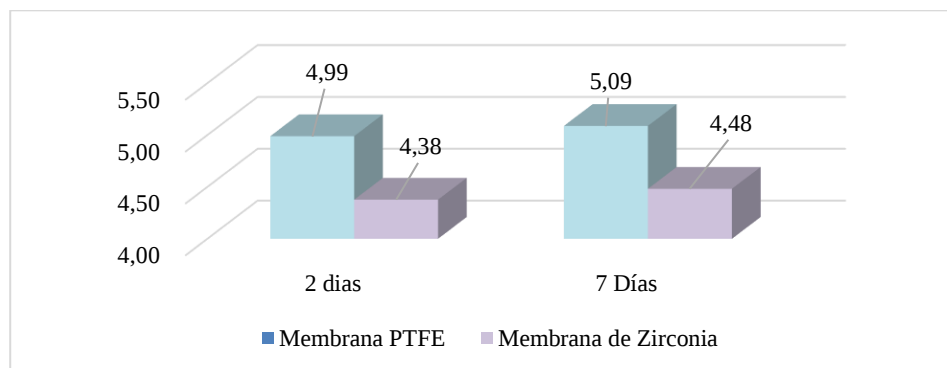
Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Media de las UFC/ml-log10 por tiempo



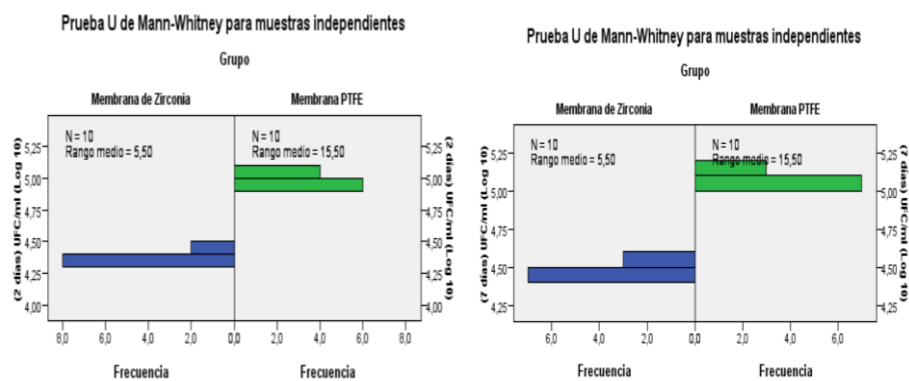
Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Media de las UFC/ml $-\log_{10}$ según membrana PTFE- Zirconio



Fuente: Elaboración propia

Anexo 17. Prueba estadística Mann Whitney



Fuente: Elaboración propia