



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología Escuela Profesional de Odontología

**Actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de *Thymus Vulgaris*
sobre *Streptococcus Mutans* y *Candida Albicans*, UCSM, Arequipa, 2025**

Tesis presentada por:

Cjuro Rendon, Joselo Adrian

ORCID: 0009-0000-2196-1060

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

Dr. Figueroa Banda, Rufo Alberto

ORCID: 0000-0001-7249-0270

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 30 de Mayo del 2026

Dictamen: 016520-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 016520, presentado por:

2020891001 - CJURO RENDON JOSELO ADRIAN

Titulado:

**ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE THYMUS VULGARIS SOBRE
STREPTOCOCCUS MUTANS Y CANDIDA ALBICANS, UCSM, AREQUIPA 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

CIRUJANO DENTISTA

**29221048 - MOYA BEJAR DE CALDERON ZAIDA ARILMY
DICTAMINADOR**



**29547819 - ALVAREZ MONGE RUTH
DICTAMINADOR**



**29649041 - ZEVALLOS CHAVEZ MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR**



ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE THYMUS VULGARIS SOBRE STREPTOCOCCUS MUTANS Y CANDIDA ALBICANS, UCSM, AREQUIPA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

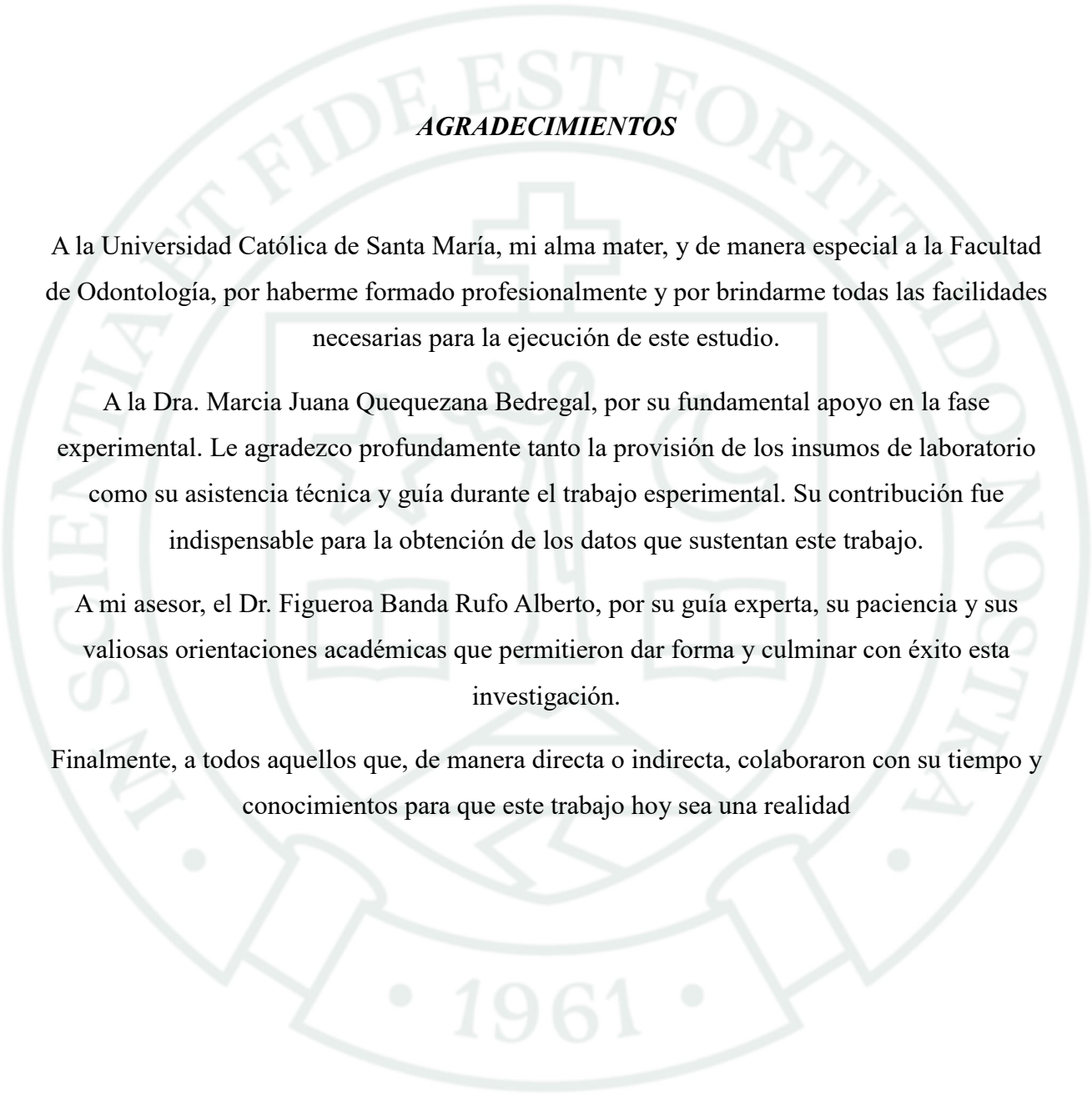
1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	4%
2	revistas.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.frontiersin.org Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	oactiva.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Privada Franz Tamayo Trabajo del estudiante	1%



DEDICATORIA

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, quienes con su apoyo incondicional, esfuerzo y sabios consejos me permitieron culminar esta etapa profesional. Su fe en mis capacidades ha sido el motor que me impulsó a superar cada reto.

A Dios, por brindarme la salud, la sabiduría y la fortaleza necesarias para transitar este camino académico y permitirme alcanzar este importante logro.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Santa María, mi alma mater, y de manera especial a la Facultad de Odontología, por haberme formado profesionalmente y por brindarme todas las facilidades necesarias para la ejecución de este estudio.

A la Dra. Marcia Juana Quequezana Bedregal, por su fundamental apoyo en la fase experimental. Le agradezco profundamente tanto la provisión de los insumos de laboratorio como su asistencia técnica y guía durante el trabajo experimental. Su contribución fue indispensable para la obtención de los datos que sustentan este trabajo.

A mi asesor, el Dr. Figueroa Banda Rufo Alberto, por su guía experta, su paciencia y sus valiosas orientaciones académicas que permitieron dar forma y culminar con éxito esta investigación.

Finalmente, a todos aquellos que, de manera directa o indirecta, colaboraron con su tiempo y conocimientos para que este trabajo hoy sea una realidad

EPÍGRAFE

“La satisfacción radica en el esfuerzo, no en el logro. El esfuerzo total es la victoria total”

Mahatma Gandhi.

RESUMEN

Objetivo: Esta investigación se centra en la evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* (tomillo) frente a dos de los principales patógenos de la cavidad bucal: *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*. El estudio surge ante la creciente resistencia bacteriana a los fármacos sintéticos convencionales y la necesidad de encontrar alternativas naturales eficaces y seguras para el tratamiento de enfermedades como las caries y la candidiasis.

Material y Métodos: El diseño de la investigación fue de tipo experimental, longitudinal y observacional, empleando un enfoque cuantitativo. Se probaron cuatro concentraciones del aceite esencial (25%, 50%, 75% y 100%) mediante el método de difusión en disco para medir los halos de inhibición producidos tras 24 horas de incubación.

Resultados: Los resultados demostraron que el aceite esencial posee una capacidad inhibitoria significativa contra ambos microorganismos, aunque con comportamientos distintos según la concentración. Para el *Streptococcus mutans*, se observó una relación en la que la concentración influye en la efectividad: la efectividad aumentó progresivamente con la concentración, alcanzando su punto máximo al 100% (media de 25,66 mm de halo). Por el contrario, para la *Candida albicans*, la mayor actividad antifúngica se registró en la concentración más baja evaluada, el 25% (media de 17,25 mm), lo que sugiere un comportamiento no lineal donde concentraciones más altas no incrementan necesariamente la eficacia.

Conclusión: Se resalta que estos hallazgos coinciden con antecedentes internacionales que posicionan al tomillo como un potente agente antibacteriano y antifúngico debido a compuestos como el timol y el carvacrol. El estudio concluye que el *Thymus vulgaris* es una opción viable para el desarrollo de productos odontológicos preventivos, como colutorios o geles, que podrían ayudar a reducir el uso indiscriminado de antibióticos sintéticos.

Palabras claves: *Thymus Vulgaris*, *Streptococcus Mutans*, Actividad antimicrobiana

ABSTRACT

Aim: This research focuses on evaluating the in vitro antimicrobial activity of *Thymus vulgaris* (thyme) essential oil against two of the main pathogens of the oral cavity: *Streptococcus mutans* and *Candida albicans*. The study arises from the growing bacterial resistance to conventional synthetic drugs and the need to find effective and safe natural alternatives for treating diseases such as dental caries and candidiasis.

Materials and Methods: The research design was experimental, longitudinal, and observational, employing a quantitative approach. Four concentrations of the essential oil (25%, 50%, 75%, and 100%) were tested using the disk diffusion method to measure the inhibition zones produced after 24 hours of incubation.

Results: The results demonstrated that the essential oil possesses a significant inhibitory capacity against both microorganisms, albeit with distinct behaviors depending on the concentration. For *Streptococcus mutans*, a relationship was observed where concentration influences effectiveness: efficacy progressively increased with concentration, peaking at 100% (mean halo of 25.66 mm). Conversely, for *Candida albicans*, the highest antifungal activity was recorded at the lowest concentration evaluated, 25% (mean of 17.25 mm), suggesting a non-linear behavior where higher concentrations do not necessarily increase efficacy.

Conclusion: it is highlighted that these findings coincide with international research that positions thyme as a potent antibacterial and antifungal agent due to compounds such as thymol and carvacrol. The study concludes that *Thymus vulgaris* is a viable option for the development of preventive dental products, such as mouthwashes or gels, which could help reduce the indiscriminate use of synthetic antibiotics.

Keywords: *Thymus vulgaris*, *Streptococcus mutans*, Antimicrobial activity

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPIGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO..... 2

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN..... 3

1.1. Determinación del problema..... 3

1.2. Enunciado del problema..... 4

1.3. Descripción del problema..... 4

1.4. Justificación..... 6

2. OBJETIVOS..... 8

2.1. Objetivo general..... 8

2.2. Objetivos específicos..... 8

3. MARCO TEÓRICO..... 9

3.1. Marco conceptual..... 9

3.2. Análisis de antecedentes Investigativos..... 16

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL..... 20

1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN..... 21

1.1. Técnica..... 21

1.2. Instrumento..... 24

1.3. Materiales de verificación..... 25

2. Campo de verificación..... 26

2.1. Ubicación espacial..... 26

2.2. Ubicación temporal..... 26

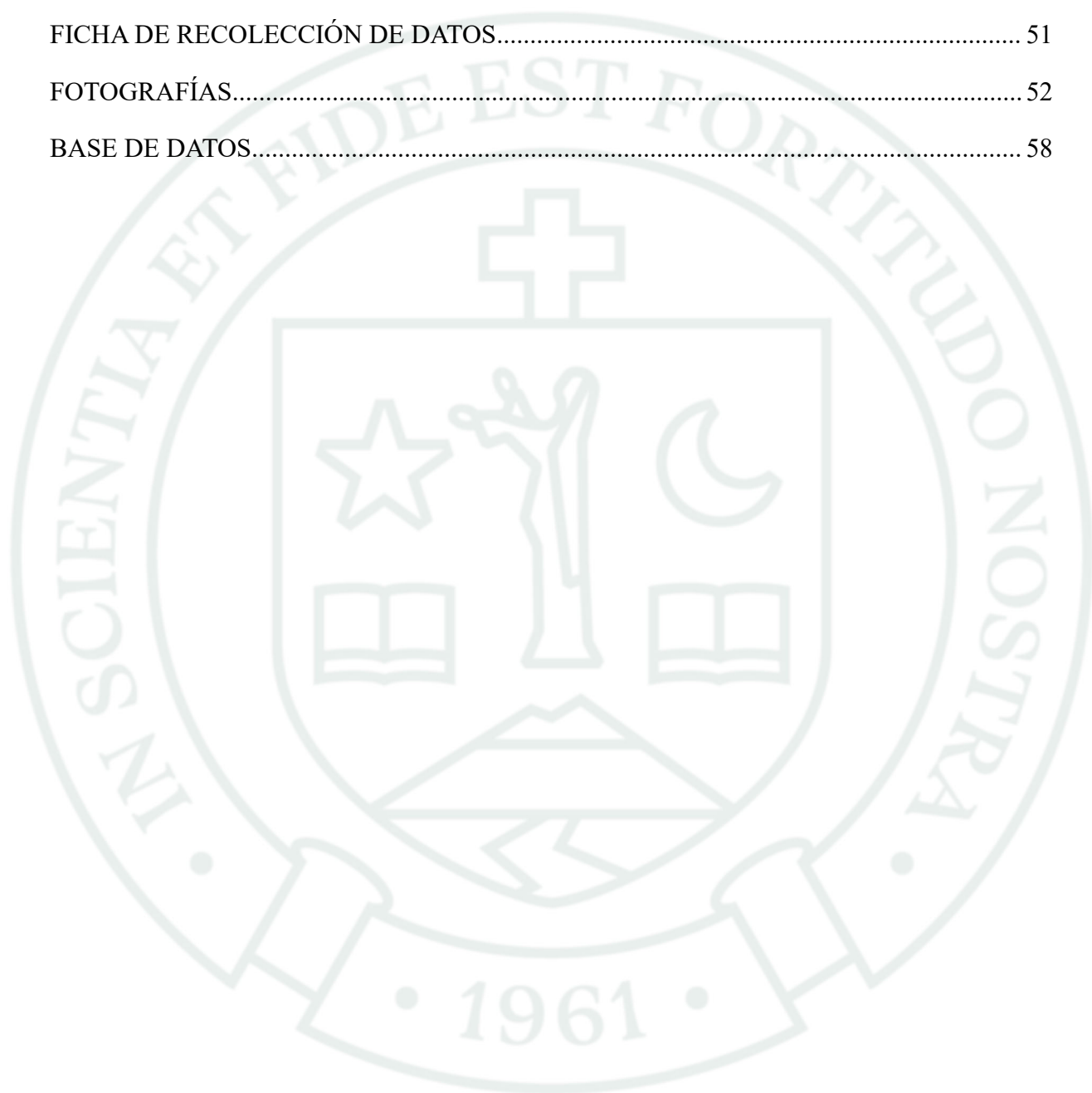
2.3. Unidad de estudio.....	26
3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	27
3.1. Organización.....	27
3.2. Recursos.....	27
4. ESTRATEGIA PARA EL MANEJO RESULTADOS.....	27
4.1. Plan de procesamiento de datos.....	27
4.2. Plan de análisis de datos.....	28
4.3. Cronograma.....	29
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	30
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables.....	4
Tabla 2: Taxonomía de la investigación.....	6
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de investigación.....	211
Tabla 4: Tratamiento estadístico.....	288
Tabla 5: Cronograma.....	29
Tabla 6: Actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> al 25%, 50%, 75% y 100% sobre <i>Streptococcus mutans</i> a las 24 horas.....	31
Tabla 7: Actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> al 25%, 50%, 75% y 100% sobre <i>Candida albicans</i> a las 24 horas.....	32
Tabla 8: Concentración del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre <i>Streptococcus mutans</i> a las 24 horas.....	33
Tabla 9: Concentración del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre <i>Candida albicans</i> a las 24 horas.....	34
Tabla 10: Comparación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> para determinar la concentración más efectiva entre <i>Streptococcus mutans</i> y <i>Candida albicans</i> a las 24 horas.....	35
Tabla 11: Evidencia de actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> sobre <i>Streptococcus mutans</i> , UCSM, Arequipa 2025.....	36
Tabla 12: Evidencia de actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i> sobre <i>Candida albicans</i> , UCSM, Arequipa 2025.....	37

INDICE DE ANEXOS

COMITÉ DE ÉTICA.....	48
USO DE LABORATORIO.....	50
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	51
FOTOGRAFÍAS.....	52
BASE DE DATOS.....	58



INTRODUCCIÓN

Las enfermedades bucales, tales como las caries dentales, las infecciones fúngicas y la periodontitis, representan uno de los desafíos de salud pública más persistentes y habituales a nivel global. En la actualidad, se reconoce plenamente que patógenos específicos como *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* son responsables de diversas afecciones que impactan negativamente la calidad de vida, provocando dolor e incomodidad (1). Aunque el tratamiento convencional se ha basado tradicionalmente en el uso de antimicrobianos sintéticos, su efectividad se ve hoy seriamente amenazada por la proliferación de cepas resistentes, fenómeno impulsado en gran medida por el uso indiscriminado de los mismos. Esta resistencia no solo limita las opciones terapéuticas, sino que también incrementa los costos sanitarios y prolonga los procesos de recuperación de los pacientes (2).

Ante este escenario, ha surgido un creciente interés científico por descubrir alternativas naturales con potencial antimicrobiano. Entre estas opciones destaca el aceite esencial de *Thymus vulgaris* (tomillo), una planta reconocida por su alta concentración de compuestos bioactivos como el timol y el carvacrol. Investigaciones previas han sugerido que este aceite posee propiedades antibacterianas y antifúngicas que podrían ofrecer soluciones eficaces frente a los microorganismos más comunes de la cavidad oral (3-5).

Sin embargo, a pesar de los avances documentados, la eficacia del *Thymus vulgaris* sobre patógenos orales específicos, como los cariogénicos y periodontales, no ha sido explorada en profundidad en contextos locales. Muchas de las investigaciones existentes provienen de entornos geográficos diversos cuyas cepas microbianas podrían presentar comportamientos distintos a las encontradas en el sur del Perú (2, 4-7). En consecuencia, existe una carencia de evidencia local que respalde su aplicación clínica en la región.

Por tal motivo, la presente investigación se justifica en la necesidad de evaluar *in vitro* la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Thymus vulgaris* frente a cepas de *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* en la ciudad de Arequipa. Este estudio no solo busca actualizar el conocimiento científico adaptándolo a una realidad específica, sino también fomentar el desarrollo de terapias odontológicas alternativas, como colutorios o geles, que contribuyan a mitigar la resistencia bacteriana mediante el uso de recursos naturales con respaldo experimental.



Capítulo I:
PLANTEAMIENTO TEÓRICO

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Determinación del problema

Las enfermedades bucales como las caries, las infecciones fúngicas y la periodontitis son uno de los problemas más habituales en todo el mundo (1). En la actualidad, es conocido que estas enfermedades causadas por microorganismos, como *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) y *Candida albicans* (*C. albicans*), pueden desencadenar múltiples repercusiones en el bienestar y la calidad de vida de las personas, provocando dolor e incomodidad si no se aborda de inmediato (2).

El tratamiento convencional para estas infecciones se fundamenta principalmente en la aplicación de antimicrobianos sintéticos (3). Sin embargo, la efectividad de estos fármacos está en peligro debido a la proliferación de cepas resistentes propiciado muchas veces por el uso indiscriminado de antibióticos, un desafío documentado en estudios clínicos globales (4). Esta resistencia microbiana restringe las terapias disponibles, incrementa los gastos sanitarios y prolonga los periodos de recuperación de los pacientes (5).

Frente a este panorama, se ha incrementado la curiosidad por descubrir opciones naturales con poder antimicrobiano. Uno de los aceites esenciales más explorados en los tiempos recientes es el de *Thymus vulgaris* (*T. vulgaris*), una planta floral célebre por su abundante contenido de compuestos bioactivos como el timol y el carvacrol (6). Investigaciones recientes han revelado que este aceite posee características antibacterianas y antibióticas que podrían ser una solución eficaz contra los microorganismos orales más habituales. Asimismo, incluso productos odontológicos enriquecidos con aceites esenciales pueden potenciar la protección contra la invasión de bacterias (7) (8).

Aunque el aceite esencial de hojas de *T. vulgaris* ha sido documentado para combatir ciertos patógenos humanos, sus repercusiones en los microorganismos orales, como los periodontales y los cariogénicos, siguen siendo un misterio sin descifrar (7) (8). No obstante, muchas de estas investigaciones han sido realizadas en escenarios geográficos diversos, con cepas microbianas que podrían tener comportamientos distintos a los habituales en el sur del Perú (7-9). por lo tanto, no hay suficientes pruebas locales que respalden la aplicación del *T. vulgaris* como un agente antimicrobiano en el departamento

de Arequipa.

Esto subraya la urgencia de investigaciones *in vitro* que evalúen la efectividad antimicrobiana de este aceite esencial frente a cepas específicas de *S. mutans* y *C. albicans* aisladas de manera local. Además, la creación de conocimientos científicos detallados no solo ampliará las terapias en odontología, sino que también fomentará el uso prudente de productos naturales con respaldo experimental.

1.2. Enunciado del problema

Cuál es la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*, Arequipa 2025

1.3. Descripción del problema

1.3.1. Área del conocimiento.

Área General : Ciencias de la Salud

Área Específica : Odontología.

Especialidad : Microbiología Oral.

Línea : Biomateriales odontológicos.

1.3.2. Operacionalización de las variables.

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable independiente Aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i>	Considerado como un agente antiséptico, antimicrobiano, antiespasmódico, antioxidante y antitumor. Además, las propiedades antimicrobianas del aceite de <i>T. vulgaris</i> están principalmente vinculadas con los contenidos de timol y carvacrol en el mismo (10).	Esta variable será evaluada según las concentraciones del aceite esencial de <i>T. vulgaris</i>	• 25% • 50% • 75% • 100%	Razón

Variable dependiente	Microorganismo bacteriano patógeno colonizador de la cavidad bucal humana, caracterizado por su alta capacidad de adherencia al esmalte dental y producción de biopelículas. (11).	La actividad antimicrobiana fue evaluada mediante la medición de los halos de inhibición obtenidos por la técnica Kirby – Bauer de difusión en disco y valorada mediante la escala de Duraffourd.	Escala Duraffourd: • ≤ 8 mm: nula • 9–14 mm: sensible • 15–19 mm: muy sensible • ≥ 20 mm: sumamente sensible	Ordinal
<i>S. mutans</i>	Especie de hongo más frecuentemente identificada en la cavidad bucal. Es una especie polimórfica que se produce en levaduras o filamentos de hongos filamentosos o pseudohifas (12).			

1.3.3. Interrogantes básicas.

- ¿Cuál es la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas?
- ¿Cuál es la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Candida albicans* a las 24 horas?
- ¿Qué concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* muestra mayor actividad antimicrobiana sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas?
- ¿Qué concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* muestra mayor actividad antimicrobiana sobre *Candida albicans* a las 24 horas?
- ¿Cuál es la concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presenta mayor actividad antimicrobiana comparativa entre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* a las 24 horas?

1.3.4. Taxonomía de la investigación.

1.-Diseño: Experimental, longitudinal, observacional y prospectivo.

2.-Tipo de investigación: Aplicada

3.-Enfoque: Cuantitativo.

Tabla 2: Taxonomía de la investigación

Tipo de investigación							
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 o poblaciones	5.- Por el ámbito de recolección	6.-Diseño	7.-Nivel
Cuantitativo	Observacional	Prospectivo	Longitudinal	Comparativo	De laboratorio	Experimental	Explicativo

1.4.Justificación

Novedad

El estudio del aceite esencial de *T. vulgaris* como agente antimicrobiano ha generado interés en los últimos años debido a sus resultados prometedores contra una diversidad de microorganismos (7)(8). No obstante, la mayoría de estas investigaciones se han enfocado en cepas experimentales de referencia o condiciones extranjeras, dejando un vacío significativo en la validación de su efectividad frente a cepas patógenas habituales en el ambiente local (7-9). En este marco, esta investigación se destaca como una propuesta innovadora al evaluar, por primera vez en Arequipa, el efecto *in vitro* del *T. vulgaris* contra dos de los agentes etiológicos principales de las enfermedades orales en los que se distinguen al *S. mutans* y *C. albicans*. Además, la investigación no solo actualiza el conocimiento existente, sino que también lo adaptará a una realidad específica, facilitando una interpretación más contextual de su posible potencial terapéutico.

Relevancia

Las infecciones orales persisten como uno de los principales problemas de salud pública de gran incidencia en el Perú. La caries y la candidiasis bucal no solo perjudican el bienestar de los individuos, sino que pueden provocar problemas sistémicos si no se tratan de manera adecuada (1). En un contexto donde la resistencia a los antimicrobianos pone en riesgo los tratamientos convencionales, resulta vital explorar opciones más efectivas y seguras. Asimismo, algunas investigaciones respaldan a *T. vulgaris* como un agente que puede inhibir la creación de biopelículas y controlar cepas que son resistentes a múltiples tipos de

antibióticos (7)(8). Por lo tanto, este estudio satisface la demanda clínica y epidemiológica actual, al indagar una alternativa natural con fundamentos científicos prometedores.

Factibilidad

La ejecución de esta investigación es totalmente factible, dado que el aceite esencial de *T. vulgaris* se encuentra disponible comercialmente y su manejo en laboratorio no necesita condiciones técnicas complicadas ni equipos de gran especialización. Igualmente, las cepas de microorganismos de interés pueden ser cultivadas en medios tradicionales y siguiendo protocolos estandarizados. El ambiente y los laboratorios de microbiología accesibles de la Universidad Católica Santa María proporcionan las condiciones requeridas para asegurar un desarrollo meticuloso de esta investigación, con un diseño experimental que valora la reproducibilidad y el control de variables.

Utilidad

Los hallazgos de este estudio podrían poner en marcha nuevas posibilidades para la aplicación terapéutica de productos naturales en odontología, especialmente en tratamientos preventivos o auxiliares. Asimismo, el conocimiento producido podría utilizarse en la formulación de colutorios, geles tópicos o biomateriales dentales enriquecidos con aceites esenciales, ayudando de esta manera a disminuir el uso indebido de medicamentos sintéticos y reduciendo los peligros vinculados a la resistencia bacteriana. Además, puede promover el interés en el desarrollo de tratamientos fitoterapéuticos accesibles y culturalmente aceptados en la región andina.

Valor teórico

Desde un enfoque académico y científico, este estudio ampliará el marco teórico acerca del empleo de aceites esenciales como agentes antimicrobianos. Además, contribuirá con pruebas empíricas acerca de la respuesta del *T. vulgaris* ante microorganismos orales esenciales, reforzando de esta manera el fundamento teórico de futuros estudios en microbiología, farmacognosia y odontología preventiva. Finalmente, puede establecer los cimientos para futuras investigaciones clínicas y para la creación de nuevas estrategias terapéuticas enfocadas en la salud bucal.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Evidenciar si existe actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*, UCSM, Arequipa 2025.

2.2.Objetivos específicos

1. Determinar la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas.
2. Determinar la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Candida albicans* a las 24 horas.
3. Identificar la concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas.
4. Identificar la concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre *Candida albicans* a las 24 horas.
5. Comparar la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Thymus vulgaris* para determinar la concentración más efectiva entre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* a las 24 horas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1.Marco conceptual

3.1.1. Caries dental

La caries dental es una de las enfermedades infecciosas de mayor prevalencia en la cavidad oral, caracterizada por ser un proceso dinámico y multifactorial. Esta patología implica la interacción de microorganismos específicos, el huésped y la dieta, lo que resulta en la desmineralización de los tejidos duros del diente (9). Según se menciona en la literatura científica, el control de los agentes causales es fundamental, especialmente ante la creciente resistencia bacteriana a los tratamientos convencionales (10).

En el ámbito de la microbiología oral, se reconoce que el *Streptococcus mutans* es el principal agente etiológico responsable del inicio de las lesiones cariosas (11). Debido a su capacidad para metabolizar carbohidratos y producir ácidos, este microorganismo altera el equilibrio del ecosistema dental, lo que justifica la búsqueda de alternativas naturales como el aceite de *Thymus vulgaris* para su inhibición (12).

3.1.2. Candidiasis oral

La candidiasis oral es una infección oportunista de la mucosa bucal causada principalmente por el hongo levaduriforme *Candida albicans*. Esta patología se manifiesta cuando existen alteraciones en el equilibrio de la microbiota oral o deficiencias en el sistema inmune del huésped, permitiendo que el microorganismo pase de un estado comensal a uno patógeno (9).

En el contexto de la investigación odontológica, la importancia de esta afección radica en su persistencia y en la capacidad del hongo para formar biopelículas resistentes en diversas superficies de la cavidad oral (10). Debido a que las terapias antifúngicas convencionales pueden presentar limitaciones, se justifica la evaluación de productos naturales, como el aceite esencial de *Thymus vulgaris*, el cual ha demostrado poseer componentes químicos capaces de inhibir el crecimiento de este patógeno (13).

3.1.3. *Thymus vulgaris*

Conocido como “tomillo de jardín” es una especie vegetal originaria del sur de Europa produce flores pertenecientes a la familia *Lamiaceae* (6). Se reconoce como un arbusto

con diminutas hojas de tonalidad verde grisácea, con un fuerte aroma y racimos de flores de color púrpura o rosa (6)(14). El tomillo ha sido empleado en la medicina tradicional durante siglos debido a sus significativas propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias. Frecuentemente se emplea en la cocina como aditivo. *T. vulgaris* se distingue por el polimorfismo químico debido al componente volátil principal y es conocido que existen seis quimiotipos de aceites esenciales de *T. vulgaris*: geraniol, linalol, α -terpineol, tujanol-4, timol y carvacrol. En la mayoría de las plantas y aceites esenciales posteriores, se observa un quimiotipo, sin embargo, en ciertos casos, podemos encontrar entre dos y tres quimiotipos distintos. Los aceites esenciales de *T. vulgaris*, gracias a sus propiedades antimicrobianas, no solo son efectivos contra bacterias y levaduras, sino que también exhiben actividad inhibidora contra hongos filamentosos microscópicos (14,15).

3.1.4. Aceite esencial de *T. vulgaris*

Una investigación in vitro demostró que el aceite esencial de *T. vulgaris* posee una acción antifúngica positiva en la desinfección de dispositivos de ortodoncia removibles, en contraposición a CHX. El dispositivo de ortodoncia removible fomenta un incremento en los portadores salivales de *Candida*, especialmente las especies albicans, frente a los fijos; el dispositivo de ortodoncia removible ofrece una superficie más hidrofóbica a la que *C. albicans* puede adherirse mediante el efecto de hidrofógeno (6,16).

Es ampliamente reconocida y detallada la composición del aceite esencial de tomillo. El timol (36-55 %) y el p-cimeno (15-28 %) son sus elementos clave. Es importante resaltar que Neuman fue el primero en aislar el timol en 1719. Este compuesto se distingue por sus fuertes características bactericidas, antifúngicas y antiparasitarias, manteniendo una toxicidad bastante reducida para seres humanos y animales de compañía. La proporción de otras sustancias se sitúa en los siguientes intervalos: γ -terpineno (5-10 %), linalol (4-6,5 %), carvacrol (1-4 %), β -mirceno (1-3 %), terpin-4-ol (0,2-4,0 %). Además, hay hidrocarburos monoterpénicos, tales como el α -tujen, α -pineno, α -terpineno y α -canabinol, además de derivados oxigenados de monoterpenos, tales como el 1,8-cineol, el linalol, terpin-4-ol y γ -terpinol, el alcanfor y el borneol. Se han detectado también hidrocarburos sesquiterpénicos, tales como el α -humuleno, el α -kopeno, el kuben, el α -gurjuneno, el germacren D, el α - y γ -muuroleno, y el γ y δ -cadineno (16).

Mecanismo de acción

El mecanismo de acción antimicrobiana de los extractos de *Thymus vulgaris*, particularmente de su aceite esencial, se sustenta de forma primordial en la actividad sinérgica de sus componentes mayoritarios: el timol y el carvacrol. Ambos compuestos pertenecen a la familia de los monoterpenos fenólicos y se caracterizan por una marcada naturaleza lipofílica. Esta propiedad les permite interactuar directamente con las estructuras de envoltura celular de patógenos orales como *Streptococcus mutans* y micóticos como *Candida albicans*, desencadenando una serie de alteraciones estructurales y metabólicas que conducen a la viabilidad o lisis de estos microorganismos. Al entrar en contacto con la célula, los compuestos hidrofóbicos del aceite esencial logran disolverse e infiltrarse entre los fosfolípidos que constituyen la bicapa lipídica de la membrana citoplasmática. Esta inserción física desorganiza el empaquetamiento molecular de la membrana, incrementando de manera anómala su fluidez y permeabilidad. Como consecuencia directa de esta pérdida de integridad estructural, la célula experimenta una salida masiva e incontrolada de iones esenciales, como el potasio (K^+) y el hidrógeno (H^+), así como de componentes intracelulares vitales, entre los que destacan nucleótidos, proteínas y moléculas de ATP, provocando un colapso osmótico inmediato. De manera paralela, la alteración de la membrana interfiere críticamente con los sistemas enzimáticos y las proteínas transportadoras asociadas a ella. El timol y el carvacrol actúan disipando el potencial eléctrico celular y el gradiente electroquímico de protones, lo que anula la capacidad de la célula para sintetizar ATP a través de la vía de la ATPasa. Sin esta fuente energética fundamental, los procesos metabólicos vitales del microorganismo se interrumpen por completo. En el escenario específico de *Streptococcus mutans*, el aceite esencial no solo daña la envoltura, sino que compromete la funcionalidad de las glucosiltransferasas. Al inactivar estas enzimas, la bacteria pierde su capacidad para sintetizar glucanos extracelulares, lo que debilita drásticamente su adherencia a las superficies dentales y sabotea la consolidación de la matriz del biofilm oral. Por otro lado, en el caso de *Candida albicans*, los componentes activos del tomillo ejercen un bloqueo en la síntesis de ergosterol y detienen la transición morfológica de levadura a hifa, la cual representa el factor clave para la invasión tisular y patogenicidad de este hongo. De este modo, la acción combinada sobre la integridad física y el metabolismo energético explica el potente efecto bactericida y fungicida del aceite esencial evaluado. (16,19,21,30,32)

3.1.5. Fitoquímica

Principalmente, *T. vulgaris*, está formada por una amplia gama de compuestos químicos clasificados como fenólicos, terpenoides, flavonoides, esteroides, alcaloides, taninos y saponinas. La mayoría son sustancias volátiles derivadas del aceite de origen vegetal. Las investigaciones han examinado principalmente la composición fitoquímica a través de la cromatografía gaseosa-espectroscopía de masas (GC-MS) y la cromatografía líquida de alta resolución/cromatografía de capa fina (HPLC/HPTLC) (17).

3.1.6. Propiedades antibacterianas

Se ha calculado que la cantidad total de polifenoles y flavonoides en *T. vulgaris* es suficiente para establecer su actividad antibacteriana y antioxidante (17). Asimismo, se ha reportado como los flavonoides más destacados a quercetina, luteolina, apigenina, kaempferol y crisina. Estos flavonoides obtenidos de forma aislada han demostrado una moderada actividad antibacteriana contra *E. coli* ATCC 25922. En investigaciones comparativas de la composición química y las propiedades antioxidantes y antibacterianas de los aceites esenciales de *Thymus caucasicus*, *Thymus kotschyanus* y *T. vulgaris*, extraídos de las partes respiratorias, evidenció que el aceite esencial de *T. vulgaris* demostró una actividad biológica excepcional frente a *E. coli* (12,5 µg/ml) y *Streptococcus faecalis* (25 µg/ml). *S. aureus*, de las bacterias grampositivas, resultó ser la más susceptible (100 µg/ml). Dentro de las bacterias gramnegativas, el aceite de *T. vulgaris* evidencia una leve resistencia a *Salmonella typhi* (18-19).

3.1.7. Propiedades antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos capaces de evitar o alargar el deterioro celular provocado por los radicales libres, moléculas inestables que el organismo genera en respuesta a presiones ambientales y otras. Asimismo, los antioxidantes son conocidos como captadores de radicales libres que contribuyen a neutralizarlos en nuestro organismo y potencian la salud global. El fenano obtenido del extracto de hexano de tomillo, p-cimeno-2,3-diol (2,3-dihidroxi-4-isopropil-1-metilbenceno), demostró una potente actividad antioxidante, que supera la de un tocoferol y un butilhidroxianisol (18)(21).

3.1.8. Propiedades antifúngicas

Los aceites de timol se destacan como los inhibidores más potentes de los patógenos fúngicos, gracias a la existencia de compuestos fenólicos como el timol, capaces de modificar la membrana celular de los hongos (18) (22). El timol modifica la estructura del hifal y genera agregados hifales, lo que conduce a una disminución del diámetro del

hifal y a la lisis de la pared del hifal (22) (23).

3.1.9. *Streptococcus mutans*

Durante mucho tiempo, *S. mutans*, un anaerobio facultativo grampositivo, ha sido visto como el principal causante de la caries dental. Es crucial considerar que la cavidad bucal está habitada por microorganismos de diversos dominios, tales como las células eucariotas, procariotas, arqueas y virus (11).

La formación de la biopelícula se inicia cuando los elementos de la saliva se acoplan de manera selecta a las superficies dentales, creando una fina membrana orgánica homogénea acelular conocida como película de esmalte obtenida. Las proteínas superficiales P1 de *S. mutans* (también denominadas PAc, SpaP, proteínas Ag I/II) tienen la capacidad de unirse de manera selecta a las lectinas salivales en la película de esmalte obtenida, y este proceso de unión facilita la colonización inicial de *S. mutans* (24)(25).

Tras la unión inicial, los compuestos que contienen *S. mutans* empiezan a proliferar y generar sustancias poliméricas extracelulares (EPS), constituyendo una comunidad tridimensional estable que alberga canales para la distribución eficiente de nutrientes, oxígeno y moléculas de señalización. La película de esmalte obtenida ofrece lugares de unión para los microorganismos orales, entre ellos *S. mutans*. *S. mutans* fomenta de manera notable la creación de biopelículas mediante rutas dependientes e independientes de la sacarosa. Los polisacáridos que no se solubilizan en agua funcionan como un adhesivo, promoviendo la adhesión y la acumulación de bacterias. Además, funcionan como la barrera de protección para los microorganismos residentes y aportan estabilidad mecánica a la biopelícula (11)(26).

3.1.10. *Candida albicans*

La especie de hongo más frecuentemente identificada en la cavidad bucal. Es una especie polimórfica que prolifera en levaduras o filamentos de hongos filamentosos o pseudohifas (12). Es esencial la habilidad para alternar entre las formas de levadura y filamentosa para su virulencia. La regulación interna y las señales ambientales externas participan en el control de la transformación filamentosa de la levadura de *C. albicans*. La temperatura, el pH, la concentración de CO₂, el sueño y la desnutrición son señales externas. El pH ácido, la temperatura reducida y las condiciones nutritivas abundantes favorecen la transformación de *C. albicans* en levadura. La normativa interna abarca rutas de señalización y el sistema de transformación de fenotipo conocido como transición blanco-opaco. *C. albicans* tiene la capacidad de unirse al esmalte dental, y la adhesión del primer se produce mediante una intensa interacción entre las adhesinas

vinculadas a la pared celular de la levadura y la película salival (26)(27).

3.1.11. Métodos de susceptibilidad antimicrobiana

Métodos de dilución (dilución en caldo y dilución en agar)

Las innovaciones tecnológicas han transformado la forma en que las bacterias reaccionan a los antimicrobianos, seguimos guiándonos por las tecnologías tradicionales. También se utilizan diferentes métodos para medir la sensibilidad a la difusión en disco, como son la dilución en agar, la macrodilución y microdilución de caldo, que son las técnicas más comunes. Utilizando diluciones en caldo y agar, es posible determinar las concentraciones inhibitoras mínimas de los antimicrobianos, o sea, la dosis mínima que detiene el crecimiento de microorganismos (31). El índice de concentración inhibitoria mínima funciona como brújula para establecer la sensibilidad de un patógeno a un antibiótico particular, sobre todo en situaciones donde no existen referencias clínicas para la difusión en disco. El valor de CIM muestra qué tan resistente o sensible es la persona al antibiótico, una diferencia de un enfoque cualitativo. Los procedimientos de dilución en caldo, además de permitir el cálculo de las CIM, posibilitan que se alcance la concentración bactericida mínima (CBM), es decir, la dosis más baja de un compuesto antimicrobiano capaz de eliminar el 99,9% de los microorganismos (31)(32).

La técnica de macrodilución, conocida también como prueba de dilución en tubo, utiliza diluciones sucesivas que son el doble de antimicrobianos y que se llevan a cabo en los recipientes apropiados. Se añade a los tubos preparados una cantidad determinada de bacterias suspendidas después de incubar durante 24 horas a 37 °C (33). Tras un día, la turbidez del medio permite observar el crecimiento de las bacterias y así facilitar la visualización de los valores CIM (33).

Prueba de difusión de disco

La prueba de difusión en disco (DD) ha sido la prueba más utilizada en los laboratorios de microbiología clínica desde 1940 (31). Para valorar la vulnerabilidad de las bacterias más comunes y clínicamente relevantes que causan enfermedades humanas. La DD para muchos antimicrobianos y microorganismos sigue siendo un viaje en constante evolución, y la estandarización es una danza incesante. La técnica consiste en introducir varios discos impregnados de antibióticos en un medio de cultivo que ha sido inoculado antes con una mezcla bacteriana (33). El antibiótico se difunde de manera radial a través del medio de cultivo, lo que produce un gradiente de concentración. Los diámetros de cada antibiótico analizado se miden a mano alzada o con un sistema automatizado

después de una incubación de 24 horas a 35 ± 1 °C. Los resultados tienen que clasificarse e interpretarse de acuerdo con el estándar clínico actual. El método de disolución del disco es el más utilizado en los laboratorios de microbiología porque es sencillo de implementar, tiene un costo bajo y se puede aplicar a una amplia gama de antibióticos y bacterias. La interpretación simple permite descubrir fenotipos raros y detectar la contaminación. Sin embargo, los principales problemas son la lentitud en la obtención de resultados y la imposibilidad de calcular el MIC. Para los pacientes en condiciones graves, es fundamental reaccionar y tratar de manera apropiada. También es fundamental considerar las propiedades biológicas de las etapas de retraso y logaritmo en el desarrollo bacteriano, así como su efecto en la acción de los antibióticos (31)(33).

Método de Kirby-Bauer

El método de difusión en disco de Kirby-Bauer es una técnica microbiológica estándar e in vitro de carácter cualitativo y semicuantitativo que se utiliza para evaluar la susceptibilidad de microorganismos frente a agentes antimicrobianos o extractos naturales. Su fundamento radica en la difusión pasiva, radial y continua de una sustancia hidrosoluble a partir de un disco de papel de filtro hacia una matriz sólida de agar que ha sido previamente inoculada de forma homogénea con una suspensión bacteriana. A medida que el compuesto se desplaza, genera un gradiente de concentración decreciente en relación inversamente proporcional a la distancia desde el centro del disco. Cuando la concentración del antimicrobiano en el frente de difusión es lo suficientemente elevada como para detener el desarrollo bacteriano, se visualiza macroscópicamente un área circular libre de crecimiento denominada halo de inhibición. La interfase entre este halo y el crecimiento masivo delimita la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), y la medición de su diámetro en milímetros constituye la variable cuantitativa principal para determinar la eficacia del agente. Para garantizar la reproducibilidad del método, organismos como el CLSI exigen una estandarización rigurosa de variables críticas. Esto incluye el uso exclusivo de Agar Mueller-Hinton con un espesor constante de 4.0 mm para evitar alteraciones en la velocidad de difusión, y la calibración del inóculo bacteriano al 0.5 de la escala de MacFarland (aproximadamente 1×10^8 a 2×10^8 UFC/mL) mediante siembra por hisopado en tres direcciones. Finalmente, las placas se incuban a $35 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ durante 16 a 24 horas. En el ámbito experimental, el método destaca por su viabilidad económica, su alta reproducibilidad y su flexibilidad operativa, permitiendo evaluar simultáneamente múltiples concentraciones con volúmenes mínimos de muestra. (15 18,31,36)

3.2. Análisis de antecedentes Investigativos

3.2.1. Antecedentes internacionales

- a. **Título:** “Acción bactericida del *Thymus vulgaris* Lamiaceae versus la clorhexidina sobre *Enterococcus Faecalis* y *Porphyromonas gingivalis*”.

Autor: Ulloa et al. (Ecuador, 2025)

Resumen: El objetivo de esta investigación fue analizar cómo el tomillo, en sus diversas concentraciones, influye en las bacterias *P. gingivalis* y *Enterococcus faecalis*. Estudio experimental, en el que se seleccionó deliberadamente una muestra compuesta por las bacterias específicas. Estos ejemplares fueron expuestos a diversas concentraciones de aceite esencial de la esencia Tomillo en cantidades del 25%, 50% y 100%. En los resultados, a las 24 horas, se evidenció que el Tomillo al 25% mostró una efectividad reducida en las bacterias. Por otro lado, las concentraciones del 50% y 100% evidencian una efectividad superior. El 2% de clorhexidina que fue utilizado como control positivo, llegó a un promedio de $21,74 \pm 1.86$. Mientras que, a las 72 horas, el tomillo al 50% resaltó por su efectividad y uniformidad, sobrepasando incluso al grupo control en términos de capacidad antimicrobiana. Sin embargo, la clorhexidina resulta ser una opción más prevista y estable frente a la *P. gingivalis*. En conclusión, se evidencio que, a pesar de que el tomillo tiene características antimicrobianas, su eficacia es notablemente más baja en comparación con la clorhexidina, particularmente en relación con *E. faecalis* (34).

- b. **Título:** “Six Spain *Thymus essential* oils composition analysis and their in vitro and in silico study against *Streptococcus mutans*”.

Autor: Park et al. (China, 2023)

Resumen: El propósito de esta investigación fue examinar la actividad antimicrobiana de seis especies de timo (tres muestras de *T. vulgaris*, dos muestras de *Thymus zygis* y una muestra de aceites esenciales de *Thymus satureioides*) en *S. mutans*. Estudio experimental, en el que se evaluó colonias *S. mutans*. En los resultados, la concentración mínima inhibitoria (MIC) y la mínima bactericida (MBC) reveló que tres aceites esenciales de *Thymus* demostraron una alta sensibilidad a los antimicrobianos con un diámetro de $39,3 \pm 0,70$ mm. El aceite esencial de 3 *Thymus* demostró un considerable efecto inhibitor en la generación de ácido, la adhesión y la creación de biopelículas de *S. mutans*, así como en la manifestación de genes virulentos. En conclusión, la investigación evidencio que los aceites esenciales de

Thymus mostraron una notable reducción del crecimiento bacteriano, la generación de ácido, la adhesión y la creación de biopelículas de *S. mutans*, en función de sus componentes y concentración relativa (35).

- c. **Título:** “Antimicrobial and Anti-Biofilm Activities of *Thymus fallax* Essential Oil against Oral Pathogens”.

Autor: Moshaverinia et al. (Irán, 2022)

Resumen: El propósito del estudio es evaluar cómo los aceites esenciales de *Thymus* actúan como agentes antimicrobianos y protectores de la película *in vitro* contra microorganismos orales. Estudio experimental, en el que se evaluó el rendimiento antimicrobiano de *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* y *Candida* a través de la dilución en caldo en 96 placas. En los resultados, el aceite esencial reveló una efectividad de la biopelícula superior al 95% en la concentración de 8 µL /mL contra todas las cepas bacterianas analizadas, incluyendo *Candida albicans* ($p < 0,05$). En conclusión, gracias a las poderosas propiedades antimicrobianas de *Thymus*, este aceite esencial podría convertirse en una alternativa farmacéutica antimicrobiana y antibiótica en la gestión y tratamiento de infecciones orales (36).

- d. **Título:** “Evaluation of the Antimicrobial Effect of Thyme Extract on *Streptococcus Mutans*”.

Autor: Abdel et al. (Egipto, 2020)

Resumen: Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de medir el impacto del enjuague bucal con extracto de tomillo en comparación con el enjuague bucal con clorhexidina en la cantidad de *S. mutans* en la saliva de un grupo de niños de Egipto. Estudio experimental, en el que se seleccionaron 70 niños. Los hallazgos de nuestra investigación revelaron que, después del tratamiento, se observó una disminución media porcentual superior de las unidades formadoras de colonias (UFC) de *S. mutans* (%) en el grupo de tomillo ($99,99 \pm 0,02$), frente al grupo de clorhexidina ($99,97 \pm 0,05$). No obstante, el análisis t no pareado mostró que la variación en la reducción porcentual de UFC de *S. mutans* en ambos grupos no tuvo relevancia estadística. En conclusión, la aplicación cotidiana de enjuague bucal con extracto de tomillo (5%) puede disminuir la concentración de *S. mutans* en la saliva, la causa principal de la caries dental (37).

- e. **Título:** “In Vitro Antimicrobial Activity of *Thymus vulgaris* Essential Oil Against Major Oral Pathogens”.

Autor: Fani y Kohanteb. (Brasil, 2017)

Resumen: Estudio se propuso para determinar cómo el aceite de *T.vulgaris* actúa como un formidable protector contra ciertos microbios orales. Estudio experimental en el que se evaluaron 30 placas a través de la dilución. Los resultados, evidenciaron que en las concentraciones de 16 a 256 µg/mL, el aceite de *T. vulgaris* demostró una marcada actividad inhibitoria en todos los aislados clínicos, generando áreas de inhibición de 7,5 a 42 mm, medidas mediante el método de difusión en disco de agar. Los aislados más sensibles fueron *Streptococcus pyogenes* (S. pyogenes) y S. mutans, con concentraciones inhibitoras mínimas de 1,9 y 3,6 µg/mL, respectivamente. Para *C albicans*, *A actinomycetemcomitans* y *P gingivalis*, los niveles de concentración inhibitoria mínima fueron de 16,3 y 32 µg/mL, respectivamente. En conclusión, existe una potente actividad antimicrobiana in vitro del aceite de *Thymus vulgaris* en aislamientos clínicos de *S. pyogenes*, *S. mutans*, *C. albicans*, *A. actinomycetemcomitans* y *P. gingivalis* (14).

3.2.2. Antecedentes nacionales

- a. **Título:** “Actividad antibacteriana de la *Mentha piperita* sobre el *Streptococcus mutans* ATCC 25175, in vitro”.

Autor: Llacsahuanga. (Lima, 2025)

Resumen: Propuso analizar el efecto antibacteriano de la *Mentha piperita* en el *Streptococcus mutans* ATCC 25175, de manera in vitro. Estudio experimental, en el que se evaluaron 10 placas Petri. Los hallazgos, a lo largo de las 24 horas, se calcula que la concentración al 100% alcanzó un promedio de $11,05 \pm 0,54$ mm, la concentración al 50% registró un promedio de $8,66 \pm 0,39$ mm, la concentración al 25% registró un promedio de $7,73 \pm 0,18$ mm y la concentración de clorhexidina alcanzó un promedio de $12,61 \pm 0,40$ mm. Después de 48 horas, se calculó que la concentración al 100% alcanzó un promedio de $11,56 \pm 0,63$ mm, mientras que a las 72 horas, se calculó que la concentración total alcanzó un promedio de $12,09 \pm 0,54$ mm, la concentración del 50% registró un promedio de $9,74 \pm 0,58$ mm, la del 25% alcanzó un promedio de $8,53 \pm 0,27$ mm y la de la clorhexidina alcanzó un promedio de $13,35 \pm 0,37$ mm. En conclusión, el extracto que contiene al 100% *Mentha piperita* demostró un efecto antibacteriano contra las variantes de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 (38).

- b. **Título:** “Efecto inhibitorio de la arcilla de hidralgiritita (chaqo) y aceite esencial de timol sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM”.

Autor: Sanca et al. (Puno, 2025)

Resumen: El objetivo fue analizar de manera in vitro la eficacia antibacteriana de la arcilla de hidralgirita (chaqo) y el aceite esencial de la palma en *S. mutans*. Estudio experimental, en el que se evaluaron 50 placas Petri, repartiendo 6 discos de papel de filtro en cada una de ellas una. En los resultados, según el análisis con la prueba Kruskal-Wallis, la arcilla de hidralgirita (chaqo) y el aceite esencial de timol presentaron diferencias estadísticamente relevantes ($p = 0.00$) en sus efectos inhibidores. Además, se logró el máximo efecto antibacteriano con la arcilla de hidralgirita a las 24 horas. En conclusión, el efecto de la arcilla de hidralgirita (chaqo) fue notablemente superior en comparación con el aceite esencial de la palma después de las 24 y 48 horas (39).

- c. **Título:** “Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Zea Mays L.* (maíz morado) sobre *S. mutans* ATCC 25175, Cusco 2024”.

Autor: Quispe. (Cusco, 2025)

Resumen: El objetivo consistió en establecer la actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de la tusa de *Zea mays L.* (Kculli - maíz morado), a distintos niveles de concentración (25%, 50%, 75% y 100%) y duraciones (24h, 48h y 72h) en relación con *S. mutans*. Estudio experimental. En los resultados, los halos de inhibición permanecieron inalterables a las distintas concentraciones (25%, 50%, 75% y 100%) y a los distintos momentos (24h, 48h y 72h), dado que los valores alcanzaron los 6mm en todos los casos, lo que implica que no existió actividad antibacteriana de acuerdo con Duraffourd. En conclusión, la actividad antibacteriana del extracto etanólico de *Zea mays L.* (Kculli - maíz morado) no se manifestó en *S. mutans* (40).

4. Hipótesis

Dado que el estudio del aceite esencial de *T. vulgaris* como agente antimicrobiano ha generado interés en los últimos años debido a sus resultados efectivos contra una diversidad de microorganismos.

Es probable que exista una actividad antimicrobiana significativa *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*.



Capítulo II:
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

CAPÍTULO II:

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN.

1.1. Técnica

1.1.1. Especificación de la técnica

La investigación empleó como técnica la observación experimental, para ver y medir el halo de inhibición formado por las diferentes concentraciones del aceite esencial de *Thymus vulgaris* (25%, 50%, 75% y 100%) sobre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*.

1.1.2. Cuadro de técnicas e Instrumentos

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de investigación

Variable de investigación	Técnica	Instrumento
Estimulo: Aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i>	Observación	(ficha de laboratorio de recolección de datos)
Respuesta: <i>S. mutans</i>	Observación	(ficha laboratorio de recolección de datos)
Respuesta: <i>C. albicans</i>	Observación	(ficha laboratorio de recolección de datos)

1.1.3. Descripción de la técnica

La investigación empleó como técnica la observación experimental, para evaluar las variables de investigación. Asimismo, para iniciar la investigación, se requirió:

Autorización del comité de ética de la UCSM

Autorización del jefe del Laboratorio de Microbiología

Coordinación con el personal a cargo del laboratorio H-403

Obtenidos los permisos necesarios se realizó:

Obtención del aceite esencial de *T. vulgaris*

El aceite esencial (AE) de *T. vulgaris* se obtuvo de la compañía “Essential Oils Perú”, distribuida por la farmacia InkaFarma en Arequipa.

Preparación de las concentraciones del AE de *T. vulgaris* mediante dilución volumétrica

La preparación de las distintas concentraciones de aceite esencial de *Thymus Vulgaris* se realizó mediante dilución volumétrica utilizando agua destilada de la siguiente manera:

Para la obtención de la concentración al 100% se utilizó un 1 ml de AE.

Para la obtención de la concentración al 75% se disolvió agua destilada estéril en un volumen de 0,75 ml del AE. 0.75 ml de aceite x 0.25 ml de agua destilada

Para la obtención de la concentración al 50% se disolvió agua destilada estéril en un volumen de 0,50 ml del AE. 0.5 ml de aceite x 0.5 ml de agua destilada

Para la obtención de la concentración al 25% se disolvió agua destilada estéril en un volumen de 0,25 ml del AE. 0.25ml de aceite x 0.75ml de agua destilada

Selección, reactivación y replicación de cepas bacterianas mediante cultivo microbiológico:

Se utilizaron cepas liofilizadas de *S. mutans* (ATCC 35668) y *C. albicans* (ATCC 10261), las cuales fueron manipuladas bajo normas de bioseguridad y supervisión de la encargada de laboratorio.

Reactivación de cepas mediante incubación en caldo BHI:

Añadir 0.5–1.0 mL de caldo BHI estéril al vial ATCC liofilizado (seguir ficha técnica).

Incubar 18–24 h a 35–37 °C (*S. mutans*: condiciones microaerófilas; *C. albicans*: aerobio).

Subcultivo y preparación del inóculo mediante técnica de estriado y patrón de McFarland:

Tomar 100 µL del cultivo reactivado y sembrar en placa agar MS

(bacteria) o Chromoagar (hongo) para comprobar pureza; incubar 18–24 h.

Dilución final para siembra en agar mediante técnica de difusión en disco Kirby - Bauer:

Preparar suspensión en suero fisiológico estéril o en PBS y ajustar a **0.5 el patrón de actividad de McFarland** ($\sim 1.5 \times 10^8$ UFC/mL).

Dilución final para siembra de agar

Usualmente se siembra la capa con la suspensión 0.5 McFarland sin mayor dilución en difusión en disco. Para microdilución, diluir 1:100 en caldo para alcanzar 5×10^5 UFC/mL en pozo final.

Protocolo laboratorial mediante técnica de difusión en disco Kirby - Bauer

Preparar placas MH y dejarlas a temperatura ambiente 30 min.

Tomar suspensión 0.5 McFarland y con hisopo hacer 1 estriado en la superficie.

Dejar secar 3–5 min.

Para la evaluación de la actividad antimicrobiana, se emplearon discos de papel de filtro estériles de 6 mm de diámetro. Cada disco fue impregnado con un volumen estandarizado de 15 μ L de la solución correspondiente (aceite esencial en sus diferentes concentraciones o grupo control) mediante el uso de una micropipeta de precisión. Tras la aplicación, se garantizó un tiempo de absorción de 1 a 2 minutos a temperatura ambiente antes de su disposición sobre el agar, asegurando así la completa fijación del compuesto en el vehículo y evitando la difusión irregular previa a la incubación.

Colocar los discos con pinzas estériles; presionar ligeramente.

Incubación:

S. mutans: 35–37 °C en atmósfera microaerófila (si no, anaerobiosis parcial) durante 24 h.

C. albicans: 35–37 °C aerobiosis 24 h.

Lectura: medir diámetro total (mm) de la zona de inhibición con calibrador

digital; medir en dos direcciones perpendiculares y tomar promedio. Registrar a 24 h.

Evaluación de la actividad antimicrobiana

Para medir los halos de inhibición, se empleará un calibrador de metal y valorarla mediante la escala de Duraffourd:

≤ 8 mm: sin actividad

9–14 mm: actividad débil

15–19 mm: actividad moderada

≥ 20 mm: actividad fuerte

Los hallazgos serán colocados en la ficha de recolección de datos (ANEXO 1)

1.2. Instrumento

1.2.1. Instrumento documental

a) Estructura

Se empleó una ficha de recolección de datos para evaluar las variables, en las que se identificará cada uno de los microorganismos evaluados, concentración del AE, medición del halo inhibido después de 24 horas (mm). Asimismo, es importante mencionar que el instrumento proporcionó una estructura detallada que permite interpretar correctamente los indicadores de la investigación.

b) Modelo del instrumento

Se visualiza en el anexo 1.

1.2.2. Instrumentos de Laboratorio:

- ✓ Asa Bacteriológica.
- ✓ Autoclave.
- ✓ Balanza eléctrica en gramos.
- ✓ Cocina eléctrica.
- ✓ Cabina de bioseguridad.
- ✓ Espátulas.
- ✓ Estufa de CO₂.

- ✓ Gradilla de Laboratorio.
- ✓ Matraz.
- ✓ Mechero Bunsen.
- ✓ Micropipeta.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Placas Petri estériles de 15 x 100mm.
- ✓ Probeta.
- ✓ Refrigeradora.
- ✓ Tubos de ensayo.
- ✓ Varilla agitadora de laboratorio.
- ✓ Vaso de Precipitado.
- ✓ Vernier Milimétrico.

1.2.3. Materiales e insumos de laboratorio:

- ✓ Agar Mitis Salivarius
- ✓ Agar Chromoagar
- ✓ Agua Destilada estéril.
- ✓ Campos de trabajo.
- ✓ Cepas liofilizadas de *S. mutans* (ATCC 35668)
- ✓ Cepas liofilizadas *C. albicans* (ATCC 10261)
- ✓ Digluconato de Clorhexidina al 0,12%.
- ✓ Equipo de bioseguridad de laboratorio (gorro, guantes, lentes, mandil y mascarilla.)
- ✓ Gasas estériles.
- ✓ Hisopos estériles.
- ✓ Papel filtro Whatman.
- ✓ Papel Kraft.
- ✓ Papel de Aluminio.
- ✓ Aceite Esencial (AE) de *T. vulgaris* en concentraciones del 25%, 50%, 75% y 100%.
- ✓ Suero fisiológico.

1.3. Materiales de verificación

- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Fichas de Observación Laboratorial.
- ✓ Lapiceros.

- ✓ Laptop.
- ✓ Regla Milimetrada.

2. Campo de verificación

2.1. Ubicación espacial

2.1.1. Ámbito general

En la ciudad Arequipa-Perú.

2.1.2. Ámbito específico

Los ambientes del Laboratorio de Microbiología H - 403 de la Universidad Católica de Santa María.

2.2. Ubicación temporal

La investigación se realizó durante el 2025.

Unidad de estudio

2.2.1. Unidades de análisis

Patógenos orales

2.2.2. Población

Determinada por las cepas liofilizadas de *S. mutans* (ATCC 35668) y *C. albicans* (ATCC 10261).

2.2.3. Muestra

Determinada por las cepas liofilizadas de *S. mutans* (ATCC 35668) y *C. albicans* (ATCC 10261), las cuales fueron inoculadas en 50 placas Petri que cumplan con los criterios estandarizados. En ese sentido, todas las evaluaciones se llevaron a cabo por quintuplicado siendo 5 placas para cada una de las concentraciones y para el grupo control, con el único objetivo de asegurar la reproductibilidad y confiabilidad de los hallazgos. La implementación de esta técnica permitió reducir los fallos técnicos, manejar la variabilidad biológica propia del ensayo y garantizar la validez estadística.

Se estableció un tipo de control para el experimento, constituido por digluconato de clorhexidina al 0.12%, debido a su eficacia comprobada como estándar de oro antimicrobiano en odontología.

2.2.4. Criterios de inclusión

- Cepas liofilizadas y estandarizadas de *S. mutans* (ATCC 35668) y *C. albicans* (ATCC

10261), lo cual garantiza el desarrollo óptimo de los microorganismos, de acuerdo con las guías de microbiología.

- Aceite esencial de *T. Vulgaris* que cuente con control de calidad.

2.2.5. Criterios de exclusión

- Placas Petri contaminadas o inadecuadas que evidencien indicios de contaminación cruzada, crecimiento atípico o pérdida de viabilidad durante la plantación.
- Placas Petri en las que se evidencien variabilidad no controlada en el tiempo de incubación, concentración del aceite esencial o técnicas de difusión, ya que estos factores pueden alterar significativamente los resultados.

3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Organización

- Se solicitó autorización del comité de Ética de la Universidad Católica de Santa María.
- Se solicitó autorización Sr. Decano de la Facultad de Odontología y al jefe de laboratorio para usar el laboratorio de microbiología de la Universidad Católica de Santa María.
- Pago por derecho de uso de laboratorios a tesorería de la Universidad Católica de Santa María.
- Pago por uso de materiales de laboratorio a tesorería de la Universidad Católica de Santa María.

3.2. Recursos

3.2.1. Recursos humanos

- a. **Investigador** : Cjuro Rendon Joselo Adrian
- b. **Asesor** : Dr. Figueroa Banda Rufo Alberto

3.2.2 Recursos Económicos

El presupuesto para la recolección será autofinanciado.

3.2.2. Recursos Institucionales

Universidad Católica de Santa María

4. ESTRATEGIA PARA EL MANEJO RESULTADOS

4.1. Plan de procesamiento de datos

a) Tipo de procesamiento

Los datos serán procesados en el programa estadístico SPSS, versión N° 26.

b) Operaciones de procesamiento

Clasificación

Los datos registrados de los cuestionarios serán tabulados en una matriz de registro en Microsoft Excel.

Codificación

Digital

Tabulación

Puntuación para variables métricas

4.2. Plan de análisis de datos

a) Tipo de análisis

Tendencia central de dispersión, para ello se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk y si los datos siguen una distribución normal se utilizó la prueba de Anova para determinar la actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *T. vulgaris* contra los principales patógenos orales a las 24 horas.

b) Tratamiento estadístico

Tabla 4: Tratamiento estadístico

Variable	Tipo	Escala	Estadísticas descriptivas	Prueba
Aceite esencial de <i>Thymus vulgaris</i>	Cuantitativa	Razón	Tendencia central de dispersión	Anova
<i>S. mutans</i> <i>C. albicans</i>				

4.3. Cronograma

Tabla 5: Cronograma

Actividades	2025		2026					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Aprobación de proyecto								
Redacción del marco teórico								
Recolección de datos								
Procesamiento y análisis								
Informe investigativo final								



Capítulo III:

RESULTADOS

CAPITULO III

1. Procesamiento y análisis estadístico

1.1. Procesamiento descriptivo

Tabla 6: Actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estand.	Sig.
25%	21.02	22.09	21.45	0.54560	0.233
50%	22.05	24.04	23.06	0.70375	0.339
75%	20.08	23.08	22.06	1.20881	0.170
100%	22.03	30.03	26.83	3.11583	0.670
Grupo control	11.02	18.08	15.24	2.97317	0.458

Nota. Matriz de datos

En la Tabla 6 se muestran los estadísticos descriptivos de los halos de inhibición generados por el aceite esencial de *Thymus vulgaris* frente a *Streptococcus mutans*. Se observa que el grupo control presenta el menor halo de inhibición (media 15,24 mm), evidenciando una actividad antimicrobiana limitada. Las concentraciones de 25%, 50% y 75% muestran halos superiores y relativamente homogéneos (21,45 mm; 23,06 mm; 22,06 mm respectivamente), lo que indica una respuesta antimicrobiana moderada. Sin embargo, la concentración al 100% presenta el mayor halo de inhibición (media 26,83 mm), demostrando la mayor potencia antimicrobiana. Estos resultados evidencian que el aceite esencial posee actividad antibacteriana significativa, y que esta se incrementa conforme aumenta la concentración, lo cual sugiere un comportamiento dependiente de concentración frente a *S. mutans*.

Tabla 7: Actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Candida albicans* a las 24 horas

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estand.	Sig.
25%	10.04	22.04	17.25	5.07940	0.450
50%	13.05	16.04	14.64	1.12988	0.851
75%	10.07	11.07	10.69	0.51480	0.170
100%	11.01	14.03	12.63	1.14234	0.853
Grupo control	9.01	11.03	10.22	0.81717	0.473

Nota. Matriz de datos

La Tabla 7 presenta los estadísticos descriptivos correspondientes a *Candida albicans*. Se observa que el grupo control registra el menor halo de inhibición (media 10,22 mm), mientras que la concentración al 25% presenta el mayor diámetro de inhibición (17,25 mm), indicando una actividad antifúngica considerable. Por su parte, las concentraciones al 50% y 100% muestran halos intermedios (14,64 mm y 12,63 mm), mientras que el 75% registra una inhibición reducida (10,69 mm), cercana al control. Esto sugiere que la respuesta antifúngica del aceite esencial no sigue un patrón lineal de concentración–efecto, a diferencia de lo observado con *S. mutans*, siendo la concentración al 25% la que ofrece mayor eficacia.

1.2. Análisis estadístico inferencial

Tabla 8: Concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas

Porcentaje de aceite	Comparación	P
25%	50%	.724
	75%	.989
	100%	.004
	Grupo control	.001
50%	25%	.724
	75%	.935
	100%	.057
	Grupo control	.000
75%	25%	.989
	50%	.935
	100%	.011
	Grupo control	.000
100%	25%	.004
	50%	.057
	75%	.011
	Grupo control	.000
Grupo control	25%	.001
	50%	.000
	75%	.000
	100%	.000

Nota. Matriz de datos

La Tabla 8 presenta el análisis post hoc para *S. mutans*. Se observa que el grupo control muestra diferencias estadísticamente significativas con todas las concentraciones de aceite esencial ($p < 0,05$), confirmando la presencia de actividad antimicrobiana. Asimismo, se evidencian diferencias significativas entre el 100% y las concentraciones 25% y 75% ($p = 0,004$ y $p = 0,011$), lo que reafirma que la concentración máxima genera el mayor efecto inhibitorio. Las comparaciones entre 25%, 50% y 75% no muestran diferencias significativas, indicando un comportamiento similar entre ellas. Esto confirma que la concentración al 100% es la más efectiva frente a *S. mutans* y que existe relación entre la concentración y la capacidad de acción.

Tabla 9: Concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presenta mayor actividad antimicrobiana sobre *Candida albicans* a las 24 horas

Porcentaje de aceite	Comparación	P
25%	50%	.456
	75%	.003
	100%	.048
	Grupo control	.002
50%	25%	.456
	75%	.112
	100%	.686
	Grupo control	.062
75%	25%	.003
	50%	.112
	100%	.713
	Grupo control	.998
100%	25%	.048
	50%	.686
	75%	.713
	Grupo control	.531
Grupo control	25%	.002
	50%	.062
	75%	.998
	100%	.531

Nota. Matriz de datos

En la Tabla 9 se aprecia la comparación entre concentraciones para *C. albicans*. Se observan diferencias significativas entre 25% y 75% ($p = 0,003$), así como entre 25% y 100% ($p = 0,048$) y entre 25% y el grupo control ($p = 0,002$). Esto confirma que la concentración al 25% ejerce un efecto antifúngico superior respecto a la mayoría de grupos. No obstante, no se identificaron diferencias significativas entre las concentraciones 50%, 75% y 100% con el grupo control, lo cual sugiere que dichas concentraciones presentan una respuesta antifúngica baja o variable. En consecuencia, se evidencia que el aceite esencial es capaz de inhibir *C. albicans*, pero su efecto no incrementa necesariamente con la concentración.

Tabla 10: Comparación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Thymus vulgaris* para determinar la concentración más efectiva entre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* a las 24 horas.

Concentración de aceite esencial (%)	Halo de inhibición promedio		Diferencia media (<i>S. Mutans</i> – <i>C. Albicans</i>)
	<i>Streptococcus Mutans</i> (mm)	<i>Candida albicans</i> (mm)	
25%	21.45	17.25	+4.20
50%	23.06	14.64	+8.42
75%	22.06	10.69	+11.37
100%	26.83	12.63	+14.2
Control (Clorhexidina)	15.24	10.22	+5.02

Nota. Matriz de datos

Al contrastar de forma directa la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Thymus vulgaris* entre ambos grupos de patógenos a las 24 horas, se determinó la existencia de patrones de susceptibilidad disímiles. Para el caso de *Streptococcus mutans*, el comportamiento evidenció un incremento lineal en el tamaño de los halos a medida que el extracto se encontraba más puro, alcanzando su punto de máxima efectividad al 100% con un halo promedio de 26.83 mm.

Por el contrario, *Candida albicans* exhibió una respuesta inversa, manifestando de manera paradójica su mayor zona de inhibición en el nivel más bajo evaluado del 25% (media de 17.25 mm) y disminuyendo su efecto en los niveles superiores. Clínicamente, se deduce que, si se busca el desarrollo de un biomaterial o colutorio de amplio espectro equilibrado para el control simultáneo de ambas afecciones orales, la opción intermedia del 50% constituye el punto de balance idóneo, logrando inhibir de manera homogénea a ambos patógenos sin sufrir las limitaciones de difusión o viscosidad molecular que se presentan cuando el aceite se aplica en su estado puro sobre medios sólidos.

Tabla 11: Evidencia de actividad antimicrobiana *in vitro* del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Streptococcus mutans*, UCSM, Arequipa 2025

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	410.245	4	102.561	21.01	0.000
Dentro de grupos	97.603	20	4.880		
Total	507.848	24			

Nota. Matriz de datos

En la Tabla 6 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de un factor evidenció la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los halos de inhibición generados por las distintas concentraciones del aceite esencial de *Thymus vulgaris* frente a *Streptococcus mutans* ($p < 0.001$). Estos resultados indican que al menos una de las concentraciones evaluadas presenta un efecto antimicrobiano significativamente distinto respecto a las demás. Asimismo, el elevado valor del estadístico F sugiere una variabilidad considerable entre los grupos en comparación con la variabilidad interna, lo que respalda la influencia de la concentración del aceite esencial sobre la actividad antibacteriana. En este contexto, se confirma un comportamiento en el cual la concentración del aceite esencial termina siendo influyente en el halo.

Tabla 12: Evidencia de actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Candida albicans*, UCSM, Arequipa 2025

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	166.966	4	41.741	7.71	0.001
Dentro de grupos	108.239	20	5.412		
Total	275.205	24			

Nota. Matriz de datos

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de un factor mostró diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los halos de inhibición correspondientes a las distintas concentraciones del aceite esencial de *Thymus vulgaris* frente a *Candida albicans* ($p=0.001$). Este hallazgo indica que la actividad antifúngica del aceite esencial varía significativamente entre los grupos evaluados. Sin embargo, a diferencia de lo observado en *Streptococcus mutans*, el valor del estadístico F es menor, lo que sugiere una menor magnitud de diferencia entre las medias. Además, los resultados evidencian un comportamiento no lineal en la respuesta antifúngica, donde la mayor inhibición no corresponde a la concentración más alta, sino a la del 25%, lo que sugiere posibles fenómenos de saturación o interferencia en la difusión del compuesto a concentraciones elevadas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que el aceite esencial de *Thymus vulgaris* presenta actividad antimicrobiana significativa frente a *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*. En el caso de *S. mutans*, los halos de inhibición aumentaron progresivamente con la concentración, siendo el 100% el más efectivo. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Fani y Kohanteb, quienes demostraron una actividad antimicrobiana potente del aceite de *T. vulgaris* frente a patógenos orales, incluyendo *S. mutans*, mostrando halos de inhibición superiores conforme aumentaba la concentración del aceite esencial (14). Resultados similares fueron reportados por Park et al., quienes evidenciaron que aceites esenciales del género *Thymus* reducen significativamente la formación de biopelículas y la actividad bacteriana de *S. mutans*, reafirmando su potencial terapéutico (35).

En contraste, en *Candida albicans*, la mayor actividad antifúngica fue observada en la concentración del 25%, mientras que las concentraciones mayores no mostraron incrementos proporcionales. Este comportamiento no lineal también ha sido sugerido en estudios previos donde se ha descrito que ciertos componentes fenólicos presentes en el aceite esencial pueden modificar su difusión en agar o generar fenómenos de saturación que limitan su efectividad a concentraciones elevadas (18,22). Moshaverinia et al. reportaron que el aceite esencial de especies del género *Thymus* presenta actividad antifúngica significativa frente a *Candida albicans*, apoyando la evidencia encontrada en el presente estudio respecto a la capacidad inhibitoria del aceite esencial (36). Asimismo, Al-Shahrani y colaboradores demostraron que el aceite de *T. vulgaris* presenta actividad antifúngica comprobada frente a especies de *Candida*, reforzando su potencial como agente terapéutico alternativo (22).

Los hallazgos del presente estudio también concuerdan parcialmente con investigaciones donde se ha utilizado tomillo como alternativa a la clorhexidina. Abdel Hameed et al. reportaron que extractos de tomillo lograron reducir significativamente las colonias de *S. mutans*, mostrando resultados comparables a clorhexidina, aunque sin diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos (37). Esto respalda la posible utilidad clínica de *T. vulgaris* como coadyuvante terapéutico en odontología preventiva.

Finalmente, los resultados obtenidos respaldan la hipótesis inicial, confirmando que el aceite esencial de *Thymus vulgaris* presenta actividad antimicrobiana significativa frente a microorganismos orales de relevancia clínica. Sin embargo, también ponen en evidencia que la respuesta biológica puede variar dependiendo del microorganismo y de la concentración del

aceite esencial utilizado, lo cual abre nuevas líneas de investigación para comprender sus mecanismos de acción y optimizar su aplicación clínica.

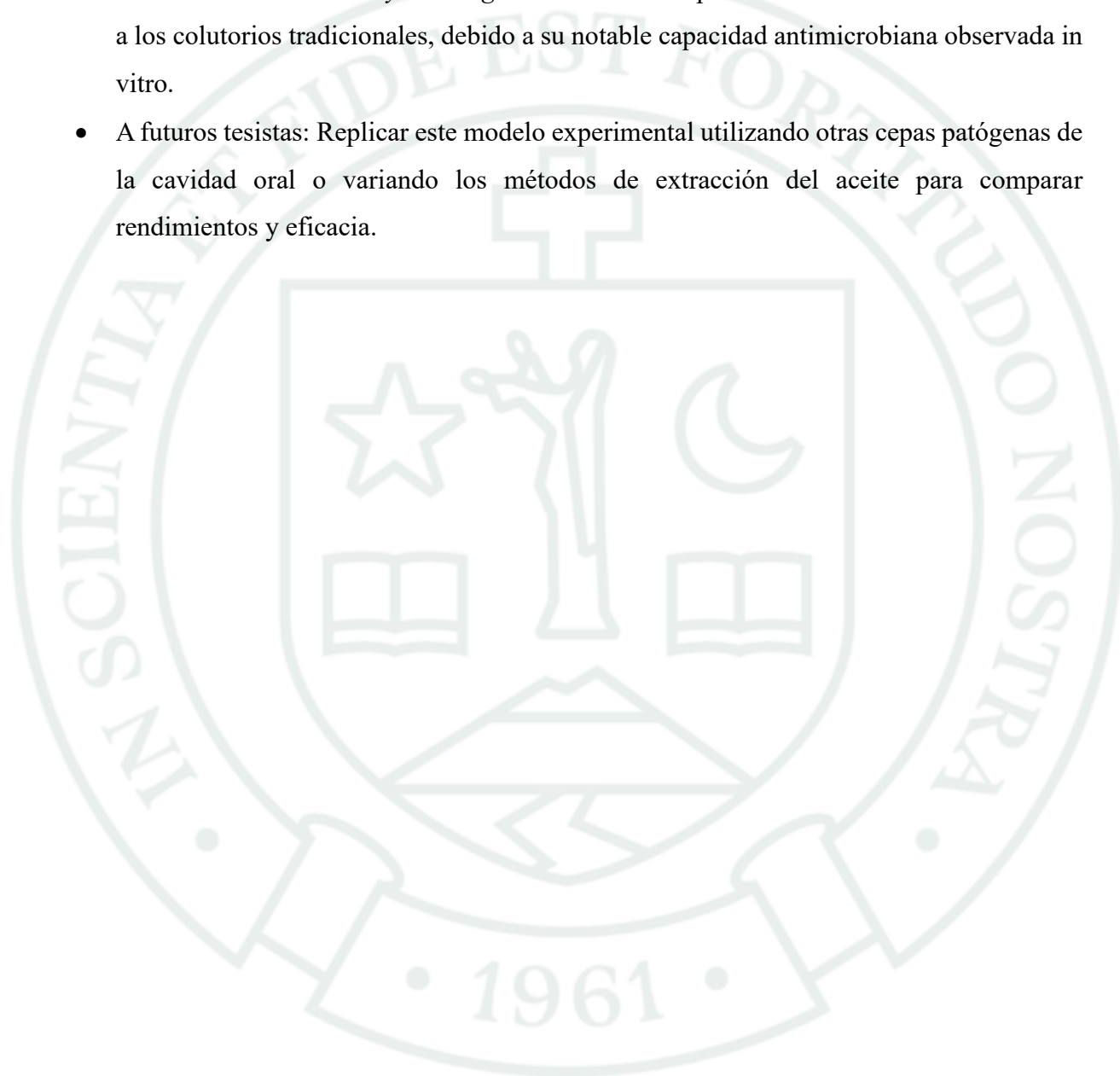


CONCLUSIONES

- Se determinó que el aceite esencial de *Thymus vulgaris* presentó actividad antimicrobiana in vitro en concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Streptococcus mutans* a las 24 horas.
- Se determinó que el aceite esencial de *Thymus vulgaris* presentó actividad antimicrobiana in vitro en concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100% sobre *Candida albicans* a las 24 horas.
- La concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presentó mayor actividad antimicrobiana sobre *Streptococcus mutans* fue la concentración al 100%, produciendo un halo de inhibición promedio de 25,66 mm.
- La concentración del aceite esencial de *Thymus vulgaris* que presentó mayor actividad antimicrobiana sobre *Candida albicans* fue la concentración al 25%, produciendo un halo de inhibición promedio de 17,25 mm.
- La actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Thymus vulgaris* difirió entre *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*, siendo mayor en *Streptococcus mutans* al 100% y en *Candida albicans* al 25%.
- El aceite esencial de *Thymus vulgaris* si presentó actividad antimicrobiana significativa in vitro frente a *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*.

RECOMENDACIONES

- A la comunidad científica: Profundizar en el análisis de los componentes químicos específicos del aceite mediante cromatografía, para identificar qué metabolitos secundarios son los responsables directos de la inhibición de *Candida albicans*.
- A los clínicos y especialistas en Periodoncia/Cariología: Evaluar la incorporación de soluciones basadas en *Thymus vulgaris* al 100% en la práctica diaria como una alternativa a los colutorios tradicionales, debido a su notable capacidad antimicrobiana observada in vitro.
- A futuros tesisistas: Replicar este modelo experimental utilizando otras cepas patógenas de la cavidad oral o variando los métodos de extracción del aceite para comparar rendimientos y eficacia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Meurman JH, Bascones-Martinez A. Oral infections and systemic health - more than just links to cardiovascular diseases. *Oral Health Prev Dent* [Internet]. 2021;19(1):441–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3290/j.ohpd.b1993965>
2. Rajasekaran JJ, Krishnamurthy HK, Bosco J, Jayaraman V, Krishna K, Wang T, et al. Oral microbiome: A review of its impact on oral and systemic health. *Microorganisms* [Internet]. 2024;12(9):1797. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms12091797>
3. Luong AD, Buzid A, Luong JHT. Important roles and potential uses of natural and synthetic antimicrobial peptides (AMPs) in oral diseases: Cavity, periodontal disease, and thrush. *J Funct Biomater* [Internet]. 2022;13(4):175. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jfb13040175>
4. Muteeb G, Rehman MT, Shahwan M, Aatif M. Origin of antibiotics and antibiotic resistance, and their impacts on drug development: A narrative review. *Pharmaceuticals (Basel)* [Internet]. 2023;16(11):1615. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ph16111615>
5. Salam MA, Al-Amin MY, Salam MT, Pawar JS, Akhter N, Rabaan AA, et al. Antimicrobial resistance: A growing serious threat for global public health. *Healthcare (Basel)* [Internet]. 2023;11(13):1946. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare11131946>
6. Galovičová L, Borotová P, Valková V, Vukovic NL, Vukic M, Štefániková J, et al. Thymus vulgaris essential oil and its biological activity. *Plants* [Internet]. 2021;10(9):1959. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/plants10091959>
7. Akermi S, Smaoui S, Fourati M, Elhadef K, Chaari M, Mtibaa AC, Mellouli L. In-depth study of Thymus vulgaris essential oil: towards understanding the antibacterial target mechanism and toxicological and pharmacological aspects. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2022;1(1):1-10. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2022/3368883>
8. Alkufeidy RM, Al Farraj DA, Aljowaie RM, Ali MA, Elshikh MS. Chemical composition of Thymus vulgaris extracts and antibacterial activity against pathogenic multidrug resistance bacteria. *Physiol Mol Plant Pathol* [Internet]. 2022;117(101745):101745. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101745>

9. Tohidi-Nejad Z, Khajoei-Nejad G, Tohidi-Nejad E, Ghanbari J. Essential oil production, chemical composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* as affected by harvesting season and drying conditions. *Dry Technol* [Internet]. 2024;42(7):1208–20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2024.2332464>
10. Borugă O, Jianu C, Mișcă C, Goleț I, Gruia AT, Horhat FG. *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *J Med Life* [internet]. 2014;7(3):56–60. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4391421/>
11. Lu Y, Lin Y, Li M, He J. Roles of *Streptococcus mutans*-*Candida albicans* interaction in early childhood caries: a literature review. *Front Cell Infect Microbiol* [Internet]. 2023;13(1):1-10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2023.1151532>
12. Lopes JP, Lionakis MS. Pathogenesis and virulence of *Candida albicans*. *Virulence* [Internet]. 2022;13(1):89–121. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/21505594.2021.2019950>
13. Rae.es. [citado 20 de Agosto del 2025]. Disponible en: <https://dle.rae.es/tiempo>
14. Fani M, Kohanteb J. In vitro antimicrobial activity of *Thymus vulgaris* essential oil against major oral pathogens. *J Evid Based Complementary Altern Med* [Internet]. 2017;22(4):660–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/2156587217700772>
15. György Z, Incze N, Pluhár Z. Differentiating *Thymus vulgaris* chemotypes with ISSR molecular markers. *Biochem Syst Ecol* [Internet]. 2020;92(10):104118. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2020.104118>
16. Wińska K, Mączka W, Łyczko J, Grabarczyk M, Czubaszek A, Szumny A. Essential oils as antimicrobial agents-myth or real alternative? *Molecules* [Internet]. 2019;24(11):2130. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules24112130>
17. Patil SM, Ramu R, Shirahatti PS, Shivamallu C, Amachawadi RG. A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. *Heliyon* [Internet]. 2021;7(5):07054. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07054>
18. Jain N, Choudhary P. Phytochemistry traditional uses and pharmacological aspect of *thymus vulgaris*: A review. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* [Internet]. 2022;84(6). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.1035>
19. Aljabeili HS, Barakat H, Abdel-Rahman HA. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of thyme essential oil (*thymus vulgaris*). *Food Nutr Sci* [Internet]. 2018;09(05):433–46. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2018.95034>

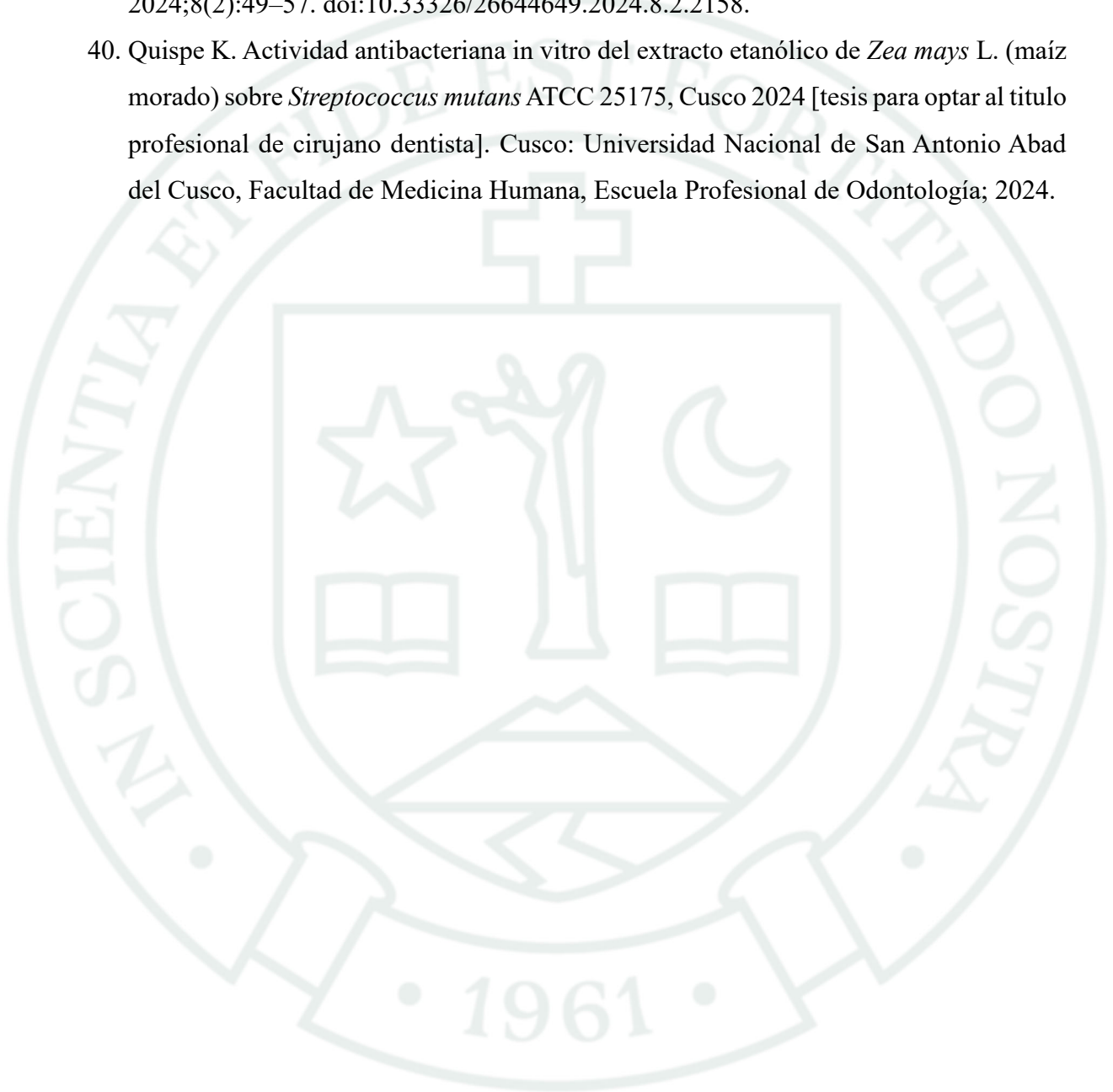
20. Alkufeidy RM, Al Farraj DA, Aljowaie RM, Ali MA, Elshikh MS. Chemical composition of *Thymus vulgaris* extracts and antibacterial activity against pathogenic multidrug resistance bacteria. *Physiol Mol Plant Pathol* [Internet]. 2022;117(101745):101745. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101745>
21. El-Nekeety AA, Mohamed SR, Hathout AS, Hassan NS, Aly SE, Abdel-Wahhab MA. Antioxidant properties of *Thymus vulgaris* oil against aflatoxin-induced oxidative stress in male rats. *Toxicon* [Internet]. 2011;57(7):984–91. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxicon.2011.03.021>
22. Al-Shahrani MH, Mahfoud M, Anvarbatcha R, Athar MT, Al Asmari A. Evaluation of antifungal activity and cytotoxicity of *Thymus vulgaris* essential oil. *Pharmacogn Commun* [Internet]. 2017;7(1):34–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5530/pc.2017.1.5>
23. Kohiyama CY, Yamamoto Ribeiro MM, Mossini SAG, Bando E, Bomfim N da S, Nerilo SB, et al. Antifungal properties and inhibitory effects upon aflatoxin production of *Thymus vulgaris* L. by *Aspergillus flavus* Link. *Food Chem* [Internet]. 2015;173(1):1006–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.135>
24. Marsh PD, Zaura E. Dental biofilm: ecological interactions in health and disease. *J Clin Periodontol* [Internet]. 2017;44 Suppl 18(1):12–22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jcpe.12679>
25. Cugini C, Shanmugam M, Landge N, Ramasubbu N. The role of exopolysaccharides in oral biofilms. *J Dent Res* [Internet]. 2019;98(7):739–45. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/0022034519845001>
26. Delaney C, O'Donnell LE, Kean R, Sherry L, Brown JL, Calvert G, et al. Interkingdom interactions on the denture surface: Implications for oral hygiene. *Biofilm* [Internet]. 2019;1(100002):100002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioflm.2019.100002>
27. Tao L, Wang M, Guan G, Zhang Y, Hao T, Li C, et al. *Streptococcus mutans* suppresses filamentous growth of *Candida albicans* through secreting mutanocyclin, an unacylated tetramic acid. *Virulence* [Internet]. 2022;13(1):542–57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/21505594.2022.2046952>
28. de Jongh CA, de Vries TJ, Bikker FJ, Gibbs S, Krom BP. Mechanisms of *Porphyromonas gingivalis* to translocate over the oral mucosa and other tissue barriers. *J Oral Microbiol* [Internet]. 2023;15(1):2205291. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1080/20002297.2023.2205291>

29. Reyes L. *Porphyromonas gingivalis*. Trends Microbiol [Internet]. 2021;29(4):376–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2021.01.010>
30. Zheng S, Yu S, Fan X, Zhang Y, Sun Y, Lin L, et al. *Porphyromonas gingivalis* survival skills: Immune evasion. J Periodontal Res [Internet]. 2021;56(6):1007–18. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jre.12915>
31. Yao H, Liu J, Jiang X, Chen F, Lu X, Zhang J. Analysis of the clinical effect of combined drug susceptibility to guide medication for carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* patients based on the Kirby-Bauer disk diffusion method. Infect Drug Resist [Internet]. 2021;14(1):79–87. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2147/IDR.S282386>
32. Gajic I, Kabic J, Kekic D, Jovicevic M, Milenkovic M, Mitic Culafic D, et al. Antimicrobial susceptibility testing: A comprehensive review of currently used methods. Antibiotics (Basel) [Internet]. 2022;11(4):427. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/antibiotics11040427>
33. Lewis II, James S, Clinical, Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 2023.
34. Lloa-Vergara MA, Sarabia-Antamba AE, Fuentes-Ayala AR. Acción bactericida del *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) versus la clorhexidina sobre *Enterococcus faecalis* y *Porphyromonas gingivalis*. Rev OACTIVA UC Cuenca [Internet]. 2025;10(1):14–31. Disponible en: <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/1134/842>
35. Park S-Y, Raka RN, Hui X-L, Song Y, Sun J-L, Xiang J, et al. Six Spain *Thymus* essential oils composition analysis and their in vitro and in silico study against *Streptococcus mutans*. BMC Complement Med Ther [Internet]. 2023;23(1):106. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12906-023-03928-7>
36. Moshaverinia M, Sahmeddini S, Lavaee F, Zareshahrabadi Z, Zomorodian K. Antimicrobial and Anti-Biofilm Activities of *Thymus fallax* Essential Oil against Oral Pathogens. Evid Based Complement Alternat Med. 2022; 1(1):1-9. doi:10.1155/2022/9744153
37. Abdel Hameed R, Mostafa M, El-Malt M. Evaluation of the antimicrobial effect of thyme extract on streptococcus mutans. Al-Azhar Dent J Girls [Internet]. 2020;7(2):313–8. Disponible en: <https://azjd.researchcommons.org/journal/vol7/iss2/10/>
38. Llacsahuanga Jiménez SA. Actividad antibacteriana de la *Mentha piperita* sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175, in vitro [tesis]. Lima (PE): Universidad Nacional

Federico Villarreal, Facultad de Odontología; 2025. Disponible en: repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/10394

39. Sanca TM, Huarachi HR, Valdez GC, Sanca LF, Valencia KA, Argote RV, Padilla-Cáceres TC. Efecto inhibitorio de la arcilla de hidralgiritita (chaqo) y aceite esencial de timol sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM. Rev Odontol Basadrina. 2024;8(2):49–57. doi:10.33326/26644649.2024.8.2.2158.
40. Quispe K. Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Zea mays* L. (maíz morado) sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175, Cusco 2024 [tesis para optar al título profesional de cirujano dentista]. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Medicina Humana, Escuela Profesional de Odontología; 2024.





ANEXOS

COMITÉ DE ÉTICA



**Universidad
Católica de
Santa María**

Investigador
Cjuro Rendon Joselo Adrian

Sentimiento Santamariano

Comité Institucional de Ética de la Investigación

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa - Perú
(+54) — 382038

UCSM.EDU.PE

Arequipa, 29 abril 2026

De mi especial consideración.

Me dirijo a usted para hacerle llegar el resultado de la evaluación de su proyecto de investigación y dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación.

TÍTULO: "ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE THYMUS VULGARIS SOBRE STREPTOCOCCUS MUTANS Y CANDIDA ALBICANS, UCSM, AREQUIPA 2025".

INVESTIGADOR: Cjuro Rendon Joselo Adrian.

TIPO Y DISEÑO: Experimental, longitudinal, observacional, aplicada, cuantitativo.

OBJETIVO: La investigación tiene como objetivo: Evidenciar si existe actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de Thymus vulgaris sobre Streptococcus mutans y Candida albicans, Arequipa 2025.

PROCEDIMIENTOS: Observación experimental, laboratorio.

SUJETOS DE ESTUDIO: Cepas liofilizadas de S. mutans (ATCC 35668) y C. albicans (ATCC 10261).

RIESGO DEL ESTUDIO: Mínimo.

OBSERVACIONES, SUGERENCIAS: Debe proteger confidencialidad de la data sensible.



DICTAMEN:



DICTAMEN FAVORABLE 233- 2026 CIEI-UCSM

VIGENCIA: La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente dictamen hasta el 29 de abril de 2027.

Agueda Muñoz Del Carpio Toia
Comité Institucional de Ética de la Investigación UCSM

Arequipa, 29 abril 2026

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
UCSM-COORD.LAB.

USO DE LABORATORIO

EXPEDIENTE N. °047-CLYG-2025

Arequipa, 05 diciembre 2025

Pase al Asistente de Laboratorio:

Sr. (a) MARCIA QUEQUEZANA /ALEIDA CASTRO MOLINA

Se autoriza el uso de las Instalaciones del laboratorio que usted asiste para el tesista, CJURO RENDON JOSELO ADRIAN egresado de la Escuela Profesional de ODONTOLOGIA para que realice su trabajo de investigación titulado “ ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE THYMUS VULGARIS SOBRE STREPTOCOCCUS MUTANS Y CANDIDA ALBICANS, UCSM AREQUIPA 2025.”

Inicio : 05-12-2025

Finaliza : 05-01-2026

Horario : PREVIA COORDINACION CON LA ASISTENTE

Atentamente,



.....
Mgter. MOCITA DE LA FUENTE TORRES
COORDINADORA (e) DE LABORATORIOS
Y GABINETES
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MDLFT/C(e)LyG
TBG

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

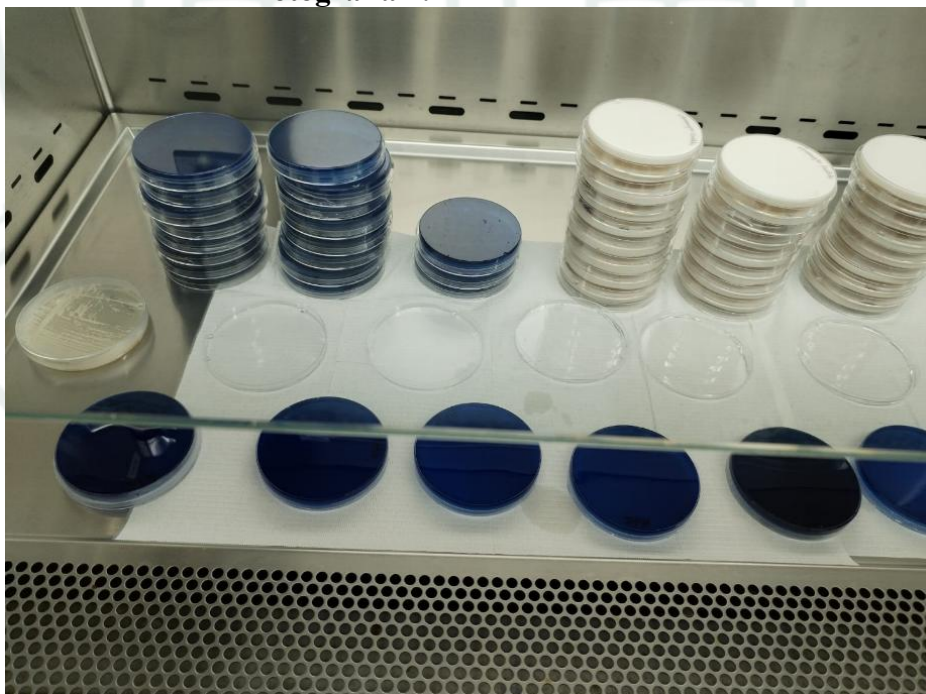
Cepa	Concentración					Tiempo
<i>S. mutans</i> (ATCC 35668)	25%	50%	75%	100%	Grupo control	24 (mm)
Escala de Duraffourd						
	25%	50%	75%	100%	Grupo control	24 (mm)
<i>C. albicans</i> (ATCC 10261)						
Escala de Duraffourd						

FOTOGRAFÍAS

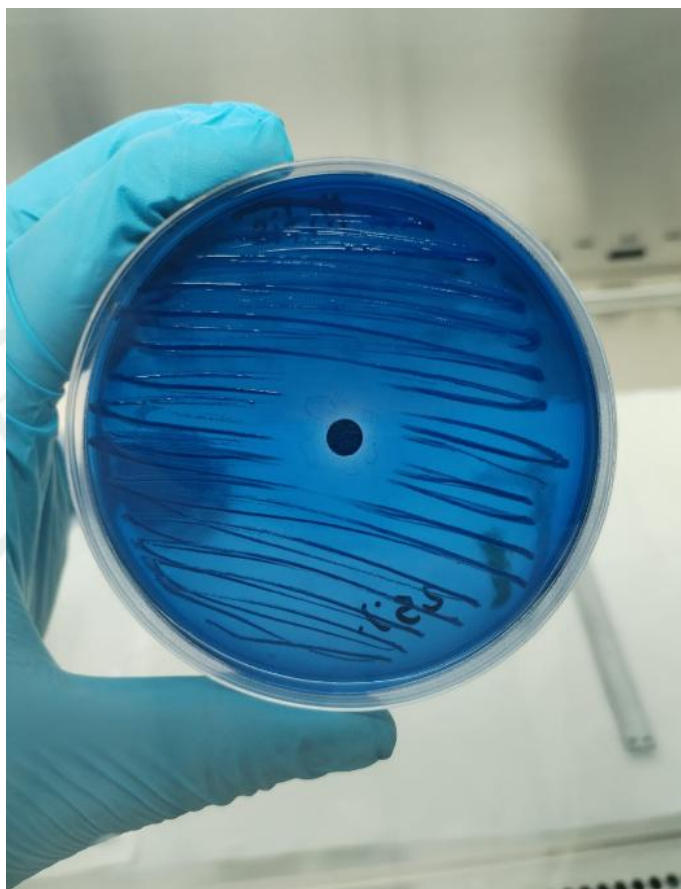
Fotografía 1: Incubación



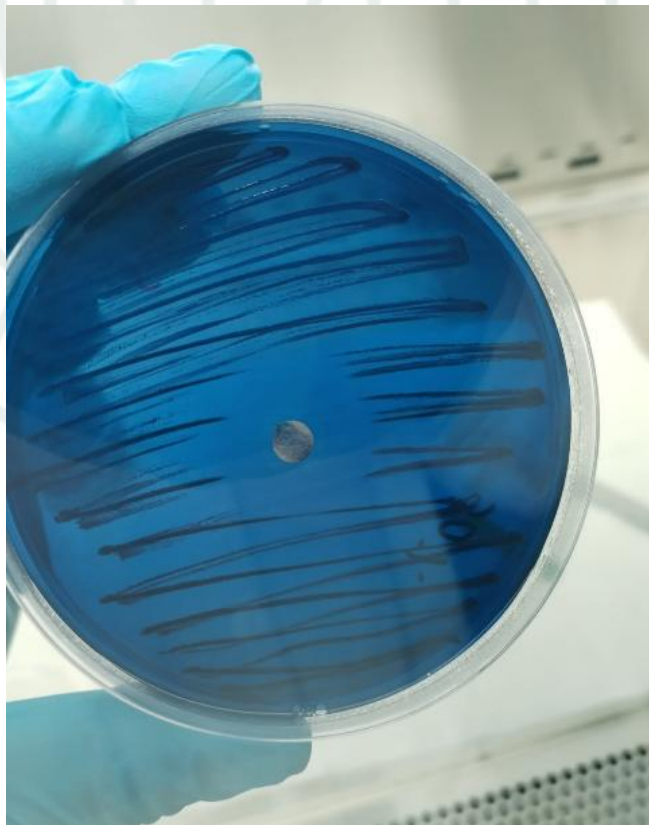
Fotografía 2: Placas con siembra



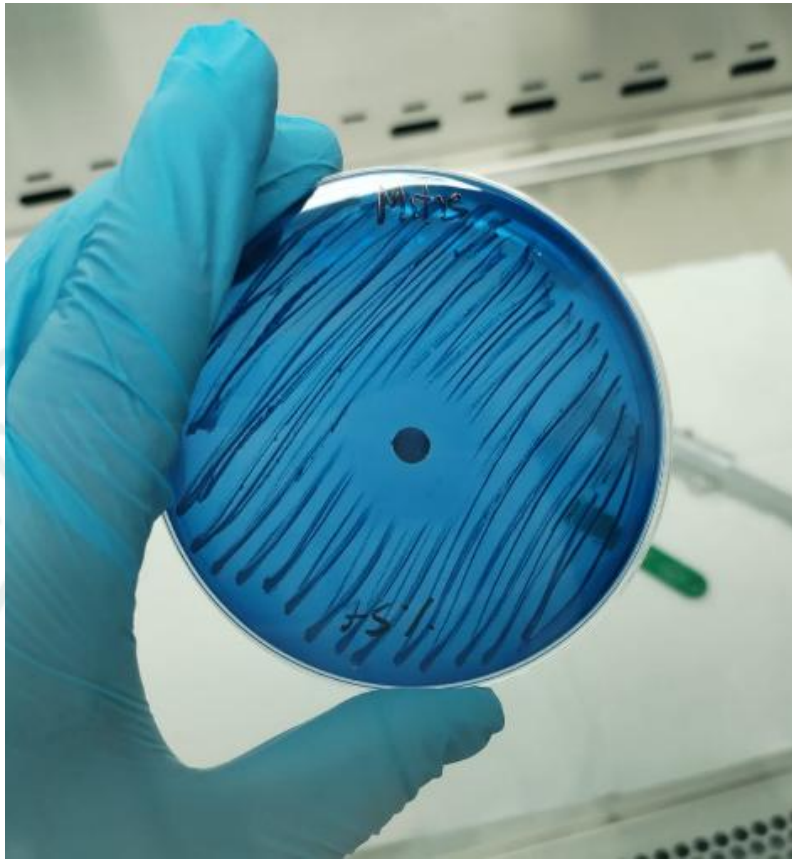
Fotografía 3: *S. Mutans* con disco de aceite al 25%



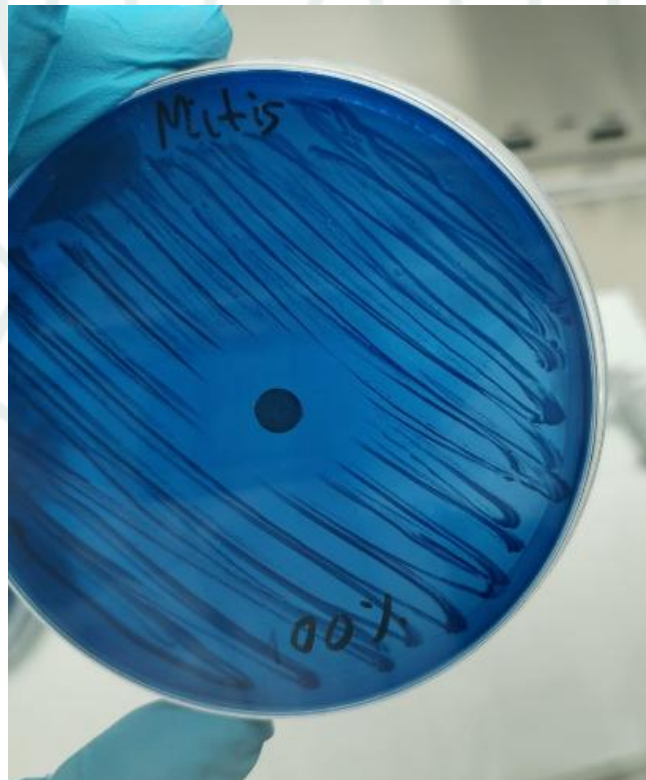
Fotografía 4: *S. Mutans* con disco de aceite al 55%



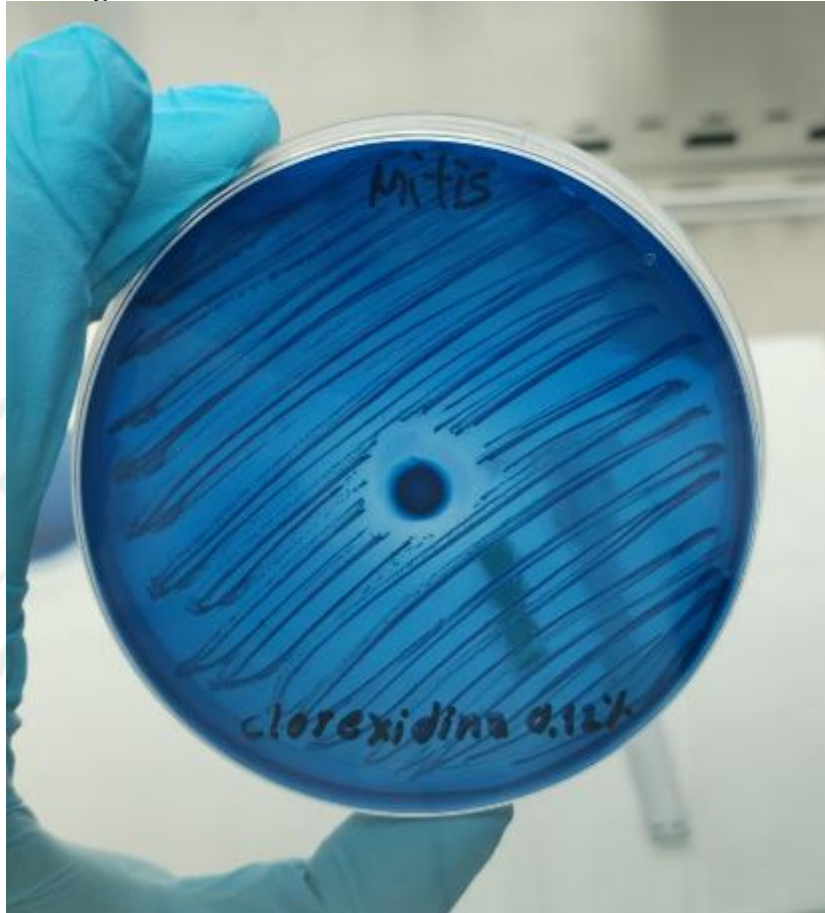
Fotografía 5: *S. Mutans* con disco de aceite al 75%



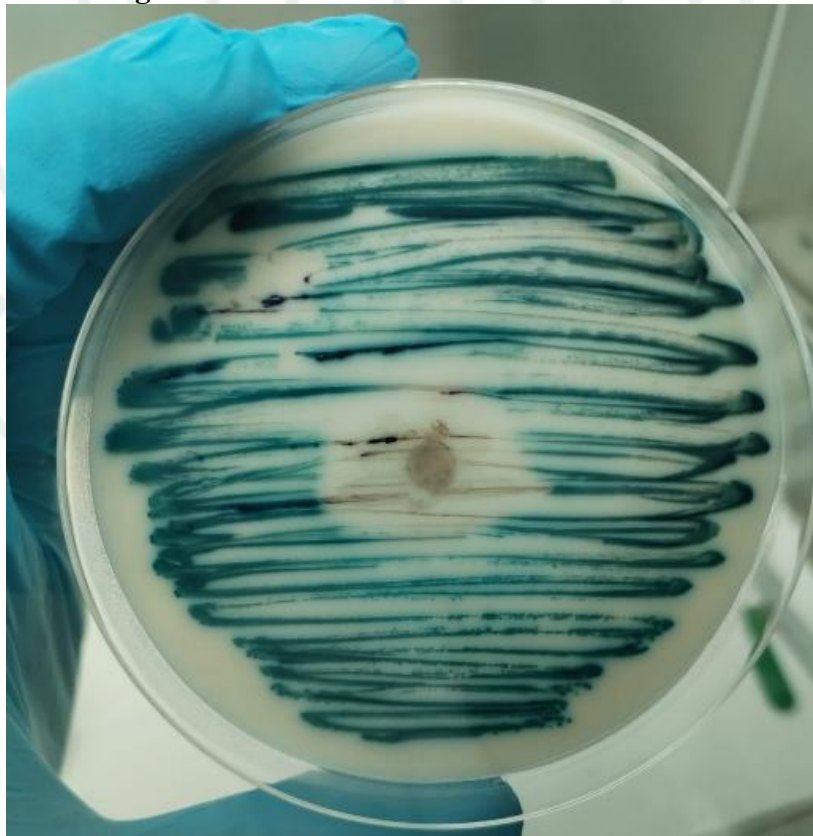
Fotografía 6: *S. Mutans* con disco de aceite al 100%



Fotografía 7: *S. Mutans* con disco de Clorhexidina al 0.12%



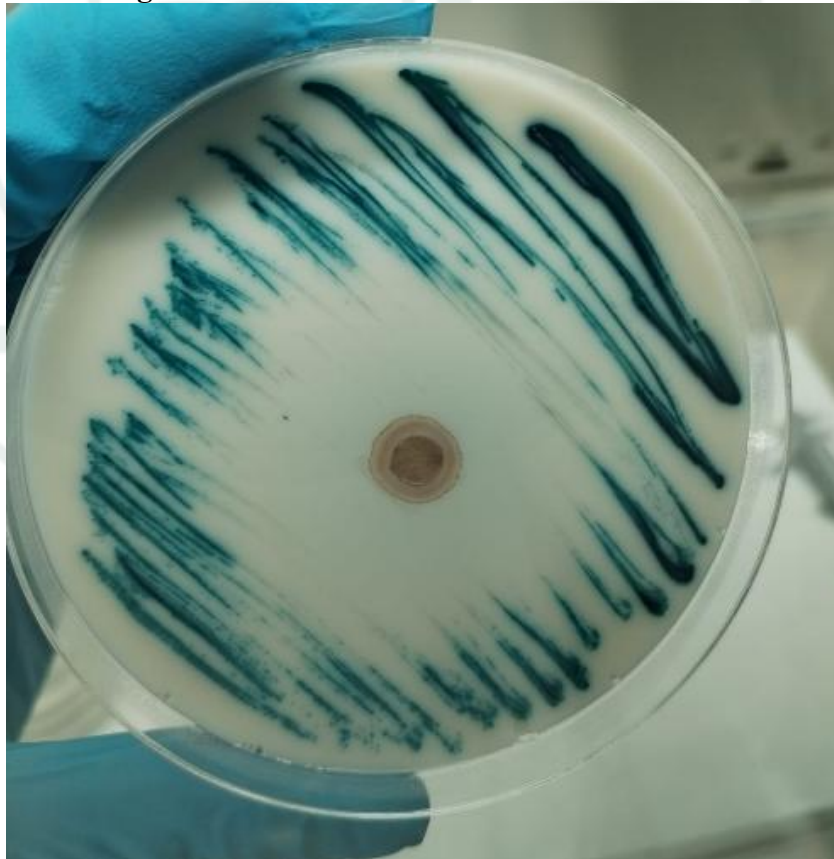
Fotografía 8: *C. Albicans* con disco de aceite al 25%



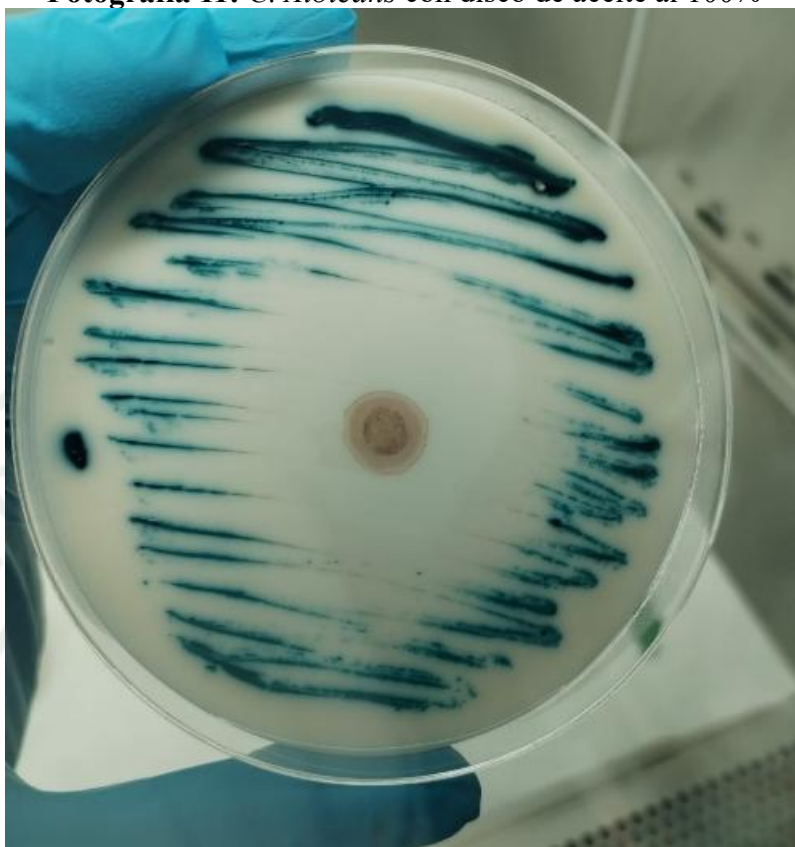
Fotografía 9: *C. Albicans* con disco de aceite al 50%



Fotografía 10: *C. Albicans* con disco de aceite al 75%



Fotografía 11: *C. Albicans* con disco de aceite al 100%



Fotografía 12: *C. Albicans* con disco de Clorhexidina al 0.12%



BASE DE DATOS

Cepa	Concentración				Grupo control	Tiempo
	25%	50%	75%	100%		24 horas
<i>S. Mutans</i> (ATCC 35668)	21.080	22.055	20.080	29.035	18.060	X
	21.02	23.075	22.685	30.030	18.085	X
	22.010	23.080	23.0	27.075	14.025	X
	21.060	23.075	23.080	22.030	15.035	X
	22.085	24.040	22.075	26.025	11.020	X
Escala de Duraffourd						
	25%	50%	75%	100%		
<i>C. Albicans</i> (ATCC 10261)	14.025	14.075	11.070	14.030	9.080	X
	10.040	15.050	11.055	11.010	10.060	X
	22.040	13.050	11.065	12.065	10.070	X
	21.065	16.035	10.085	13.060	11.030	X
	19.070	15.010	10.070	13.0	9.010	X
Escala de Duraffourd						