

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA



Tesis

Comparación *in vitro* del efecto antibacteriano del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* frente al *Streptococcus mutans*,

Abancay-2024

Asesor:

Mg. CD. Hurtado Gutiérrez, Danilo

Autores:

Sullcahuaman Rodríguez, Yanira

Arredondo Sierra, María Antonieta

Para optar el título profesional de:

Cirujano Dentista

Abancay - Apurímac – Perú

2026

Acta de sustentación



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA

Acta N°: 007-2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Abancay, a los 08 días del mes de enero del 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por **RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0245-2025-UTEA-FCS-E.P-EST.,PE** de la Escuela Profesional de **ESTOMATOLOGÍA**, Facultad de Ciencias de la Salud:

Presidente :	Mag. Carrion Herrera Uriel
Dictaminante :	Mag. Soria Serrano Sonia Margot
Replicante :	Mag. Vargas Mateos Shiovan Yamileth

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

COMPARACION IN VITRO DEL EFECTO ANTIBACTERIANO DEL EXTRACTO ETANOLICO DEL CAPSICUM PUBESCENS Y SOLANUM TUBEROSUM FRENTE AL STREPTOCOCCUS MUTANS, ABANCAY - 2024

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

BR.: **Sullcahuaman Rodriguez Yanira**
Arredondo Sierra María Antonieta

Para optar el Título Profesional de:

CIRUJANO DENTISTA

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: **Mayoría**
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Br.: Sullcahuaman Rodríguez Yanira	Aprobado
Br.: Arredondo Sierra María Antonieta	Aprobado

Siendo las 10:50 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

PRESIDENTE : Mag. Carrion Herrera Uriel
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

DICTAMINANTE: Mag. Soria Serrano Sonia Margot
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

REPLICANTE : Mag. Vargas Mateos Shiovan Y.
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

Nota: Desaprobado: 0-10; Aprobado: 11-20

(*) **Mayoría:** Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; **Unanimidad:** Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art.18 RGGAT.

(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud



21% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del Autor 1		
Apellidos y Nombres	:	Yanira Sulcahuaman Rodríguez
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Numero de Documento de Identidad	:	48488380
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0008-2538-0317
Datos del Autor 2		
Apellidos y Nombres	:	María Antonieta Arredondo Sierra
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Numero de Documento de Identidad	:	42985642
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0003-8970-6666
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Danilo Hurtado Gutiérrez
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Numero de Documento de Identidad	:	41690458
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0007-4276-1077
Datos de la investigación		
Facultad	:	Estomatología
Escuela Profesional	:	odontología
Línea de Investigación	:	Salud publica estomatológica
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2024-2025
Fuente de Financiamiento	:	Universidad tecnológica de los andes
Porcentaje de similitud	:	21%
URL de OCDE	:	http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14

Dedicatoria.

A Dios, por darnos la vida y sabiduría; a nuestros padres, por su amor y apoyo inquebrantable a lo largo de nuestras vidas. Esta tesis es testimonio de su fe en nosotros y en nuestros sueños, los cuales nos impulsaron a alcanzar este logro.

María Antonieta Arredondo

A Dios, A mi querida madre, mi compañera incondicional, A mis dos hijos adorados Andree y Arantza, mi inspiración de cada día.

A ti, mi amado esposo F. skip, por ser mi compañero incondicional, mi apoyo.

Yanira Sullcahuaman Rodríguez

Agradecimiento

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestra Universidad por asignarnos un asesor de tesis, cuya orientación, paciencia y dedicación fueron clave en este proceso. Agradecemos también a los docentes de la Universidad Tecnológica de los Andes por su valioso conocimiento, y a todas las personas que apoyaron esta tesis.

Yanira y María

Resumen

La presente investigación responde a la necesidad de encontrar alternativas naturales frente a la resistencia bacteriana, valorizando recursos fitoterapéuticos andinos con potencial en salud bucal. Objetivo. Comparar *in vitro* el efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175, Abancay-2024. Material y Métodos. Se realizó una investigación de tipo experimental, comparativa, prospectiva y transversal. Se elaboraron extractos etanólicos al 25 %, 50 % y 75 % a partir de ambos productos vegetales. La actividad antibacteriana se evaluó mediante el método de difusión en pocillos. Resultados, evidenciaron que *Solanum tuberosum* “chuño negro” presentó un halo de inhibición promedio de 13.19mm, mientras que *Capsicum pubescens* “rocoto” alcanzó 16.19 mm a la concentración del 75%. La concentración mínima inhibitoria para ambos extractos etanólicos fue del 25%. Conclusiones. Ambos extractos etanólicos mostraron actividad antibacteriana frente a *S. mutans*, destacando el extracto de *Capsicum pubescens* por su mayor eficacia, lo que sugiere su potencial aplicación como agente natural en estrategias de prevención y control de enfermedades bucales.

Palabras Clave: *Capsicum pubescens*, *Solanum tuberosum*, *Streptococcus mutans*, efecto antibacteriano, extracto etanólico.

Abstract

This study addresses the need to explore natural alternatives to bacterial resistance by valuing Andean phytotherapeutic resources with potential applications in oral health.

Objective: To compare in vitro the antibacterial effect of ethanol extracts from *Capsicum pubescens* and *Solanum tuberosum* against *Streptococcus mutans* ATCC 25175, Abancay-2024. **Materials and Methods:** An experimental, comparative, prospective, and cross-sectional study was conducted. Ethanol extracts at 25%, 50%, and 75% concentrations were prepared from both plant products. Antibacterial activity was evaluated using the agar well diffusion method. **Results:** *Solanum tuberosum* (“chuño negro”) exhibited an average inhibition halo of 13.19 mm, while *Capsicum pubescens* (“rocoto”) reached 16.19 mm at the 75% concentration. The minimum inhibitory concentration for both ethanol extracts was 25%. **Conclusions:** Both ethanol extracts demonstrated antibacterial activity against *S. mutans*, with *Capsicum pubescens* showing higher efficacy, suggesting its potential application as a natural agent in strategies for the prevention and control of oral diseases.

Keywords: *Capsicum pubescens*, *Solanum tuberosum*, *Streptococcus mutans*, antibacterial effect, ethanolic extract.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria.	v
Agradecimiento	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice general	ix
Índice de tabla	xii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos	xv
I. Introducción.....	16
II. Planteamiento del problema	17
2.1 Descripción y formulación del problema.....	17
2.1.1 Problema General	18
2.1.2 Problemas Específicos	18
2.2 Objetivos.....	19
2.2.1 Objetivo General.....	19

2.2.2 Objetivos Específicos	19
2.3 Justificación e Importancia	20
2.4 Hipótesis	21
2.4.1 Hipótesis General.....	21
2.4.2 Hipótesis Específicas	21
2.5 Variables	22
III. Marco teórico.....	24
3.1 Antecedentes	24
3.2 Bases teóricas.....	31
3.3 Definición de Términos	38
IV. Metodología.....	41
4.1 Tipo y Nivel de Investigación.....	41
4.2 Ámbito Temporal y Espacial	41
4.3 Población y Muestra	42
4.4 Instrumentos.....	43
4.5 Procedimientos.....	44
4.6 Análisis de Datos	50
4.7 Consideraciones éticas	51
V. Resultados y Discusión	52
VI. Conclusiones.....	72
VII. Recomendaciones	73

VIII. Referencias	74
IX. Anexos.....	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tabla

Tabla 1. Susceptibilidad antibacteriana “in vitro” del extracto etanólico de <i>S. tuberosum</i> en las concentraciones de 25%,50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa <i>S. mutans</i> , según halos de inhibición (mm).....	52
Tabla 2. Análisis de Varianza para el efecto antibacteriano del extracto etanólico de <i>Solanum tuberosum</i> en las concentraciones 25,50 y 75% y Control de Clorhexidina 2% frente a la cepa de <i>S. mutans</i> , según halos de inhibición(mm).....	53
Tabla 3. Subconjuntos frente a <i>Streptococcus mutans</i> - Prueba de Duncan.....	54
Tabla 4. Susceptibilidad in vitro según concentración de extracto etanólico de <i>Solanum tuberosum</i> frente a <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 a través de la Escala de Duraffourd.	55
Tabla 5. Concentración Mínima Inhibitoria “in vitro” del extracto etanólico de <i>S. tuberosum</i> en las concentraciones de 25%,50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa <i>S.mutans</i> , según unidades formadoras de colonias (UFC).	56
Tabla 6. Susceptibilidad antibacteriana “in vitro” del extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i> en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa <i>S.mutans</i> , según halos de inhibición (mm).	57
Tabla 7. Análisis de Varianza para el efecto antibacteriano del extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i> en las concentraciones 25,50 y 75% y Control de Clorhexidina 2% frente a la cepa de <i>S.mutans</i> , según halos de inhibición(mm).....	58
Tabla 8. Subconjuntos frente a <i>Streptococcus mutans</i> - Prueba de Duncan.....	59
Tabla 9. Susceptibilidad in vitro según concentración de extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i> sobre <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 a través de la Escala de Duraffourd.	

.....	60
Tabla 10. Concentración Mínima Inhibitoria antibacteriana “in vitro” del extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i> en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa <i>S.mutans</i> , según halos de inhibición (mm) y unidades formadoras de colonias (UFC).	61
Tabla 11. Comparaciones múltiples por T3 de Dunnett	63
Tabla 12. Concentración mínima inhibitoria (CMI) in vitro según las concentraciones del 25%, 50% y 75% de extracto etanólico de <i>Solanum tuberosum</i> “chuño negro”, <i>Caspsicum pubescens</i> “rocoto” y Control Clorhexidina 2% frente a cepa <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175 a través del número de Unidades Formadoras de Colonias.....	65

Índice de figuras

Figura 1. Comparación del efecto antibacteriano “in vitro” del extracto etanólico del chuño (Solanum tuberosum) y rocoto (Capsicum pubescens) al 25%, 50%, 75% con la Clorhexidina 2% frente a la cepa de Streptococcus mutans ATCC 25175 in vitro.....	62
--	----

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2. Ficha de Recolección	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3. Registro Fotográfico	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4. Esquema del flujo de muestras en el laboratorio	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5. Constancia de Laboratorio de Microbiología	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 6. Compra de la cepa <i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 7. Autorización de laboratorio por la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac....	¡Error! Marcador no definido.

I. Introducción

La caries dental persiste como una de las patologías infecciosas más prevalentes a escala global, particularmente en naciones en desarrollo⁽¹⁾. Esta patología, ocasionada principalmente por el *Streptococcus mutans*, está relacionada con la formación de placa bacteriana y el consumo de dietas altas en carbohidratos fermentables. Si bien los métodos tradicionales de control, como el uso de flúor y enjuagues bucales, han demostrado ser efectivos, su uso prolongado puede generar efectos secundarios, como la resistencia bacteriana. Por ello, la búsqueda de alternativas naturales con propiedades antimicrobianas se ha transformado en un campo de estudio cada vez más relevante para la comunidad científica⁽²⁾.

El *Capsicum pubescens* y el *Solanum tuberosum*, ampliamente cultivados y consumidos en la región andina, poseen componentes bioactivos que podrían tener un impacto positivo en la salud bucal. Estudios preliminares han señalado la existencia de diversos compuestos fenólicos y capsaicinoides en *Capsicum pubescens*, así como glicoalcaloides en *Solanum tuberosum*, con potencial actividad antibacteriana. Sin embargo, su eficacia frente a microorganismos cariogénicos como el *Streptococcus mutans* no ha sido plenamente estudiada^(3,4).

Esta investigación tiene como objetivo comparar *in vitro* el efecto antibacteriano del extracto etanólico de estas especies vegetales frente al *Streptococcus mutans*, utilizando métodos estandarizados de evaluación. El desarrollo de este estudio aportará al conocimiento científico sobre el uso de recursos naturales en la odontología, además podría ofrecer alternativas económicas y accesibles para el control de enfermedades bucales, beneficiando especialmente a comunidades vulnerables de la región de Abancay y otras similares.

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

La caries dental continúa siendo una de las enfermedades bucales más prevalentes a nivel mundial y constituye un importante problema de salud pública, especialmente en comunidades con limitado acceso a servicios odontológicos y a estrategias preventivas efectivas. Dentro de los microorganismos implicados en su etiopatogenia, *Streptococcus mutans* destaca como el principal agente cariogénico debido a su capacidad para adherirse al esmalte dental, producir ácido láctico mediante la fermentación de carbohidratos y formar biopelículas resistentes⁽⁵⁾.

El Perú es uno de los países con mayor biodiversidad del planeta, lo que incluye una amplia variedad de plantas utilizadas de manera sostenible con fines alimentarios, medicinales y farmacéuticos. Dentro de esta diversidad destaca el género *Capsicum*, ampliamente distribuido en la costa, sierra y selva. Este género comprende alrededor de 30 especies, de las cuales una es nativa, una es endémica y ocho son cultivadas en el territorio nacional, incluyendo múltiples variedades de importancia económica y tradicional⁽⁶⁾.

Las especies más cultivadas a nivel mundial como el *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens*, prosperan especialmente en zonas andinas debido a su clima templado y a su capacidad de crecimiento continuo durante el año. Estas plantas poseen metabolitos secundarios como alcoholes alifáticos, compuestos fenólicos, cetonas, aldehídos, isoflavonoides y diversos ácidos orgánicos, reconocidos por exhibir actividad antimicrobiana y variar en concentración según la etapa fenológica del cultivo^(6,7).

El *Capsicum pubescens*, conocido comúnmente como rocoto, es rico en carbohidratos, vitaminas A, B1, E y especialmente vitamina C, uno de los antioxidantes más relevantes. Su

característica pungencia se debe a los capsaicinoides, aminos responsables del picor y relacionadas con diversos efectos biológicos de interés. Por otra parte, el *Solanum tuberosum*, en su variedad procesada como chuño negro, conserva compuestos fenólicos y antioxidantes que podrían influir en su actividad antimicrobiana^(7,8).

A pesar del vasto uso tradicional de estos recursos vegetales, la evidencia científica sobre su efecto antibacteriano, específicamente contra *Streptococcus mutans*, sigue siendo limitada. Esta bacteria es el principal agente etiológico de la caries dental, patología de alta prevalencia en el Perú y en el mundo. En consecuencia, resulta pertinente explorar alternativas naturales accesibles y de origen local que puedan contribuir a la prevención o control de esta enfermedad ⁽⁹⁾.

En este contexto, la presente investigación in vitro busca ampliar el conocimiento científico acerca del potencial de estos remedios tradicionales en el ámbito profesional. Asimismo, se pretende incentivar a la comunidad al consumo de rocoto y chuño negro como alternativa para disminuir el impacto de las caries dentales. En este contexto, el objetivo es evaluar comparativamente el efecto del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*.

2.1.1 Problema General

¿Cuál es el efecto antibacteriano “in vitro” del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* en comparación del extracto etanólico *Solanum tuberosum* sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024?

2.1.2 Problemas Específicos

PE 1. ¿Cuál es la susceptibilidad antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024?

PE 2. ¿Cuál es la concentración mínima antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024?

PE 3. ¿Cuál es la susceptibilidad antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024?

PE 4. ¿Cuál es la concentración mínima antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Comparar el efecto antibacteriano “in vitro” del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* frente al *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

2.2.2 Objetivos Específicos

OE 1. Determinar la susceptibilidad antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

OE 2. Determinar la concentración mínima inhibitoria antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

OE 3. Determinar la susceptibilidad antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

OE 4. Determinar la concentración mínima inhibitoria antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024

2.3 Justificación e Importancia

La investigación propuesta fue de gran importancia, ya que permitió explorar alternativas naturales y accesibles para el tratamiento y prevención de la caries dental, una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial. El estudio del efecto antibacteriano de extractos etanólicos de *Capsicum pubescens* (rocoto) y *Solanum tuberosum* (chuño negro) frente a *Streptococcus mutans* ofreció la posibilidad de identificar nuevas soluciones terapéuticas que complementarían los tratamientos convencionales, especialmente en regiones con recursos limitados. Además, contribuyó al conocimiento científico sobre el uso de productos naturales en la salud bucal, promoviendo la preservación de especies locales y su potencial aplicación en la industria farmacéutica y odontológica.

Relevancia social: La caries dental es una de las enfermedades más prevalentes, especialmente en niños y adolescentes, aunque puede afectar a personas de todas las edades (10). La salud bucal es fundamental para el bienestar general, ya que la cavidad oral desempeña un papel crucial en la digestión de los alimentos. Además, las infecciones y dolencias bucales pueden tener un impacto negativo en la calidad de vida, generando complicaciones no solo locales, sino también sistémicas. Por lo tanto, mantener una adecuada salud bucal es esencial, ya que constituye la base para una salud integral y una buena calidad de vida.

Implicancias Prácticas: El cuidado dental alternativo es común en la población, pero a menudo se utiliza de manera empírica, sin respaldo científico sobre la efectividad de los alimentos o plantas. Este estudio busca aportar evidencia sobre las propiedades antimicrobianas del *Capsicum pubescens*.

y *Solanum tuberosum* frente a las bacterias presentes en el periodonto. Los resultados podrían ofrecer nuevas alternativas naturales y accesibles para el cuidado dental, especialmente en comunidades con acceso limitado a tratamientos convencionales.

Valor teórico: Esta investigación se justifica por su potencial para combatir la caries dental utilizando recursos naturales. Además de su impacto en la salud bucal, podría contribuir al conocimiento científico sobre el uso de especies vegetales locales, promoviendo la biodiversidad en regiones como Abancay, que cuentan con una rica flora. Los hallazgos buscan ampliar la comprensión de las propiedades antimicrobianas de estas plantas y su aplicación en la prevención de enfermedades bucales.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Hi: Los extractos etanólicos de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* presentan un efecto antibacteriano *in vitro* frente al *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

H₀: Los extractos etanólicos de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* no presentan un efecto antibacteriano *in vitro* frente al *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

2.4.2 Hipótesis Específicas

HE 1. Las concentraciones de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Solanum tuberosum* “chuño negro” presentan susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

HE 2. La concentración del 25% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* (“chuño negro”) presenta la concentración mínima inhibitoria antibacteriana *in vitro* sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

HE 3. Las concentraciones de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” presentan susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

HE 4. La concentración del 25% del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* “rocoto” presenta la concentración mínima inhibitoria antibacteriana *in vitro* de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

2.5 Variables

2.5.1 Variable 1

Actividad antibacteriana: Capacidad de un antimicrobiano para inhibir el crecimiento bacteriano o provocar su muerte (efecto bacteriostático o bactericida); se cuantifica mediante parámetros como la concentración mínima inhibitoria (CMI) y evaluado mediante pruebas de sensibilidad⁽¹¹⁾.

2.5.2 Variable 2

Extracto etanólico: Preparación concentrada obtenida al someter material vegetal a un proceso de extracción con etanol, que solubiliza y concentra los compuestos bioactivos⁽¹¹⁾.

2.5.3 Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Valores
Variable dependiente Actividad antibacteriana: Se le conoce como sensibilidad del microorganismo frente a un antibiótico. ³⁶	D1: Susceptibilidad, se refiere a la sensibilidad o resistencia de una población de bacterias a un antibiótico específico. En otras palabras, indica si un antibiótico es efectivo o no para inhibir el crecimiento de una bacteria determinada. ⁽¹¹⁾	Escala de duraffourd (halos de inhibición)	Nominal	nula:(-) ≤8mm sensible:(+) 9-14 mm muy sensible :(+++) 14-19mm sumamente sensible (+++)> 20 mm
	D2: Concentración mínima antibacteriana, inhibe el crecimiento de la cepa bacteriana.	Unidades formadoras de colonias (UFC/ml)	De razón	≤10.000 UFC
Variable independiente Extracto etanólico: Compuesto formado por los principios activos del fruto <i>Capsicum pubescens</i> y <i>Solanum tuberosum</i> , cuyo solvente es el etanol.	Extracto etanólico del rocoto: concentración obtenida a partir de los rocotos (<i>Capsicum pubescens</i>), que son una variedad de pimientos picantes originarios de la región del sur de Perú. Este extracto se elabora utilizando etanol como solvente para extraer los compuestos bioactivos presentes en el rocoto. ⁽¹¹⁾	Concentraciones 75mg/ml 50mg/ml, 25mg/ml Control – Control +	Intervalo	Alta Media Baja
	Extracto etanólico del chuño negro: concentrado obtenido de la deshidratación y fermentación de papas andinas, específicamente tratadas mediante un proceso tradicional que involucra la exposición a bajas temperaturas nocturnas y el sol intenso durante el día. El chuño negro es un alimento ancestral en los Andes. ⁽¹²⁾	Concentraciones (75mg/ml 50mg/ml, 25mg/ml Control – Control+	Intervalo	Alta Media Baja

III. Marco teórico

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

Enciso S., Medina J., et al. (Bolivia-2020). Realizaron un artículo científico siendo el **objetivo** determinar el efecto antibacteriano *in vitro* en cuatro concentraciones: del extracto hidroalcohólico de *Solanum tuberosum* Tocosh (HET) contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175. Este estudio es prospectivo, experimental y comparativo. El tocosh fermentado se sometió a estrés hídrico para obtener un extracto hidroalcohólico a cuatro concentraciones diferentes: 100%, 50%, 75% y 25%. La eficacia antibacteriana del HET se estimó siguiendo el método de difusión en disco de Kirby-Bauer, comparándolo con la clorhexidina al 0,12% (grupo de control positivo). **Resultados.** El efecto inhibidor medio más alto se alcanzó con HET al 100% ($33,1 \pm 2,2$ mm, observándose una disminución progresiva en las concentraciones de HET al 75%, 50% y 25% ($29,7 \pm 1,3$ mm, $26,6 \pm 2,0$ y $20,1 \pm 1,8$ mm, respectivamente). **Conclusiones.** Se comprobó que la mayor eficacia antibacteriana la obtuvo el HET 100%, superando incluso a la clorhexidina al 0,12%, con una diferencia estadísticamente significativa. El análisis post hoc mostró que casi todas las concentraciones mostraron una eficacia óptima contra *S. mutans* ⁽¹³⁾.

Mayta F., Sedano G., et al (Ecuador-2019). Realizaron un artículo científico con el **objetivo** de valorar la actividad antibacteriana y citotóxica de un nuevo dentífrico experimental a base de *Solanum tuberosum* "Tocosh" de los cuales se obtiene lo siguiente: sobre las líneas celulares 3T3 y DU145. **Materiales y métodos:** Para medir la citotoxicidad se utilizaron los cultivos celulares 3T3 y DU145. La viabilidad de las células se definió mediante un análisis MTT (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio) en un medio que contenía un 10% de suero de ternera, en el que

las células se preincubaron con una concentración de 1×10^6 células/mL en medio de cultivo durante 3 horas a 37°C y 6,5% de CO₂. Para determinar el efecto antimicrobiano, se aplicó el método de halos de inhibición de KB en cepas de *S. aureus* (ATCC 25923), *S. mutans* (ATCC 25175) y *S. mitis* (ATCC 49456). **Resultados:** El dentífrico experimental de *Solanum tuberosum* "Tocosh" no fue citotóxico porque sólo tuvo un CC₅₀ a la concentración donde el 0,26927 mg/mL y 0,26845 mg/mL para las líneas celulares 3T3 y DU145, respectivamente. El dentífrico Tocosh (TD) contiene un efecto antimicrobiano contra *S. aureus* y *S. mutans*. **Conclusiones:** El nuevo dentífrico ecológico no fue citotóxico ya que no alteró la viabilidad celular porque su CC₅₀ fue de sólo 0,268 y 0,269 µg/mL para las líneas celulares DU145 y 3T3, respectivamente; sin embargo, presentó una óptima actividad antimicrobiana contra las cepas orales evaluadas ⁽¹⁴⁾.

Mayta F, Gamboa E., et al. (Bolivia-2019). Realizaron una investigación para una publicación científica con los siguientes **objetivos:** probar la actividad antibacteriana de un nuevo dentífrico experimental contra siete cepas bacterianas, y crearlo y formularlo con y sin flúor a base de la cáscara y el fruto de *Passiflora mollissima* (tumbo). **Métodos.** Se calculó la muestra empleando la fórmula para comparar medias, resultando un total de pozos (n = 12) para cada una de las cepas evaluadas: *E. fecalis*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *C. albicans*, *S. mutans*, *S. sanguinis* y *S. oralis*. La actividad antimicrobiana del dentífrico se evaluó mediante la técnica de contacto directo. **Resultados.** Se comprobó que la mayor actividad antimicrobiana sólo estaba presente en los dentífricos a base de pulpa contra las cepas de *E. faecalis* $16,3 \pm 3,9$, *Actinomyces* $22,1 \pm 1,3$, *Lactobacillus* $21,0 \pm 1,3$ y *S. mutans* $21,0 \pm 1,8$. Sin embargo, en comparación con otras cepas como *S. sanguinis*, *S. oralis* y *C. albicans* el dentífrico a base de cáscara de *Passiflora mollissima* obtuvo la mayor actividad

antimicrobiana. **Conclusión.** El dentífrico experimental basado en *Passiflora mollissima* tuvo un efecto antimicrobiano frente las siete cepas microbianas durante las primeras 24 y 48 horas ⁽¹⁵⁾.

Calderón A., Dapello G., et al (Venezuela 2019). Realizaron un artículo científico con el objetivo de determinar la actividad antimicrobiana de los compuestos del fruto y las hojas de *Passiflora mollissima* (Tumbo) incluidos también en cepas de cultivo de los microorganismos y señala que: *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*. **Materiales y métodos:** Se llevó a cabo mediante el método de difusión en disco examinando las áreas de inhibición producidas. Se determinó el efecto citotóxico de los elementos mediante un experimento con huevos de *Tetrapygus niger*, donde se encontró una correlación entre el porcentaje de inhibición de los óvulos artificialmente fecundados y la actividad citotóxica tras 26 horas. **Resultados:** Los hallazgos evidenciaron que el extracto etanólico de *Passiflora mollissima* mostró actividad antimicrobiana frente a las cepas de *Streptococcus oralis*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sanguinis*, evidenciando con la presencia de áreas de inhibición después del proceso de incubado. **Conclusión:** No se detectó ninguna reacción frente a la levadura de *Candida albicans*, señalando una inexistente actividad antimicótica de los extractos analizados. No obstante, se detectó una actividad citotóxica, dado que los compuestos lograron la inhibición total (100%) de los óvulos de *Tetrapygus niger* ⁽¹⁶⁾.

Medina D., Ulloa G., et al. (Colombia -2019). Realizaron un artículo científico con el **objetivo** de evaluar el efecto citotóxico y antibacteriano del extracto de metanol de *Bixa orellana* L. (*B. orellana*) (achiote) contra *S. mutans* (ATCC 25175) y *S. sanguinis* (ATCC 10556). **Métodos:** Dos extractos metanólicos de *Bixa orellana* (achiote) fueron elaborados in vitro, utilizando semillas y hojas. Se realizó una evaluación del

efecto antibacteriano de los extractos contra *Streptococcus sanguinis* y *Streptococcus mutans* utilizando el método de difusión en placa de agar. La concentración inhibitoria mínima (CIM) se estableció mediante el procedimiento de microdilución, mientras que se examinó la actividad citotóxica con la línea celular MDCK. **Resultados:** El extracto metanólico de las hojas evidenció un efecto antibacteriano más eficaz, con una zona de inhibición de $19,97 \pm 1,31$ mm contra *S. mutans* y $19,97 \pm 1,26$ mm frente a *S. sanguis*. La actividad metanólica del extracto de las semillas fue de $15,11 \pm 1,03$ mm contra *S. mutans* y $16,15 \pm 2,15$ mm contra *S. sanguinis*. Se registró una CIM de 62,5 y 125 µg/mL para los extractos de hojas y semillas contra *S. sanguinis*, respectivamente. *S. mutans* registró una CIM de 62,5 µg/mL para el extracto de hojas, y el extracto de semillas registró 31,25 µg/mL. **Conclusiones:** Los resultados experimentales demostraron de los efectos antibacterianos de los extractos metanólicos de B. Orellana (achiote) sobre *S. mutans* y *S. sanguinis*. Estos extractos de estas plantas son citotóxicos a altas concentraciones ⁽¹⁷⁾.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Heredia E., Padilla G. (Lima -2024). Ejecutó un estudio con el **objetivo** de establecer el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de las hojas de *Erythroxylum coca* (COCA) frente a *Streptococcus mutans* en concentraciones al 5%, 35% y 75%. **Materiales y métodos:** La **metodología** de investigación adoptada fue analítica y explicativa, dado que se estableció una relación causal. Se realizó un estudio de naturaleza transversal, dado que la recolección de datos se llevó a cabo en una única fase temporal. Se procedió a la recolección de 10 kilogramos de hojas de *Erythroxylum coca* en Pichari-Cusco. Se emplearon 10 placas Petri estériles inoculadas con *S. mutans* ATCC 25175 para la fase microbiológica. **Resultado:** El conjunto que empleó clorhexidina exhibió el mayor promedio de halo de inhibición, registrando un valor de 21,67 mm frente a *S. mutans*. El conjunto experimental, al 75%, exhibió un promedio de halo de inhibición de 12,13 mm y el extracto al 35% registró un valor de

8,74 mm. **Conclusión:** El extracto etanólico de las hojas de *Erythroxylum coca* (COCA), en concentraciones que oscilan entre el 35% y el 75%, evidenció características antimicrobianas frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175 ⁽¹⁸⁾.

Cayetano E., Cueva F. (Lima-2024). Elaboraron un trabajo con el **objetivo** de evaluar el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de semillas de *Capsicum annuum* (pimiento) en comparación con las cepas de *Escherichia coli* ATCC25922. **Materiales y métodos:** Se empleó la técnica de difusión en agar de KB con el objetivo de evaluar la actividad antibiótica. Las zonas de inhibición producidos en las placas de agar alrededor de los pocillos fueron documentados a través de una ficha de observación. **Resultado:** Se constató que *Capsicum annuum*, comúnmente conocido como pimiento, los halos de inhibición fueron nulos, con dimensiones de 6,00 mm, 6,00 mm y 7,35 mm respectivamente a las concentraciones evaluadas del 25%, 50% y 75%, respectivamente frente a *E. coli*. **Conclusión:** El extracto etanólico de *Capsicum annuum* no mostró actividad antibacteriana alguna frente a *E. coli*, demostrando nula sensibilidad según la escala de Durafford ⁽¹⁹⁾.

Paz S., Ojeda M. (Lima-2021). Llevaron a cabo una investigación con el **objetivo** de determinar el efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “Papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. **Método:** Esta investigación de tipo experimental, comparativa transversal. Se emplearon concentraciones del extracto acuoso *Solanum tuberosum* “papa fermentada”. Se prepararon tres diluciones: 25%, 50% y 100% y dos cepas *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, cada una con un grupo control, sulfametoxazol + trimetropin para la primera y oxacilina para la segunda. **Resultados:** Los resultados demostraron que el efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” al 25%, 50%, 100% fue cero mm, de halos

de inhibición, comparados con sulfametoxazol + trimetropin sobre *Escherichia coli* fue 29.9 mm y de la oxacilina sobre *Staphylococcus aureus* 17.7 mm. **Conclusión:** El efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* es nulo ⁽²⁰⁾.

Gamboa L. (Trujillo-2020). con respecto a la materia de investigación su **objetivo** fue establecer el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* (papa liofilizada: chuño negro) en relación con las cepas de *Streptococcus mutans*. Método: La evaluación de susceptibilidad se llevó a cabo mediante el método de difusión en pocitos, evaluando concentraciones de extracto etanólico de *Solanum tuberosum* en concentraciones de 25%, 50% y 75%. Las tres concentraciones exhibieron zonas de inhibición, cuyas dimensiones se incrementaron de manera proporcional con las concentraciones empleadas. Para establecer la Concentración Mínima Inhibidora (CMI), se recurrió al procedimiento de dilución en tubos, empleando las concentraciones idénticas en conjunto con el control correspondiente.

Resultados: Los hallazgos revelaron que la concentración del 75% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* exhibió la mayor sensibilidad, con un halo de inhibición promedio superior (16 mm). La CMI demostró ser eficaz en las tres concentraciones, dado que no se registraron unidades constituyentes de colonias en las repeticiones de la muestra estudiada. La concentración más reducida registró un 25%.

Conclusión: El extracto etanólico de *Solanum tuberosum*, comúnmente conocido como chuño negro, exhibe actividad antibacteriana in vitro contra la proliferación de las cepas de *Streptococcus mutans* ⁽¹²⁾.

Diaz J. (Trujillo-2020). Efectuó una investigación con el **objetivo** de establecer el impacto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* sobre la especie *Streptococcus mutans* ATCC 25175. **Método:** Se preparó el extracto

etanólico del *Capsicum pubescens* ("Rocoto"), resultando en soluciones de concentraciones al 25%, 50% y 75%. La evaluación del efecto antibacteriano se realizó a través de la susceptibilidad bacteriana. Adicionalmente, la Concentración Mínima Bactericida (CMB) fue determinada a través del método extendido en placas, evaluando las Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Para ambos procedimientos, se emplearon concentraciones de 25%, 50% y 75%, junto a un control positivo (Gluconato de Clorhexidina al 2%). **Resultado:** Los hallazgos derivados del método de Kirby-Bauer registraron un promedio de halos inhibidores de 9,62 mm, 10,31 mm, 11,54 mm y 22 mm, respectivamente, para concentraciones del 25%, 50%, 75% y el control positivo de Gluconato de Clorhexidina al 2%, respectivamente. La cuantificación de las UFC reveló un valor nulo para todas las concentraciones, incluyendo la Clorhexidina al 2%. **Conclusión:** Se llega a la conclusión de que el extracto etanólico de *Capsicum pubescens* (Rocoto) presenta un efecto antibacteriano in vitro frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25755 ⁽¹¹⁾.

3.1.3 Antecedentes locales

No se encontraron investigaciones de este tipo en nuestra región, es por ello la iniciativa de esta investigación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Caries Dental

La caries dental es una enfermedad de múltiples factores, caracterizada por la dilución química de los tejidos rígidos de los dientes a causa de los ácidos orgánicos generados por el metabolismo bacteriano de los carbohidratos(21) . En particular la sacarosa, causa una disminución considerable de minerales como los fosfatos, los carbonatos y calcio, siendo elementos esenciales de la hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, que es la estructura química más prevalente en la parte inorgánica del diente. En consecuencia, ocurre la desmineralización y la eliminación de componentes orgánicos, que sucede a causa de la variación de la microbiota y la actividad metabólica de los microorganismos que interactúan con la superficie dental, en particular la placa bacteriana (22).

3.2.2 Papa *Solanum tuberosum*

La papa es una especie vegetal perteneciente a la familia de las solanáceas y se cultiva en diversas regiones del mundo. Los primeros vestigios de papa poseen más de 8,000 años de antigüedad y fueron encontrados durante unas excavaciones realizadas en las cercanías del pueblo de Chilca, al sur de Lima, en el año de 1976. La siembra se difundió a nivel global y su consumo aumentó con el tiempo, existen cinco mil tipos de patatas, de los cuales unos tres mil se encuentran en Perú(23,24) . El Perú es el país con mayor diversidad de papa, de las 4,000 variedades de papa conocidas en Latinoamérica, Perú alberga 8 especies nativas de papa y 2,301 variedades. La producción del tubérculo se concentra en un 90% en sierra, destacando el grupo de papas nativas(25). Estos valores biológicos y nutricionales son comparables a los diversos tubérculos andinos, excepto los que contienen colores y antioxidantes como sustancias naturales como carotenoides,

antocianinas rojas y moradas, además de flavonoides fenólicos, muy elevado en contenidos de materiales seca (24%-32%), fibra al ser ingerida con su cascara, presenta un gusto delicioso y optima capacidad de conservación ⁽²⁶⁾.

La superficie total dedicada a la papa en el país es de aproximadamente el 58% (215,710 acre), destacando la gran variedad de tubérculo blanco, de la cual el 21,9% (80.450 acre) son papas denominadas nativas. El centro de origen de la subespecie de papa está cerca del lago Titicaca entre Perú y Bolivia, aunque también se encuentran muchas variedades silvestres en México, Guatemala y Ecuador⁽²⁴⁾. El chuño representa un legado trascendental de la civilización andina. Este producto, resultado de un proceso ancestral de deshidratación de la papa, se elabora aprovechando las condiciones climáticas extremas de la región, lo que permite obtener un alimento de prolongada conservación y significativo valor nutritivo ^(4,27). La obtención directa del “chuño” es mediante congelación, descongelación, molienda y secado. No se requiere contacto con el agua. Una vez congelados y triturados los tubérculos congelados, se secan al sol y se convierten en chuño. Ciertas sustancias que se encuentran en el chuño se oxidan al exponerse al aire, dándole su característico color marrón oscuro a negro. En la producción del chuño negro, las etapas varían según la comunidad campesina, aunque generalmente siguen un proceso comúnmente aceptado ^(28,29).

El proceso comienza con la distribución y elección de las papas, donde se seleccionan las de menor tamaño, especialmente las que han sido atacadas por gusanos. Estas se trasladan al lugar protegido del sol, llamado cubierta. Luego, se realiza el tendido o telar, donde las papas se extienden sobre el terreno y se cubren con paja para protegerlas de las heladas. Cuando la temperatura baja a -5°C, las papas se exponen al

frío durante uno o más días, cubriéndolas con paja y tela para evitar la oxidación por el sol ⁽²⁹⁾.

Tras la congelación, se procede al descongelado, donde las papas se ablandan al contacto con la luz solar. Posteriormente, se realiza el pisado para eliminar la humedad, lo que es esencial para la calidad del chuño. Luego, las papas se secan al sol durante 6 a 10 días, removiéndolas constantemente para reducir la humedad al 12-13%. Tras el secado, se les pelan manualmente, frotándolas para completar la exfoliación. El proceso finaliza con el venteado para eliminar impurezas y almacenamiento en un lugar seco y ventilado, garantizando su conservación ^(27,29).

3.2.3 Género *Capsicum*

El género *Capsicum* tiene su origen en América, concretamente en el centro-sur de Bolivia, desde este lugar se diseminó hacia las regiones tropicales, subtropicales y templadas, previo a su expansión hacia los Andes y las regiones bajas del Amazonas. A través del tiempo, una variedad de procesos de formación y radiación han propiciado la generación y supervivencia de especies inéditas en estos variados ecosistemas⁽³⁰⁾.

Las principales características de la clasificación del género *Capsicum* están relacionadas con la capsaicina, un alcaloide cuya fórmula química es $C_{18}H_{27}NO_3$, que es responsable del sabor picante. Los capsaicinoides constituyen elementos orgánicos aminados que solo se biosintetizan en las especies de *Capsicum*, particularmente en la placenta de los frutos. Estas sustancias son encargados del sabor picante, que aumenta conforme el fruto alcanza su madurez. Se identifican aproximadamente 22 elementos similares de capsaicinoides, siendo la capsaicina y la dihidrocapsaicina con mayor presencia en los frutos^(31,32).

Sin embargo, las condiciones ambientales también juegan un papel crucial el sabor

picante de la fruta. Si las plantaciones de *Capsicum* experimentan una fase de sequía o calor durante su ciclo de producción, es común que los frutos resulten más picantes en comparación con los cultivados en condiciones normales. Además, las temperaturas elevadas durante la noche tienen un mayor impacto en el nivel de picor que el tamaño de los frutos. Además, se ha notado que la localización de los frutos en la planta influye en su grado de picante: los que se forman en la parte baja de la planta, que son los primeros en madurar, tienden a ser más picantes que los que están en la parte alta ⁽³²⁾. El picor del ají se expresa en unidades de Scoville (Scoville Heat Units, SHU). En 1912, el farmacéutico Wilbur L. Scoville propuso la escala homónima para cuantificar la pungencia de los *Capsicum* mediante diluciones organolépticas sucesivas. En este rango, los pimientos dulces se ubican en 0 SHU, mientras que la capsaicina (principal alcaloide responsable del picante) fija el extremo superior con un valor aproximado de 16 000 000 SHU, que sirve como patrón de referencia ⁽³³⁾.

El Perú es reconocido por su alta diversidad de especies cultivadas del género *Capsicum*; entre ellas, destaca el «rocoto» (*Capsicum pubescens*), que presenta dos morfotipos ampliamente descritos: el «rocoto serrano» o «de huerta» y el «rocoto de selva» o «rocoto de monte», este último de mayor calibre. En el uso vernáculo también se le denomina «ají rocoto», «rocoto manzano», «perón» o, simplemente, «rocoto», ingrediente emblemático del rocoto relleno arequipeño. Esta especie conocida en México como «chile manzano» es originaria de Sudamérica, particularmente de los Andes de Bolivia y Perú. Entre sus fitónimos regionales figuran «rocoto», «rocoto de huerta», «manzano», «rukutu» y «luqutu»; su cultivo milenario por comunidades andinas la sitúa entre las solanáceas domesticadas más antiguas ^(33,34).

El rocoto (*Capsicum pubescens*) presenta una arquitectura genética compleja y una elevada variabilidad intraespecífica. Los análisis de estructura poblacional distinguen

tres grupos principales: uno sudamericano, otro mesoamericano (Centroamérica y México) y un tercero en América del Norte. La mayor diversidad genética se concentra en Bolivia, mientras que los valores más bajos se registran en México; además, la variación exhibe una clara estructuración geográfica con un alto grado de mezcla genética entre grupos. Esta diversidad se expresa tanto espacial como temporalmente, con notable variabilidad morfológica entre y dentro de poblaciones; destacan, por su interés comercial, diferencias consistentes en atributos como calibre, forma, coloración, grosor del pericarpio y pungencia ^(3,35).

3.2.4 Género *Streptococcus*

Etimológicamente, *Streptococcus* proviene del griego *streptós* (“trenzado” o “en cadena”) y *kókkos* (“baya” o “grano”). El género agrupa cocos esféricos u ovoides que típicamente se disponen en pares o en cadenas de longitud variable. Son bacterias gram positivas, no esporulados, inmóviles y catalasa negativos. Su metabolismo es predominantemente fermentativo; se comportan como anaerobios facultativos (aerotolerantes) y muestran requerimientos nutricionales estrictos, por lo que crecen mejor en medios enriquecidos ⁽³⁶⁾.

El género *Streptococcus* presenta un sistema de clasificación complejo que se basa en varios factores. Inicialmente, se utilizaban clasificaciones serológicas de Lancefield, que dividían a las especies en grupos identificados con letras, desde la A hasta la W. Sin embargo, las clasificaciones actuales se limitan a los grupos A, B, C, F y G. Además, los *Streptococcus* también se clasifican según sus patrones hemolíticos, los cuales pueden ser alfa (α), beta (β) o gamma (γ), dependiendo de la capacidad de los microorganismos para inducir hemólisis en medios de cultivo. Finalmente, la clasificación también toma en cuenta las propiedades bioquímicas de las cepas, lo que permite una diferenciación más precisa entre ellas. Indicaron que *Streptococcus* se

divide en 5 categorías según la clasificación del gen 16SrRNA⁽³⁷⁾.

Grupo Piogénico: Principalmente se compone de especies betahemolíticas que establecen colonias extensas y contiene especies que son significativos patógenos para los humanos. Estas bacterias se distinguen por su habilidad para provocar hemólisis total en los medios de cultivo, lo que les facilita la liberación de nutrientes en los glóbulos rojos. Incluyen varios patógenos que pueden impactar a las personas, generándoles infecciones de diferente severidad ^(38,39).

Grupo Mitis: Incluye al *Streptococcus pneumoniae*, el neumococo patógeno, así como a otros estreptococos orales que son alfa hemolíticos. Estos microorganismos generan una hemólisis parcial, que se distingue por la creación de un halo verde en las colonias a causa de la disminución de la hemoglobina en los glóbulos rojos. El *Streptococcus pneumoniae* es un microorganismo relevante que puede provocar afecciones como la neumonía, la meningitis y la otitis media ⁽⁴⁰⁾.

Grupo Anginosus o Milleri: Pertenecen a un subgrupo de estreptococos de la familia viridans, se compone de especies frecuentemente presentes en el espacio oral, los órganos reproductivos y el sistema digestivo de los seres humanos. Estas bacterias se distinguen por formar colonias diminutas y poseer un aroma distintivo a caramelo. A pesar de que gran cantidad de estas especies forman parte de la flora habitual del organismo humano, algunas pueden transformarse en patógenos oportunistas, provocando infecciones en diferentes áreas del cuerpo, particularmente en circunstancias donde el sistema inmunológico se encuentra afectado ⁽³⁷⁾.

Grupo Salivarius: Es una bacteria del grupo viridans, coloniza principalmente la lengua, la cavidad bucal. Encontramos tres especies similares de estreptococos tales como *S. vestibularis*, *S. salivarius* y *S. thermophilus*. Todos los integrantes del grupo son positivos para la prueba de Voges-Proskauer y no producen fermentos en la

arginina, manitol o sorbitol^(36,41).

Grupo Bovis: Esta especie se encuentran en los animales específicamente en sus intestinos, aunque a veces pueden impactar a los humanos. Estas bacterias forman parte del grupo D de Lancefield, una categorización que reúne a algunas especies de *Streptococcus* debido a sus propiedades antigénicas en la pared celular⁽³⁷⁾

Grupo *Streptococcus mutans*: Es un integrante frecuente del microbioma dental y es una causa importante de la caries e infecciones graves causadas por el grupo de *Streptococcus viridans*.³² Este microorganismo, integrante de la microbiota bacteriana bucal, es el principal patógeno de la caries dental. Se caracteriza por ser acidófilo, lo que implica su capacidad para sobrevivir en un entorno de pH reducido, y acidogénico, debido a su habilidad para transformar el azúcar en ácido, lo que contribuye al proceso de desmineralización del esmalte dental y fomenta el desarrollo de caries dentales.^(38,41)

3.2.5 Características Microbiológicas

Los *Streptococcus* son cocos Gram positivos que se disponen en pares o en cadenas de longitud variable. Se comportan como anaerobios facultativos (aerotolerantes) y muestran capnofilia: su crecimiento se optimiza en atmósferas enriquecidas con 5–10% de CO₂.⁽⁴²⁾

a. Medio De Cultivo

Considerando que *Streptococcus mutans* es un anaerobio facultativo, la temperatura ideal para su cultivo es de $36 \pm 1^\circ\text{C}$. Se recomienda inocular las placas inoculadas en forma anaeróbica durante 32 horas para favorecer la producción de agua oxigenada, propiedad importante que facilita la identificación de colonias. En este contexto, el medio de cultivo infusión de cerebro corazón (BHI), es el más utilizado y

efectivo para el desarrollo de estos microorganismos selectivos como *Streptococcus*, *neumococcus* y *meningococcus* ⁽⁴³⁾.

b. Obtención de Extracto Etanólico

La obtención del extracto etanólico de propóleo se realiza mediante un proceso de remojo, donde el propóleo se combina con etanol. El procedimiento comienza con la recolección del propóleo, seguido de una limpieza para eliminar impurezas y un secado de la muestra. Luego, se reduce el tamaño del material al rallarlo, facilitando la extracción. Posteriormente, se pesa el propóleo y se coloca en recipientes con suficiente etanol para cubrirlo completamente. Este recipiente se agita y se cubre ⁽⁴⁴⁾.

El siguiente paso es dejar reposar la mezcla durante 15 días, agitándola ocasionalmente para asegurar una adecuada extracción de los compuestos. Al finalizar este periodo, se filtra el producto para separar las impurezas y se elimina el solvente mediante un desecador. Finalmente, el extracto se envasa, se pesa y se almacena adecuadamente, asegurando un extracto concentrado y libre de impurezas listo para su uso. Este proceso asegura la obtención de un extracto concentrado y libre de impurezas, listo para ser utilizado en diversas aplicaciones ⁽⁴⁵⁾.

3.2 Definición de Términos

***Streptococcus mutans*:** es una bacteria perteneciente al género *Streptococcus* que se encuentra en el grupo viridans de los *Streptococcus*, estructuralmente son cocos gram positivos, en forma de cadenas, no presentan esporas y son inmóviles ⁽³⁶⁾.

Extracto Etanólico: Puede producirse a partir de un producto seco, como el caso del

propóleo, mediante su inmersión en el disolvente etanol, seguido de su exclusión a través de un método físico, El propóleo es un compuesto resinoso, resistente y gomoso que procede de la corteza de los árboles o arbustos; además es recolectada por las abejas ⁽⁴⁴⁾.

Eficacia Antibacteriana: Es la disposición que tienen determinar esta sustancia para inhibir la evolución o aumento de bacterias en un tipo y sector definido. Pero no puede producir la muerte de ellas⁽¹¹⁾.

Aceites Esenciales: Son compuestos aromáticos de origen natural que puede obtenerse mediante la destilación al vapor⁽⁴⁶⁾.

Alcaloides: Son compuestos heterocíclicos nitrogenados, provenir de aminoácidos y tripterpenos se presentan como metabolitos en segundo grado ⁽²⁶⁾.

Aminoácidos: parte importante donde actúan como catalizador para estimular estos azúcares, almidones y otros elementos constitutivos de hojas, flores y frutos. Siendo esenciales en el metabolismo del cuerpo, porque son los componentes básicos de las proteínas ⁽⁴⁷⁾.

Antibacteriano: Son sustancias capaces de reducir el aumento de número, tamaño, complejidad y reproducción de bacterias ⁽¹¹⁾.

Bacterias Gram Positivas: Estos microorganismos se pintan de color azul con la coloración Gram porque este queda prendido en su pared celular donde el peptidoglucano ⁽³⁶⁾.

Bacterias Gram Negativas: Estas bacterias tienen una mureína, lo que dificulta la retención del colorante cristal violeta en el procedimiento de tinción de Gram, por lo que se tiñen con un colorante de contraste, como la fucsina, y adquieren un color rosado.⁽³⁶⁾

Cepa: Es un grupo de células iguales o clones obtenidos por propagación de una única célula hija, elegida y aislada. Las cepas suelen denominarse colonias puras ⁽¹¹⁾.

Efecto Antibacteriano *in vitro*: Produce la muerte de una bacteria específica o impide que se multiplique. esto se observa durante formación de barreras alrededor de la base⁽¹⁸⁾.

Extracto Acuoso: La preparación de materia vegetal o animal en agua que contiene la parte biológicamente activa sin restos celulares⁽²⁰⁾.

IV. Metodología

4.1 Tipo y Nivel de Investigación

La investigación llevada a cabo adopta un diseño experimental, dado que se manipularon variables con el objetivo de examinar sus efectos. Se trata de un enfoque prospectivo, dado que se llevaron a cabo análisis de los eventos a medida que se materializaban en el futuro, examinando los resultados a lo largo del tiempo. Adicionalmente, es comparativo, dado que se establecieron comparaciones entre diversos grupos o condiciones con el objetivo de identificar diferencias. En última instancia, se caracteriza por ser transversal, dado que los datos se recolectaron en un único punto temporal, sin un seguimiento prolongado ⁽⁴⁸⁾.

4.2 Ámbito Temporal y Espacial

4.2.1 Ámbito Temporal

La investigación se llevó a cabo a lo largo del año 2024, período durante el cual se realizaron todas las etapas del estudio, al inicio de la recopilación de datos hasta la evaluación de resultados. Este marco temporal permitió organizar y ejecutar los procedimientos experimentales de manera continua, asegurando la veracidad y confiabilidad de los datos recabados dentro del periodo establecido.

4.2.2 Ámbito Espacial

Para la ejecución de la investigación, se trabajó en los laboratorios de Microbiología del Centro Médico Señor de los Milagros y en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas. Estos espacios fueron seleccionados debido a sus adecuadas instalaciones y equipos especializados que permitieron llevar a cabo los análisis microbiológicos y agroindustriales requeridos para el estudio. Ambos laboratorios proporcionaron las condiciones necesarias para

la manipulación de las muestras, así como para la realización de los experimentos Conforme a las normativas técnicas y de protección correspondientes.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

La población de estudio estuvo compuesta 112 placas por la cepa de *Streptococcus mutans* ATCC 25175, una cepa estándar utilizada ampliamente en investigaciones microbiológicas.

Unidad de Análisis: La unidad de análisis consistió en las placas Petri inoculadas con la cepa *S. mutans* ATCC 25175, las cuales fueron preparadas para evaluar su comportamiento y la respuesta a los tratamientos experimentales establecidos en el estudio.

4.3.2 Muestra

La muestra consiste en un subconjunto de la población objeto de estudio, del cual se recopilaron los datos₍₄₈₎. Además, se requiere que la muestra sea representativa de la población en cuestión.

Muestra 1: Se recolectó 5 kilos de *Capsicum pubescens* “rocoto” el cual fue obtenido

Muestra 2: Se recolectó 5 kilos de *Solanum tuberosum* “chuño negro” el cual fue obtenido

Muestra 3: Para obtener el tamaño de la muestra biológica en relación con las placas en estudio se consideró la siguiente fórmula de población infinita de variable cuantitativa: Se determinó de 16 placas bacterianas por la cepa biológica.

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 2(DE)^2}{d^2}$$

$$n = \frac{(1.96 + 0.842)^2 2(1.0)^2}{1}$$

$$n = 16$$

n = tamaño de la muestra

$Z_{\alpha/2}$ = 1.96 Valor de la distribución normal corresponde al error tipo I ($\alpha/2$) del 5%

Z_{β} = 0.842 Valor de la distribución normal corresponde al error tipo II (β) del 10%

DE = 1.0 Desviación estándar estimada de la variable en estudio

4.4. Instrumentos

Se utilizó una ficha de recolección de datos, diseñada por el investigador Gamboa Lerner (Trujillo, 2020), con el objetivo de documentar de manera sistemática la información obtenida durante el estudio titulado “Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* (chuño negro) frente a *Streptococcus mutans*”. Para cuantificar el diámetro del halo de inhibición, se empleó una regla Vernier, lo que permitió obtener mediciones precisas. Los valores obtenidos se expresaron en milímetros (mm), facilitando la comparación y el análisis de los resultados.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación directa, un método comúnmente empleado en investigaciones científicas. Esta observación se complementó con la medición del diámetro de las zonas inhibidas producidas por los extractos de *Solanum tuberosum* "chuño negro" y *Capsicum pubescens* "rocoto" a concentraciones del 25%, 50%, 75% y 100%. Los resultados fueron contrastados con los obtenidos en el grupo control positivo, que consistió en una solución de clorhexidina al 2%. La evaluación se realizó utilizando la cepa de *Streptococcus mutans* ATCC 25175, a las 24 horas de incubación.

4.5. Procedimientos

Preparación de la Muestra

Las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio, donde se siguieron varios pasos para su preparación. En primer lugar, se realizó la selección de las papas liofilizadas (chuño negro), eligiendo aquellas que se encontraban en buen estado y descartando las que presentaban daños, como la presencia de hongos o signos de descomposición. A continuación, se procedió a la pulverización del chuño mediante un molino, con el objetivo de obtener un polvo fino y homogéneo.

Una vez pulverizado, el polvo resultante fue tamizado a través de un tamiz de malla N°0.75, lo que permitió homogeneizar el material y garantizar la uniformidad en el tamaño de las partículas. Finalmente, el polvo tamizado fue almacenado en varios frascos de vidrio de tonalidad ámbar con abertura ancha, para su almacenamiento adecuado y protección contra la luz, asegurando que se mantuvieran sus propiedades hasta su posterior utilización en los análisis.

Preparación del Extracto Etanólico de *Solanum tuberosum* liofilizada

Se pesaron 600 gramos de chuño negro molido y cernido que se colocaron en un recipiente de vidrio ámbar de boca ancha. Posteriormente, se añadieron 1700 ml de etanol Gay Lussac 70°, asegurándose de que la mezcla no superara los $\frac{3}{4}$ del volumen del recipiente. La mezcla se agitó y se dejó en remojo durante 7 días, revolviendo dos veces al día durante 15 minutos cada vez.

Posterior al periodo de maceración, se procedió a la filtración del líquido al vacío mediante un papel filtro de Whatman N°1, resultando en el líquido filtrado, al que se le asignó el nombre de extracto de etanol. Se procedió a concentrar el extracto etanólico en un rotavapor hasta obtener un extracto de consistencia blanda. Este extracto fue sometido a un proceso de

secado en una estufa a una temperatura de 40°C, resultando en la obtención del extracto seco. Se elaboraron concentraciones de extracto seco de 25% (250 mg/mL), 50% (500 mg/mL) y 75% (750 mg/mL), disueltas en etanol de 70° Gay Lussac. Finalmente, los extractos fueron conservados en recipientes de vidrio de tonalidad ámbar estériles y se sometieron a refrigeración a 4°C hasta su utilización subsecuente.

Obtención de la muestra del rocoto

Recolección de la muestra

Se recogieron cinco kilogramos de frutos de rocoto, la recolección se llevó a cabo utilizando el método tradicional, que implica la recolección manual.

Preparación de la muestra

Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de Farmacognosia perteneciente a la Facultad de Agroindustria de la Universidad Nacional Micaela Bastidas (UNAMBA), donde se realizó la elección de frutos en buen estado y la eliminación de aquellos que exhibían indicadores de oxidación. A continuación, los frutos seleccionados fueron lavados cuidadosamente con agua destilada para eliminar cualquier impureza visible.

Luego, los frutos fueron cortados en trozos de aproximadamente 1 cm x 1 cm y dispuestos sobre papel Kraft. Estos fragmentos fueron secados en una estufa de convección a una temperatura de 40°C. Tras el secado, los pedacitos de fruta fueron pulverizados hasta obtener un polvo fino, el cual fue tamizado mediante un colador para asegurar la homogeneización del tamaño de las partículas. Finalmente, el polvo obtenido fue almacenado en un frasco de vidrio ámbar con abertura ancha, lo que permitió su adecuada conservación y protección de la luz, asegurando que mantuviera su calidad hasta su utilización en los experimentos posteriores.

Obtención de la cepa

Las cepas empleadas en la evaluación del efecto antibacteriano fueron de la Colección Americana de Culturas (ATCC), un referente internacional para la recolección de cultivos bacterianos. La especie seleccionada para este análisis es *Streptococcus mutans*, identificada por el código ATCC® 25175TM Lot 266-38-7/2025-11-30 REF 0266 P, originaria del Laboratorio GenLab del Perú S.A.C.

Preparación de la cepa

La cepa de *S. mutans* ATCC 25175 fueron reactivadas en Agar Sangre y se incubaron en condiciones microanaeróbicas a 37°C con el objetivo de facilitar el desarrollo de colonias nuevas. Una vez transcurridas 48 horas, se recolectaron nuevas colonias de *Streptococcus mutans* ATCC 25175. Posteriormente, estas colonias fueron transportadas a un tubo de ensayo con caldo BHI y agitadas durante 30 segundos para garantizar una suspensión homogénea. A continuación, se procedió a la dilución hasta lograr una turbidez equivalente a la de un tubo número 0.5 de la escala MacFarland, lo que facilitó la estandarización de la concentración bacteriana para los ensayos posteriores. El resultado fue una solución que contiene aproximadamente 2×10^8 unidades formadoras de colonia para *Streptococcus mutans* luego se realizó la siembra para reproducir el microorganismo ⁽⁴³⁾.

Sembrado

Se colocaron 20 ml de Agar Muller-Hinton-Sangre en las placas Petri, y con la ayuda de un hisopo, se sembró uniformemente la suspensión bacteriana sobre toda la superficie de la placa.

Una vez sembradas, se incubaron todas las placas en una estufa a 37°C en condiciones de anaerobiosis durante 24 horas que estableció un ambiente propicio para su crecimiento.

Prueba de susceptibilidad: preparación de los “pocitos”

Se preparan pocillos esféricos (diámetro 5 mm) sobre la placa inoculada con un espesor de agar que imite la forma del pocillo, luego se extraen etanol con una concentración del 25%, 50% y 75%, así como controles positivos (clorhexidina 2%) y controles negativos (sin ningún tratamiento).

Serie para extracto de etanol de Chuño.

Serie 1: extracto de etanol de chuño al 25 % - 16 reproducciones

Serie 2: extracto etanólico de chuño al 50% - 16 reproducciones

Serie 3: extracto etanólico de chuño al 75%- 16 reproducciones

Serie 4: gluconato de clorhexidina al 2% - 16 reproducciones

Serie 5: La cepa de *Streptococcus mutans* sin someterse a ningún tratamiento –16 reproducciones (imagen anexo n°4).

Serie para extracto de etanol de Rocoto

Serie 1: extracto de etanol de rocoto al 25 % - 16 reproducciones

Serie 2: extracto etanólico de rocoto al 50% - 16 reproducciones

Serie 3: extracto etanólico de rocoto al 75%- 16 reproducciones

Serie 4: gluconato de clorhexidina al 2% - 16 reproducciones

Serie 5: La cepa de *Streptococcus mutans* sin someterse a ningún tratamiento –16 reproducciones (imagen anexo n°4).

Luego de inoculados los medios de cultivo se colocó en una jarra de micro anaerobiosis (5 a 10% de CO₂) y se incubó a 37°C. Después de 24 horas, se leyó la zona de inhibición⁽³⁷⁾

Para ambos productos (rocoto y chuño) se realizaron los mismos pasos para medir la susceptibilidad, el mismo número de series con sus respectivas concentraciones.

Los resultados se interpretaron mediante la evaluación cuantitativa que son los diámetros de halo de inhibición detallados en milímetros (mm), mientras que el resultado de la evaluación cualitativa se basa en la escala de sensibilidad según Duraffourd. (anexo n° 2)

Nula:

El diámetro es menor o igual a 8 mm.

Sensible:

diámetro de 9 a 14 mm

Muy sensible:

15 a 19 mm de diámetro.

Sumamente sensible :

diámetro mayor a 20 mm.

4.5.3 Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria mediante el método de disolución en tubo

La concentración mínima inhibitoria (CMI) es la concentración más baja de las 3 concentraciones que inhibieron el crecimiento bacteriano. La CMI se realizó con el método de macro disolución en caldo de acuerdo con las recomendaciones metodológicas del CLSI.

La CMI de ambos extractos etanólicos (chuño y rocoto) frente a *Streptococcus mutans* se determinó realizando de la siguiente manera:

Se colocó cada concentración de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico (etanol al 70%) de chuño negro en los tubos de ensayo, cuidadosamente rotulados.

Se añadió un inóculo de 0.4ml del cultivo preparado de *S. mutans*, a cada tubo que contienen las diversas concentraciones de extracto; tanto el tubo del control positivo y del control negativo (*S. mutans* sin ningún tratamiento). El volumen final de cada tubo fue de 2 mililitros y fueron incubados durante un período de 24 horas a 37°C.

Se leyó a las 24 horas y para confirmar el efecto antibacteriano se tomó 0.1ml de las diluciones de cada tubo y se depositaron en placas Petri preparadas con agar Mueller-Hinton-Sangre. Mediante el uso de un asa de Drigalsky, las diluciones fueron recubiertas en toda la superficie de la placa Petri.

Luego del sembrado, se llevaron las placas a incubar a 37°C por 24 horas en una jarra Gaspak que le dio una condición de microanaerobiosis con 5 a 10% de CO₂.

Posteriormente se realiza el conteo de las unidades formadoras de células (UFC) de cada placa (16 placas por dilución)

Todo esto se realiza en condiciones adecuadas a partir de una llama de mechero de 10 cm de diámetro.

Si el número de unidades que forman la colonia es mayor a 300, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Unidades Formadoras de Colonias} = N/4 \times A \times D$$

Dónde:

N: número de colonias contadas en un cm^2

A: Área de círculo

D: Dilución

4.6 Análisis de Datos

Los datos fueron recolectados y registrados en tablas de recolección, luego fueron introducidos en una matriz de datos a través de la herramienta Microsoft Excel. Posteriormente, se procedió a exportarlos al software estadístico SPSS 27 con el fin de realizar su análisis de manera detallada y exhaustiva. Se realizó un análisis detallado para obtener tablas que resumieran de forma descriptiva las características del halo inhibitorio en cada uno de los grupos de estudio, incluyendo medidas como la media, la desviación estándar, la mediana, el valor máximo y el valor mínimo. Además, se procedió a la elaboración de gráficas de barras detalladas, con el objetivo de facilitar la visualización y la precisa definición de los intervalos que reflejan los resultados provenientes de la investigación.

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis sobre la diferencia de medias entre los grupos, se utilizó el análisis de varianza de un solo factor, conocido como ANOVA, el cual se basa en la distribución F. Este análisis permitió comparar de manera exhaustiva los tamaños de los halos inhibitorios presentes en los distintos grupos de estudio, con el propósito de identificar posibles variaciones significativas entre ellos.

Se empleó un nivel de significancia de 0.05 para llevar a cabo el análisis estadístico y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de estudio.

4.7 Consideraciones éticas

Se solicitó y obtuvo la aprobación previa para la ejecución del proyecto de investigación por parte de la Universidad Tecnológica de los Andes. Asimismo, se solicitó el permiso correspondiente para el uso de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agroindustriales de la Universidad Nacional Micaela Bastidas, así como el laboratorio del Centro Médico Psicosomático "Señor de los Milagros". Todos los derechos y constancias relacionados con la ejecución y utilización de los recursos en la investigación fueron debidamente autorizados, y se anexaron a la investigación los documentos pertinentes (Anexo 5 y 6).

V. Resultados y Discusión

OE1: Determinar la susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

Tabla 1.

Susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” del extracto etanólico de *S. tuberosum* en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa *S. mutans*, según halos de inhibición (mm).

Halos de inhibición para cada concentración de extracto etanólico de <i>S. tuberosum</i>	<i>ni</i>	Promedio mm	Desviación Estándar
Clorhexidina 2%	16	25.38	0.500
25%	16	11.44	0.964
50%	16	12.06	0.680
75%	16	13.19	0.403

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 1, en la parte superior, se muestra el promedio de los halos de inhibición del extracto etanólico de chuño negro en concentraciones del 25%, 50%, 75% y el grupo control. Se puede observar que el diámetro más elevado de inhibición corresponde al 75% (13.19 mm), con una desviación estándar de 0.403, mientras que el grupo de control presenta un diámetro de 25.

Tabla 2.

Análisis de Varianza para el efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* en las concentraciones 25,50 y 75% y Control de Clorhexidina 2% frente a la cepa de *S. mutans*, según halos de inhibición(mm).

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática (mm)	F	Sig.
Entre grupos	2098.922	3	699.641	1551.166	0.000
Dentro de grupos	27.062	60	0.451		
Total	2125.984	63			

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la Tabla 2, se presenta el análisis de varianza (ANOVA), el cual muestra que existe una diferencia estadística significativa ($p < 0.001$) en el diámetro del halo de inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans*, en función de las concentraciones del extracto etanólico de *Solanum tuberosum*. Esto indica que las distintas concentraciones del extracto tienen un impacto estadísticamente relevante en la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano.

Tabla 3.Subconjuntos frente a *Streptococcus mutans* - Prueba de Duncan

Concentración de extracto etanólico de <i>S. tuberosum</i> (chuño negro)	ni	Grupos para alfa = 0.05 (mm)			
		G1	G2	G3	G4
25%	16	11.44mm			
50%	16		12.06mm		
75%	16			13.19mm	
Clorhexidina 2%	16				25.38mm

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 3, se empleó la Prueba de Duncan para determinar diferencias significativas entre los grupos experimentales. Se identificaron cuatro grupos de relevancia: el grupo N°1 (G1) con una concentración del 25% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum*, el grupo N°2(G2) con la concentración de 50%, el grupo N°3 (G3) con la concentración de 75%, y el grupo N°4 (G4) que corresponde al control Clorhexidina 2%. De los resultados indicaron que las medias de los grupos en experimentación son menores que la Clorhexidina. Esto indica que los agentes bactericidas utilizados como control positivo muestran diámetros de inhibición superiores (25.38 mm) que los grupos de experimentación.

Tabla 4.

Susceptibilidad in vitro según concentración de extracto etanólico de *Solanum tuberosum* frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175 a través de la Escala de Duraffourd.

Escala de Duraffourd	Grupo de estudio							
	25%		50%		75%		Clorhexidina 2%	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Nula	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Sensible	16	100.0	16	100.0	16	100.0	0	0.0
Muy Sensible	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Sumamente Sensible	0	0.0	0	0.0	0	0.0	16	100.0
TOTAL	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 4, se halló la susceptibilidad bacteriana utilizando la escala de Duraffourd, evaluando las concentraciones de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico de *Solanum tuberosum*. Los resultados indicaron que, en comparación con la Clorhexidina al 2%, que presentó halos dentro del rango de "sumamente sensible", las concentraciones de 25%, 50% y 75% mostraron halos de inhibición con rangos menores, lo que sugiere una menor eficacia antibacteriana de las concentraciones del extracto en comparación con el control positivo.

OE2: Determinar la concentración mínima inhibitoria antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Solanum tuberosum* “chuño negro” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

Tabla 5.

Concentración Mínima Inhibitoria “in vitro” del extracto etanólico de *S. tuberosum* en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa *S. mutans*, según unidades formadoras de colonias (UFC).

UFC para cada concentración de extracto etanólico de <i>S. tuberosum</i>	ni	Promedio	Desviación Estándar
Cultivo Puro sin tratamiento	16	1000000.0	0.0
Clorhexidina 2%	16	0.0	0.0
25%	16	0.0	0.0
50%	16	0.0	0.0
75%	16	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

La tabla 5 muestra que el extracto etanólico de *S. tuberosum*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 75 %, logró inhibir completamente el crecimiento de *Streptococcus mutans* in vitro, al igual que la clorhexidina al 2 %, las concentraciones de extracto etanólico no presentaron Unidades Formadoras de Colonias (UFC), es decir, 0 UFC para todas las réplicas. En contraste, el cultivo sin tratamiento presentó un crecimiento promedio de 1,000,000 UFC.

OE 3: Determinar la susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento de *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

Tabla 6.

Susceptibilidad antibacteriana “*in vitro*” del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa *S.mutans*, según halos de inhibición (mm).

Halos de inhibición para cada concentración de extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i>	ni	Promedio (mm)	Desviación Estándar
Clorhexidina 2%	16	25.38	0.500
25%	16	12.06	0.998
50%	16	14.81	0.750
75%	16	16.19	0.981

Fuente. Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 6, en la parte superior, se muestra el promedio de los halos de inhibición del extracto etanólico de chuño negro en concentraciones de 25%, 50%, 75% y el grupo control. Se observa que el mayor diámetro de inhibición corresponde al 75% (16.19 mm), con una desviación estándar de 0.981, mientras que el grupo control presenta un diámetro de 25.38 mm.

Tabla 7.

Análisis de Varianza para el efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* en las concentraciones 25,50 y 75% y Control de Clorhexidina 2% frente a la cepa de *S.mutans*, según halos de inhibición(mm).

FV	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática (mm)	F	Sig.
Entre grupos	1598.672	3	532.891	769.286	0.000
Dentro de grupos	41.563	60	0.693		
Total	1640.234	63			

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 7, se presenta el análisis de varianza (ANOVA), cuyo resultado muestra que existe una diferencia estadística significativa ($p < 0.001$) en el diámetro del halo de inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans* según las concentraciones del extracto etanólico de *Capsicum pubescens*. Esto indica que las diferentes concentraciones del extracto tienen un impacto significativo en la inhibición del crecimiento bacteriano, confirmando la efectividad del extracto en función de su concentración.

Tabla 8.Subconjuntos frente a *Streptococcus mutans* - Prueba de Duncan

Concentración de extracto etanólico de <i>Capsicum pubescens</i>	ni	Grupos para alfa = 0.05(mm)			
		G1	G2	G3	G4
25%	16	12.06mm			
50%	16		14.81mm		
75%	16			16.19mm	
Clorhexidina 2%	16				25.38mm

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 8, se realizó la Prueba de Duncan para hallar las diferencias significativas entre los grupos experimentales. Se identificaron cuatro grupos significativos: el grupo N°1 (G1) con la concentración del 25% del extracto etanólico de *Capsicum pubescens*, el grupo N°2 (G2) con la concentración del 50%, el grupo N°3 (G3) con la concentración del 75%, y el grupo N°4 (G4), correspondiente al control con Clorhexidina al 2%.

Los resultados indicaron que las medias de los grupos experimentales fueron menores en comparación con el grupo control (Clorhexidina al 2%). Esto sugiere que los agentes bactericidas utilizados como control positivo presentaron diámetros de inhibición más grandes (25.38 mm) que los grupos experimentales, lo que destaca la mayor efectividad de la Clorhexidina en la inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans*.

Tabla 9.

Susceptibilidad in vitro según concentración de extracto etanólico de *Capsicum pubescens* sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175 a través de la Escala de Duraffourd.

Escala de Duraffourd	Grupo de estudio							
	25%		50%		75%		Clorhexidina 2%	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Nula	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Sensible	15	93.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Muy Sensible	1	6.3	16	100.0	16	100.0	0	0.0
Sumamente Sensible	0	0.0	0	0.0	0	0.0	16	100.0
TOTAL	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 9, se muestra la susceptibilidad bacteriana utilizando la Escala de Duraffourd, evaluando las concentraciones de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico de *Capsicum pubescens*. Los resultados mostraron que, en la concentración más alta (Clorhexidina al 2%), todos los halos de inhibición se ubicaron dentro del rango de "muy sensible", mientras que las concentraciones de 25%, 50% y 75% del extracto etanólico presentaron rangos menores, lo que sugiere una menor efectividad antibacteriana en comparación con el control positivo (Clorhexidina al 2%).

OE 4: Determinar la concentración mínima inhibitoria antibacteriana “in vitro” de las concentraciones 25%, 50% y 75% del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* “rocoto” sobre el crecimiento del *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

Tabla 10.

Concentración Mínima Inhibitoria antibacteriana “in vitro” del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* en las concentraciones de 25%, 50%, y 75% y Control Clorhexidina 2% frente a cepa *S. mutans*, según halos de inhibición (mm) y unidades formadoras de colonias (UFC).

UFC para cada concentración de extracto etanólico de <i>Capsicum</i> <i>pubescens</i>	ni	Promedio	Desviación Estándar
Cultivo Puro sin tratamiento	16	1000000.0	0.0
Clorhexidina 2%	16	0.0	0.0
25%	16	0.0	0.0
50%	16	0.0	0.0
75%	16	0.0	0.0

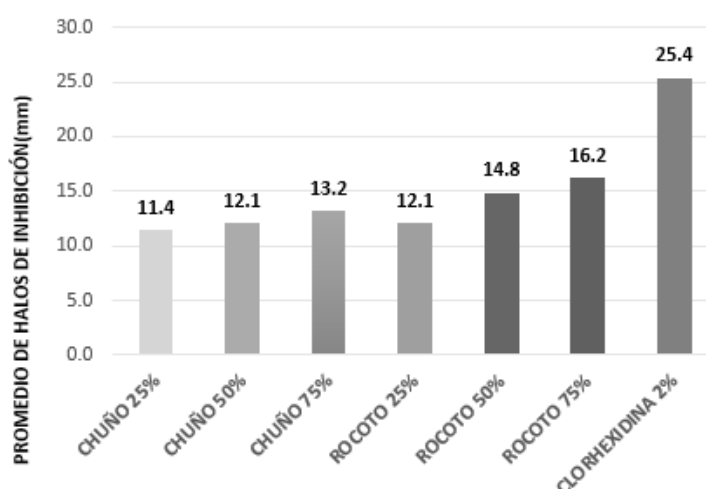
Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

La Tabla 10 muestra que el extracto etanólico de *Capsicum pubescens*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 75 %, logró inhibir completamente el crecimiento de *Streptococcus mutans* in vitro, al igual que la clorhexidina al 2 %, las concentraciones de extracto etanólico no presentaron Unidades Formadoras de Colonias (UFC), es decir, 0 UFC para todas las réplicas. En contraste, el cultivo sin tratamiento presentó un crecimiento promedio de 1,000,000 UFC.

Objetivo General: Comparar el efecto antibacteriano “in vitro” del extracto etanólico del *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* frente al *Streptococcus mutans*, Abancay-2024.

Figura 1.

Comparación del efecto antibacteriano “in vitro” del extracto etanólico del chuño (*Solanum tuberosum*) y rocoto (*Capsicum pubescens*) al 25%, 50%, 75% con la Clorhexidina 2% frente a la cepa de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 in vitro.



Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

Para cumplir con el objetivo general del estudio que es determinar la actividad antibacteriana de los extractos etanólicos *Solanum tuberosum* (chuño negro) y *Capsicum pubescens* (rocoto) en comparación de clorhexidina al 2% frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175, se realizó un análisis considerando los dos extractos etanólicos con sus respectivas concentraciones, además de la clorhexidina al 2% (Control positivo).

En el gráfico N°1 se puede observar que el extracto etanólico *Capsicum pubescens* (rocoto) al 75% y al 50%, presenta halos de inhibición promedio más elevados, seguidos por el extracto etanólico de *Solanum tuberosum* (chuño negro) al 75%, 50% y 25%. Observándose también que el control positivo de Clorhexidina muestra una mejor actividad antibacteriana frente *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

Tabla 11.

Comparaciones múltiples por T3 de Dunnett

	GRUPO (I)	CONCENTRACION (J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
ROCOTO	25%	50%	-2,750*	,312	,000	-3,63	-1,87
		75%	-4,125*	,350	,000	-5,11	-3,14
		CHX2%	-13,312*	,279	,000	-14,11	-12,51
	50%	25%	2,750*	,312	,000	1,87	3,63
		75%	-1,375*	,309	,001	-2,24	-,51
		CHX2%	-10,562*	,225	,000	-11,20	-9,92
	75%	25%	4,125*	,350	,000	3,14	5,11
		50%	1,375*	,309	,001	,51	2,24
		CHX2%	-9,187*	,275	,000	-9,98	-8,40
	CHX2%	25%	13,313*	,279	,000	12,51	14,11
		50%	10,563*	,225	,000	9,92	11,20
		75%	9,188*	,275	,000	8,40	9,98
CHUÑO	25%	50%	-,625	,295	,223	-1,46	,21
		75%	-1,750*	,261	,000	-2,51	-,99
		CHX2%	-13,937*	,271	,000	-14,72	-13,16
	50%	25%	,625	,295	,223	-,21	1,46
		75%	-1,125*	,198	,000	-1,69	-,56
		CHX2%	-13,312*	,211	,000	-13,91	-12,72
	75%	25%	1,750*	,261	,000	,99	2,51
		50%	1,125*	,198	,000	,56	1,69
		CHX2%	-12,187*	,161	,000	-12,64	-11,74
	CHX2%	25%	13,938*	,271	,000	13,16	14,72
		50%	13,313*	,211	,000	12,72	13,91
		75%	12,188*	,161	,000	11,74	12,64

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 11, se observa que $p < 0.05$ entre las comparaciones de los dos grupos de extracto etanólicos de “rocoto” y “chuño negro” al 25%, 50% y 75% y el grupo control de Clorhexidina. Los resultados indican que el extracto etanólico de "rocoto" presenta un efecto inhibidor significativamente mayor que el extracto de "chuño negro" en todas las concentraciones (25%, 50% y 75%) frente a la cepa *Streptococcus mutans*.

Esto señala que existen diferencias estadísticamente significativas entre estos grupos.

Al realizar las comparaciones por pares de los grupos, se hallaron diferencias significativas entre todos los grupos ($P < 0.05$), excepto entre el extracto de *Solanum tuberosum* "chuño negro" al 25% y al 50% ($p > 0.05$), lo que sugiere que no hay una diferencia significativa en la actividad antibacteriana entre estas dos concentraciones del extracto de "chuño negro"

Tabla 12.

Concentración mínima inhibitoria (CMI) in vitro según las concentraciones del 25%, 50% y 75% de extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro”, *Capsicum pubescens* “rocoto” y Control Clorhexidina 2% frente a cepa *Streptococcus mutans* ATCC 25175 a través del número de Unidades Formadoras de Colonias.

Concentración Mínima inhibitoria	<i>Solanum tuberosum</i> “chuño negro”						<i>Capsicum pubescens</i> “rocoto”						Clorhexidina	
	25%						50%						75%	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Si	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0
No	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
TOTAL	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0	16	100.0

Fuente: Elaboración propia de las investigadoras.

En la tabla 6, se observa que las tres concentraciones del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* "chuño negro" y *Capsicum pubescens* "rocoto" presentan 0 UFC (Unidades Formadoras de Colonias). Esto indica que todas las concentraciones evaluadas exhiben un efecto bactericida. En este contexto, la concentración mínima inhibitoria (CMI) corresponde a la concentración del 25%, ya que fue la más baja que mostró un efecto inhibitorio significativo.

Discusiones

En la presente investigación, se evidenció el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* ("chuño negro") y *Capsicum pubescens* ("rocoto") frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175, evaluado mediante la formación de halos de inhibición y el recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Además, se determinó la susceptibilidad bacteriana, la concentración mínima inhibitoria (CMI) y se comparó la eficacia relativa entre ambos extractos.

En relación con el objetivo específico 1, los datos obtenidos (Tabla N.º 1) mostraron que el extracto etanólico de *S. tuberosum* presentó halos de inhibición crecientes conforme aumentó la concentración, siendo el mayor valor registrado con la concentración del 75% (13.19 mm, DE = 0.403). Este resultado indica una relación dosis-respuesta positiva. El análisis de varianza (Tabla N.º 2) confirmó que las diferencias entre los grupos fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$), lo que respalda la hipótesis HE1 y sugiere que la concentración del extracto influye de forma significativa en la inhibición del crecimiento bacteriano. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Gamboa(12), quien también demostró un efecto inhibitorio del extracto de *Solanum tuberosum* frente a *S. mutans* a una concentración del 75%, obteniendo un halo promedio de 16 mm. Además, en su análisis estadístico se observaron diferencias significativas entre las concentraciones evaluadas. Las similitudes metodológicas entre ambos estudios, incluyendo el uso de técnicas de difusión en agar y análisis ANOVA, refuerzan la validez externa de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Para profundizar en las diferencias entre las concentraciones del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* "chuño negro", se aplicó la Prueba de Duncan (Tabla N.º 3), reveló diferencias significativas entre las concentraciones del extracto de *Solanum tuberosum*, siendo el 75% la que presentó el mayor halo de inhibición (13.19 mm), aunque menor que el del control (Clorhexidina 2% con 25.38 mm). Este patrón confirma la hipótesis HE1 y sustenta que existe un efecto dosis-dependiente en la actividad antibacteriana del extracto. Según la Escala de Duraffourd (Tabla N.º 4), todas las concentraciones del extracto fueron clasificadas como "sensibles", mientras que la Clorhexidina fue "sumamente sensible", lo que refleja una eficacia antibacteriana moderada del chuño.

En comparación con otras investigaciones, los resultados son consistentes con Vilchez(49) quien reportó halos de hasta 19.83 mm a la concentración del 75%, y en la escala de Duraffourd, las concentraciones del 50% y 75% fueron clasificadas como "sumamente sensibles", superando la eficacia observada en nuestro estudio, estas diferencias podrían estar relacionadas con la variedad botánica, el tipo de solvente utilizado o la técnica de preparación del extracto.

De manera más contrastante, Enciso S.(13) informó que el extracto de *Solanum tuberosum* "Tocosh" mostró halos promedio de 29.75 mm al 75%, el doble de lo registrado en el presente estudio. Asimismo, todas sus concentraciones fueron clasificadas como "sumamente sensibles". Estas discrepancias probablemente se deben al tipo de procesamiento: mientras el "Tocosh" es producto de la fermentación natural de la papa, el "chuño negro" es un producto deshidratado por congelamiento, lo cual puede afectar la disponibilidad y concentración de compuestos bioactivos como los glicoalcaloides. Este aspecto resalta la importancia del método de procesamiento en la conservación de la actividad antimicrobiana de los fitoextractos.

Respecto al Objetivo Específico 2, que consistió en determinar concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro” frente a *Streptococcus mutans*, los resultados de la Tabla N.º 2 mostraron que ninguna de las concentraciones evaluadas (25%, 50% y 75%) presentó crecimiento bacteriano, evidenciado por la ausencia total de Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Esto indica que todas las concentraciones ejercieron efecto bactericida completo in vitro. No obstante, dado que la concentración del 25% fue la más baja con capacidad inhibitoria total, se identifica como la concentración mínima inhibitoria (CMI). Este hallazgo es clínicamente relevante, ya que demuestra eficacia con una menor concentración, lo que podría optimizar su uso en formulaciones terapéuticas. Estos resultados coinciden con los reportados por Gamboa L. (12), quien también determinó una CMI del 25% para el extracto etanólico de *S. tuberosum* “chuño negro” frente a *S. mutans*, bajo condiciones experimentales similares. Esta concordancia respalda la validez y reproducibilidad del hallazgo y sugiere un perfil prometedor del extracto como agente antibacteriano natural.

En relación con el Objetivo Específico 3, se evaluó la susceptibilidad bacteriana del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* (“rocoto”) frente a *Streptococcus mutans*, utilizando el método de difusión en agar. Como se muestra en la Tabla N.º 6, el mayor halo de inhibición se obtuvo con la concentración del 75%, registrando 16.19 mm (DE = 0.981), seguido por las concentraciones del 50% y 25%, lo que indica una respuesta dependiente de la dosis. El análisis estadístico mediante ANOVA (Tabla N.º 7) evidenció diferencias significativas entre los grupos experimentales ($p < 0.001$), confirmando que la concentración del extracto influye de forma determinante en su capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Carhuanchu y Huarcaya(1), quienes también observaron un efecto antibacteriano del extracto de *C. pubescens* frente a *Staphylococcus aureus*, con halos promedio de 19.2 mm al 75% de

concentración. Aunque la cepa bacteriana fue distinta, ambos estudios coinciden en que el rocoto posee actividad antimicrobiana comprobada, especialmente en concentraciones elevadas, lo que refuerza su potencial como agente fitoterapéutico.

La Prueba de Duncan (Tabla N.º 8) permitió diferenciar estadísticamente las concentraciones del extracto etanólico de *Capsicum pubescens*, evidenciando que la del 75% presentó el mayor halo de inhibición (16.19 mm), solo superado por el control positivo (Clorhexidina 2% con 25.38 mm). Este resultado confirma una relación directa entre la concentración y la eficacia antibacteriana. Según la Escala de Duraffourd (Tabla N.º 9), todas las concentraciones de rocoto fueron clasificadas como “muy sensibles” frente a *Streptococcus mutans*, lo que respalda su alta efectividad en todas las dosis evaluadas. En comparación, Díaz J. (11) reportó halos menores (11.54 mm al 75%) y clasificación solo como “sensible”, lo que contrasta con nuestros resultados. Estas diferencias pueden deberse a variaciones genéticas de la especie, origen geográfico del fruto o condiciones de extracción, ya que factores como el clima, el suelo y la madurez del fruto pueden influir significativamente en la cantidad y actividad de compuestos bioactivos como la capsaicina. En cumplimiento del Objetivo Específico 4, que consistió en determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), del extracto etanólico de *Capsicum pubescens* “rocoto” frente a *Streptococcus mutans*, los resultados de la Tabla N.º 10 mostraron que ninguna de las concentraciones evaluadas (25%, 50% y 75%) presentó crecimiento bacteriano, evidenciado por la ausencia total de Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Este hallazgo indica que el extracto posee un efecto bactericida completo a partir del 25%. Por lo tanto, se establece que la CMI corresponde a la concentración del 25%, al ser la dosis más baja con capacidad inhibitoria total. Este resultado es de gran relevancia, ya que evidencia la eficacia del extracto incluso en concentraciones reducidas, lo cual podría favorecer su aplicación en formulaciones terapéuticas más seguras y accesibles. Estos datos concuerdan con el estudio

de Gu Yang(50), quien reportó una CMI baja de capsaicina frente a *S. mutans*, confirmando su alta efectividad antibacteriana. Considerando que la capsaicina es uno de los principales compuestos bioactivos presentes en *Capsicum pubescens*, estos hallazgos respaldan su papel en la inhibición del crecimiento bacteriano y su potencial uso en productos de higiene oral con base natural.

El objetivo general de esta investigación fue comparar el efecto antibacteriano in vitro de los extractos etanólicos de *Capsicum pubescens* (“rocoto”) y *Solanum tuberosum* (“chuño negro”) frente a *Streptococcus mutans* ATCC 25175. Con base en estos hallazgos, se acepta la hipótesis general, ya que se comprobó que los extractos etanólicos de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum* ejercen efecto antibacteriano in vitro frente a *Streptococcus mutans*. Además, se demostró que este efecto varía según la concentración, siendo más evidente a mayor dosis, y que el extracto de rocoto mostró una eficacia significativamente superior al del chuño negro.

De acuerdo con el Gráfico 1 y la Tabla 11, el extracto de *Capsicum pubescens* mostró halos de inhibición significativamente mayores en las tres concentraciones evaluadas (25%, 50% y 75%) en comparación con el extracto de *S. tuberosum*. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo que demuestra que el rocoto posee una mayor capacidad inhibitoria frente a *S. mutans*, siendo superado únicamente por la Clorhexidina al 2% como control positivo. Esta superioridad puede explicarse por la presencia de capsaicina, un compuesto bioactivo característico de *Capsicum pubescens*, conocido por su acción antibacteriana de amplio espectro. La capsaicina no solo inhibe el crecimiento bacteriano, sino que también afecta la virulencia mediante la inhibición de toxinas y la formación de biopelículas, lo que refuerza su potencial terapéutico en odontología preventiva (33).

En contraste, el extracto de *Solanum tuberosum* evidenció halos más pequeños en todas las

concentraciones. Aunque estudios previos han señalado propiedades antimicrobianas atribuidas a glicoalcaloides presentes en este tubérculo⁵⁴, los resultados obtenidos sugieren que en su forma deshidratada (“chuño negro”) la actividad es menos potente. Esta diferencia puede estar influenciada por factores como la composición fitoquímica, el método de procesamiento o el origen del material vegetal(47).

Asimismo, los datos de la Tabla 12 confirmaron que ambas especies, en sus tres concentraciones, lograron inhibición completa del crecimiento bacteriano (0 UFC), lo que indica efecto bactericida. Sin embargo, se estableció que la concentración mínima inhibitoria (CMI) para ambos extractos fue del 25%, siendo la dosis más baja que logró una inhibición total, hecho de gran relevancia clínica.

VI. Conclusiones

- Se concluye que ambos extractos evaluados presentan efecto antibacteriano in vitro frente a *Streptococcus mutans*, con una eficacia que varía significativamente según la especie vegetal y la concentración empleada. El extracto de *Capsicum pubescens* demostró ser notablemente más eficaz que el de *Solanum tuberosum*, tanto en los halos de inhibición como en la clasificación de susceptibilidad, lo que valida su potencial como agente fitoterapéutico para uso odontológico.
- Se determinó que el extracto etanólico de *Solanum tuberosum* “chuño negro” en concentraciones del 25%, 50% y 75% presenta actividad antibacteriana in vitro frente a *Streptococcus mutans*, observándose un incremento en el diámetro del halo de inhibición a medida que aumenta la concentración.
- Se determinó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto de *S. tuberosum* fue del 25%, ya que en dicha concentración no se observaron unidades formadoras de colonias (UFC), lo que indica un efecto bactericida total in vitro.
- Se determinó el extracto etanólico de *Capsicum pubescens* “rocoto” mostró una mayor eficacia antibacteriana frente a *S. mutans* en comparación con el extracto de *S. tuberosum*, evidenciado por halos de inhibición significativamente más amplios en todas sus concentraciones.
- Se determinó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto de *Capsicum pubescens* también fue del 25%, debido a la ausencia total de UFC desde esa concentración, lo que indica un efecto bactericida completo. Estos resultados refuerzan el papel de la capsaicina como principal compuesto activo del rocoto con propiedades antimicrobianas frente a bacterias cariogénicas.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda que la Universidad Tecnológica de los Andes fomente el desarrollo de proyectos interdisciplinarios entre las Escuelas Profesional de Estomatología, y Ciencias Agropecuarias para estudiar y formular productos bucales naturales (como enjuagues o dentífricos) que incorporen extractos de *Capsicum pubescens* y *Solanum tuberosum*, fortaleciendo así la innovación con identidad local en el cuidado de la salud oral.
- Se recomienda que la Escuela Profesional de Estomatología promueva proyectos de investigación, que profundicen en el uso de extractos vegetales locales como el *chuño negro*, evaluando no solo su actividad antibacteriana, sino también su estabilidad, mecanismos de acción y posibles formulaciones en enjuagues o geles bucales, para fomentar el desarrollo de productos fitoterapéuticos originarios de la región andina.
- Se recomienda impulsar líneas de investigación enfocadas en el estudio de especies nativas como el *rocoto*, con énfasis en sus compuestos activos y su aplicación en la prevención de caries dental, promoviendo la valorización de la biodiversidad regional como alternativa terapéutica en salud oral.
- Se sugiere incluir en el plan de estudios actividades de investigación aplicada que capaciten a los estudiantes en técnicas de determinación de la actividad bactericida de agentes naturales, con orientación a la producción de evidencia científica que respalde nuevas terapias odontológicas basadas en productos naturales de la Región.

VIII. Referencias

1. Carhuanchó Gonzáles P, Huarcaya Estrada J. Efecto antibacteriano a diferentes concentraciones del extracto etanólico del fruto de *Capsicum pubescens* “rocoto” en cepas estándares. Universidad Privada Norbert Wiener; 2018. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/2299>
2. Edlund A, Santiago T, Boehm T, Pride D. Bacteriophage and their potential roles in the human oral cavity. *J Oral Microbiol*. 2015 [cited 2025 Sep 14];7(1):1–12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25861745/>
3. Marcelo M, Celestino D, Velasco E. Manejo agronómico de *Capsicum*. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. 2022. ISBN: 978-9972-44-101-1. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2021>
4. Peñarrieta M, Alvarado J, Bravo J. Chuño y Tunta; las tradicionales papas secadas al sol de los Andes. 2011. Available from: https://www.researchgate.net/publication/236577348_Chuno_and_Tunta_the_traditional_Andean_sun-dried_Potatoes
5. Ojeda J, Oviedo E, Salas L. *Streptococcus mutans* y caries dental. *CES Odontol*. 2013;26(1):44–56. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-971X2013000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
6. Jáuregui Álvarez G. Efecto antibacteriano in vitro del colutorio a base de *Matricaria chamomilla* a diferentes concentraciones sobre la cepa ATCC 2652263 de *Streptococcus mutans*. Universidad Nacional de Trujillo; 2013. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/592>

7. Mendoza R. Sistemática e historia del ají “Capsicum” Tourn. Universalia, ISSN-e 1810-1100, Vol 11, No 2, 2006, págs 80-88. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2924765&info=resumen&idioma=ENG>
8. Villavicencio Dominguez B. Caracterización químico-nutricional y actividad antioxidante de dos muestras de Capsicum pubescens (“Rocoto rojo y amarillo”) provenientes de Villa Rica (Pasco). 2016; Available from: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/637>
9. Quispe M, Arana R, Quispe M. Efectividad antibacteriana de diferentes tipos de miel de flores sobre Streptococcus mutans in vitro, Tacna - 2023. Universidad Continental. 2024; Available from: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14785>
10. Negroni M.. Microbiología Estomatológica: fundamentos y guía práctica. 2da Ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2009.
11. Díaz Gamarra JS. Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico del fruto *Capsicum pubescens* (rocoto) sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175. Universidad Nacional de Trujillo; 2020. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/16603>
12. Gamboa Mendoza L. Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Solanum tuberosum* (chuño negro) frente a *Streptococcus mutans*, 2019. Universidad Nacional de Trujillo; 2020. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/16616>
13. Enciso S, Medina J, Mauricio F, Mauricio C, Alvitez D, Vilchez L, et al. Antibacterial Effectiveness of Four Concentrations of the Hydroalcoholic Extract of Solanum tuberosum (Tocosh) against Streptococcus mutans ATCC 25175: A Comparative In Vitro Study. *Int J Dent.* 2020 Jan 1;2020(1). Available from:

<http://dx.doi.org/10.1155/2020/8856382>

14. Mayta F, Sedano G, Romero P, Alvítez D, Álvarez M, Gálvez L, et al. Development of new experimental dentifrice of Peruvian *Solanum tuberosum* (Tocosh) fermented by water stress: Antibacterial and cytotoxic activity. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019 Oct 1;20(10):1206–11. <http://dx.doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2681>
15. Mayta F, Gamboa E, Sánchez R, Rios J, Medina R, García M, et al. Development and formulation of the experimental dentifrice based on *Passiflora mollissima* (Tumbo) with and without fluoride anion: Antibacterial activity on seven antimicrobial strains. *Int J Dent*. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9056590>
16. Calderon A, Salas J, Dapello G, Gamboa E, Rosas J, Chávez J, et al. Assessment of Antibacterial and Antifungal Properties and In Vivo Cytotoxicity of Peruvian *Passiflora mollissima*. *Contemp Dent Pract*. 2019;20(2):145–51. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/upsjb/2239>
17. Medina D, Ulloa G, Camere R, Caballero S, Mayta F, Del ValleMendoza J. Antibacterial activity of *Bixa orellana* L. (achiote) against *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis*. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2019 May 1;6(5):400–3. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221169115309485?via%3Dihub>
18. Heredia Medina E, Padilla Zevallos G. Efecto antibacterial in vitro del extracto etanólico de hojas de *Erythroxylum coca* (coca) contra *Streptococcus mutans* ATCC 25175. 2024 Jan 17; Available from: <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1968>
19. Cayetano Colan E, Cueva Fuentes F. Efecto antibacteriano in vitro del extracto

- etanólico de semillas de *Capsicum annuum* (pimiento) frente cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922. 2024 Jan 16; Available from: <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1963>
20. Paz Zorrilla S V, Ojeda Pereda MC. Efecto antimicrobiano in vitro del extracto acuoso de *Solanum tuberosum* “papa fermentada” sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. *UCV Scientia Biomédica*. 2021 Sep 30 ;4(3):9–22. Available from: <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucvscientiabiomedica/article/view/2118>
 21. Núñez D, Lourdes L, Bacallao G. Bioquímica de la caries dental. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2010 [cited 2025 Sep 14];9(2):156–66. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 22. Gómez S, Uribe S, Gómez S, Uribe S. Pasado, presente y futuro de la cariología. *International journal of interdisciplinary dentistry*. 2022 Aug 1;15(3):250–4. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2452-55882022000300250&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 23. CONABIO. Historia Natural de la especie *Solanum tuberosum*. 1996;2:412–20.
 24. MIDAGRI. Papa. 2023. Available from: <https://www.midagri.gob.pe/portal/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa>
 25. MIDAGRI. El Perú es el primer productor de papa en América Latina. 2025. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/769389-el-peru-es-el-primer-productor-de-papa-en-america-latina-y-el-sustento-de-mas-de-700-mil-familias>.
 26. Khalid W, Muhammad Z, Aziz A, Anoosh F. Nutritional composition and health benefits of potato. 2020. *Adv Food & NutrSci*. Vol. 5. 2020. p. 7-16. Available from: <http://dx.doi.org/10.21065/25631640.5.7>

27. UNESCO. Chuño, sabiduría alimentaria andina. 2020. Available from:
<https://www.unesco.org/tich4sd/es/peru/chuno>

28. Segura Salazar B. Cadena de valor de papas nativas en la provincia de Jauja, Perú. Tesis Doctoral. 2014. Available from:
https://oa.upm.es/32188/1/BILLY_SEGURA_SALAZAR.pdf

29. PROMPERU. Así se elabora el chuño, el secreto milenario andino. 2022. Available from: <https://peru.info/es-pe/gastronomia/blogperu/2/12/el-secreto-milenario-andino--asi-se-elabora-el-chuno>

30. SENAMHI. Agroclimático del Capsicum. *Boletín*. 2020; Available from:
www.adexperu.org.pe

31. Waizel-Bucay J, Camacho Morfín R. El género Capsicum spp. Una versión panorámica. *Revista de divulgación científica y tecnológica*. Universidad de las Américas Puebla. Año 16, Número 60, Abril-Junio, 2011.

32. Pérez Castañeda L, Castañón Nájera G, Ramírez Meraz M, Mayek Pérez N. Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética del *Capsicum spp.* 2015;2(4):117–128. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000100009&lng=es.

33. López G, Ramírez M, Rodríguez I. Capsaicinoides en chile habanero y factores que afectan su producción. 2020.
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/716/1/Cap%206%20Capsaicinoides%20chile%20habaner.pdf>

34. Xingú López A, Espinoza Gutierrez D, Miranda Gómez J, Cruz Gutierrez J, Pérez González C. Vista de *Capsicum pubescens* situación actual y tendencias futuras en el

- Estado de México. 2025. Available from: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/14636/12857>
35. Leyva Ovalle O, Andres Meza P, Valle Hernández D, Meneses Márquez I, Murguía González J, Galindo Tovar M, et al. Caracterización morfológica de poblaciones de chile manzano (*Capsicum pubescens*) en la región centro del estado de Veracruz, México. *Revista Bio Ciencias*. 5:11 pág-11 pág. Available from: <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/388>
 36. Murray P. Elsevier. 2024. Microbiología Médica Básica. Available from: <https://www.edicionesjournal.com/Papel/9788413826417/Murray++Microbiolog%C3%ADa+M%C3%A9dica+B%C3%A1sica+Ed+2>
 37. Spellerberg B, Brandt C. Laboratory Diagnosis of *Streptococcus pyogenes* (group A streptococci). *Streptococcus pyogenes: Basic Biology to Clinical Manifestations*. 2022 Oct 9; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587110/>
 38. Facklam R. What Happened to the Streptococci: Overview of Taxonomic and Nomenclature Changes. *Clin Microbiol Rev*. 2002 Oct;15(4):613. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC126867/>
 39. Lamont RJ, Hajishengallis GN, Jenkinson HF. Microbiología e inmunología oral. Vol. 1a Edición. México: Editorial El Manual Moderno; 2015. 496 p.
 40. Liu Z, Jiang X, Li J, Ji W, Zhou H, Gong X, et al. Molecular characteristics and antibiotic resistance mechanisms of clindamycin-resistant *Streptococcus agalactiae* isolates in China. *Front Microbiol*. 2023 Mar 1;14:1138039. Available from: <https://pubmlst.org/>
 41. Negroni M. Microbiología Estomatológica: fundamentos y guía práctica. 2da Edición. Argentina: Médica Panamericana; 2009. 247–262 p.

42. Kosecka M, Wolska M, Żabicka D, Sadowy E, Międzobrodzki J. Identification of Clinically Relevant *Streptococcus* and *Enterococcus* Species Based on Biochemical Methods and 16S rRNA, sodA, tuf, rpoB, and recA Gene Sequencing. *Pathogens* 2020, Vol 9, Page 939. 2020 Nov 11, 9(11):939. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/11/939/htm>
43. Manual para la identificación en laboratorio y las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana de patógenos bacterianos de importancia para la salud pública en el mundo en desarrollo. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CDS-CSR-RMD-2003.6>
44. Rodríguez LER, Amores WG, Arias AE, Bazán MBM, Suárez SB, Cisnero YB. Optimización de la extracción alcohólica para la obtención de soluciones concentradas de propóleos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. 2015 Jan 1;44(1):47–57. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/54237>
45. Lauzurique Y, Acosta L, Pérez O, Zumalacarregui L. Procesos de separación en la producción de etanol anhidro. 2013. Available from: DOI: 10.13140/RG.2.2.33768.06409
46. González-Moreno BJ, Piña-Barrera AM, Pérez-López LA, Galindo-Rodríguez SA, Alvarez-Román R. Aceites esenciales de origen natural: características químicas, técnicas de extracción y potencial aplicación biológica. *Biología y Sociedad*. 2022 Jul 27;5(10):20–30. Available from: <https://biologiaysociedad.uanl.mx/index.php/b/article/view/71>
47. Khalid W, Zubair M, Aziz A, Anoosh F. Composición nutricional y beneficios de la papa para la salud. 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.21065/25631640.5.7>
48. Hernández R. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y

- mixta. McGRAW-HILL Interamericana Editores SA de CV. 2018;753. Available from: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-%20Metodología%20de%20la%20investigación.pdf>
49. Vilchez Cáceres H, Olortegui Quispe A, Alvia Saldarriaga C. Efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Solanum sessiliflorum* Dunal (cocona) sobre *Streptococcus mutans*. 2023. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572023000100005&lng=es.%20%20Epub%2001-Mar-2023
50. Gu H, Yang Z, Yu W, Xu K, Fu Y fei. Antibacterial activity of capsaicin against sectional cariogenic bacteria. *Pakistan Journal of Zoology*. 2019;51(2):681–7. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.2.681.687>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes