



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE  
CONFECCIONES



"EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA - PUNO"

Bach. Leydi Mashiel Yanqui Nina

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita



JULIACA, 2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE  
CONFECCIONES**



**"EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA - PUNO"**

**Bach. Leydi Mashiel Yanqui Nina**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

**Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita**



**JULIACA, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE PROCESOS INDUSTRIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y**  
**DE CONFECCIONES**



**“EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA – PUNO”**

Bach. Leydi Mashiel Yanqui Nina

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
**INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

Juliaca, 2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

Yanqui L. (2025). *Evaluación del aceite esencial de muña (Menthostachys mollis) en la actividad antimicrobiana y propiedades físicas de la lana de ovino, Juliaca – Puno 2025*. Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca, Puno.

**AUTOR:** Leydi Mashiel Yanqui Nina

**TÍTULO:** Evaluación del aceite esencial de muña (*Menthostachys mollis*) en la actividad antimicrobiana y propiedades físicas de la lana de ovino, Juliaca – Puno 2025.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2025

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (120 pág.)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones – Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 04-000023-04/Y27

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

**PALABRAS CLAVE:** Aceite esencial, antimicrobiano, *Menthostachys mollis*, microorganismos, lana de ovino, propiedades físicas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE  
CONFECCIONES

“EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA – PUNO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

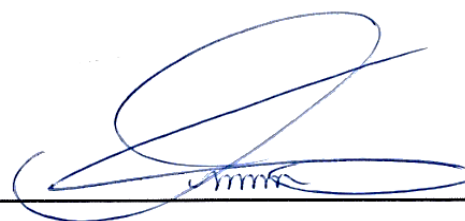
Presentada por:

**Bach. Leydi Mashiel Yanqui Nina**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
\_\_\_\_\_

M.Sc. Luz Delia Quina Quina

\_\_\_\_\_  
JURADO (secretario)

  
\_\_\_\_\_

Mtra. Roxana Tacuri Robles

\_\_\_\_\_  
JURADO (vocal)


  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

ASESOR DE TESIS

# Yanqui Nina Leydi Mashiel

## “EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA ...

 Universidad Nacional de Juliaca

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trrcoid::3117:525742670

Fecha de entrega

10 nov 2025, 7:15 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 nov 2025, 7:17 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

T“EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Minthostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANT...pdf

Tamaño del archivo

4.4 MB

120 páginas

27.027 palabras

149.140 caracteres




## 9% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

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

### Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

## **DEDICATORIA**

A mi padre, Isidro Yanqui Mamani, por ser mi fuerza inquebrantable, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por enseñarme con su ejemplo que el verdadero amor se demuestra en cada sacrificio silencioso. Esta tesis es también tuya, papá. Cada paso que di fue sostenido por tu esfuerzo, tu fe y tu inmenso corazón.

A mi madre, Carmen Nina Vilcapaza, por acompañarme con amor incondicional, por estar siempre presente en cada etapa de mi vida, y por sostenerme con dulzura cuando más lo necesité.

A mi hijo, Juan Pablo Zela Yanqui, mi motor, mi razón, mi esperanza. Por inspirarme a seguir adelante, por darme motivos para soñar más alto y no rendirme nunca, pese a comentarios destructivos de la sociedad. Todo lo que soy y logro, también es por ti. A ustedes, mi familia, les dedico este logro con todo mi amor.

Todo lo logrado en mi vida es con apoyo de mi familia y bendición de Dios todopoderoso.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por ser mi refugio constante y por darme la fortaleza espiritual, emocional y física para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi padre, Isidro Yanqui Mamani, por ser mi guía, mi sustento y el mayor ejemplo de esfuerzo que he conocido. Gracias por tu apoyo incondicional, por impulsarme a seguir incluso cuando el cansancio y la duda me vencían, y por enseñarme, con tu vida, el verdadero significado de la perseverancia. Este logro es también tuyo.

A mi madre, Carmen Nina Vilcapaza, por estar siempre presente, por tenderme la mano en los momentos más difíciles y por acompañarme silenciosamente en cada paso de este camino. Tu amor y apoyo han sido vitales en este proceso.

A mi hijo, Juan Pablo, por ser la razón más poderosa para no rendirme jamás. Gracias por llenarme de luz y esperanza, por ser mi mayor motivación. Cada esfuerzo, cada desvelo y cada sacrificio tuvieron sentido por ti. Esta tesis es también un legado de amor y entrega, de una madre que sueña con verte crecer feliz y libre.

Expreso mi especial agradecimiento al Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita, por su guía, académica y respaldo durante la elaboración de este proyecto. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Juliaca, gracias por haberme acogido y brindado la oportunidad de formarme como profesional. A cada docente, administrativo, compañero y persona que, de forma directa o indirecta, aportó a mi crecimiento académico, les extiendo mi gratitud.

A mis profesores, por su entrega y vocación de enseñanza; y a las instituciones, bibliotecas, archivos y organismos consultados, por facilitar el acceso a la información necesaria para alcanzar los objetivos de esta tesis.

A todos ustedes, gracias de corazón.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
INDICE DE ANEXOS .....	IX
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema de investigación .....	1
1.1.1. Pregunta general: .....	2
1.1.2. Preguntas específicas:.....	2
1.2. Objetivos de la investigación.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivo específico .....	2
1.3. Justificación.....	3

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes regionales .....	8
2.2. Marco teórico.....	9
2.2.1. Descripción de muña ( <i>Minthostachys Mollis</i> ).....	9
2.2.2. Aceites esenciales .....	11
2.2.3. Métodos de extracción de aceite.....	11
2.2.4. Tipos de Agar .....	13
2.2.5. Descripción de las bacterias.....	14
2.2.6. Aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) .....	16
2.2.7. Propiedades antimicrobianas del aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) .....	16
2.2.8. Actividad antimicrobiana en textiles .....	17
2.2.9. Aplicación de aceites esenciales en textiles.....	17
2.2.10. Lana de ovino .....	18

2.2.11. Composición química y estructura de la lana de ovino .....	18
2.2.12. Lana de ovino y la susceptibilidad al crecimiento microbiano.....	19
2.2.13. Tratamientos tecnológicos en la lana de ovino.....	19
2.2.14. Efecto de los tratamientos antimicrobianos sobre la lana de ovino .....	20
2.2.15. Normativas internacionales para la evaluación de la actividad antimicrobiana en textiles .....	20
2.2.16. Importancia socioeconómica de la lana de ovino en la región de Puno .....	21

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Ámbito de estudio.....	22
3.2. Materiales y equipos de laboratorio.....	22
3.3. Diseño de la experimentación.....	23
3.3.1. Tipo de investigación.....	23
3.3.2. Nivel de investigación .....	23
3.3.3. Diseño experimental .....	23
3.4. Formulación de hipótesis.....	25
3.4.1. Hipótesis general .....	25
3.4.2. Hipótesis específicas.....	25
3.5. Metodología.....	25
3.5.1. Procedimiento para la extracción del aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) por método de arrastre de vapor.....	25
3.5.2. Obtención de la lana de ovino de un establecimiento comercial de acopio de lana.....	28
3.5.3. Procedimiento del tratamiento con el aceite esencial de muña en la lana de ovino sin previo lavado .....	28
3.5.4. Procedimiento de la evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino ya lavada después del tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña.....	31
3.5.5. Procedimiento de identificación de bacterias encontradas en las muestras evaluadas de la lana de ovino lavadas con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña .....	33
3.5.6. Procedimiento de ensayo de tracción a la lana de ovino tratados con aceite esencial de muña .....	35
3.6. Población y muestra.....	38
3.6.1. Población .....	38
3.6.2. Muestra .....	39
3.6.3. Técnica de muestreo .....	39
3.6.4. Procesamiento de valores estadísticos .....	39

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados .....	41
4.1.1. Evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino tratada con aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) .....	41
4.1.2. Análisis de normalidad de residuos de las unidades formadoras de colonias bacterianas.....	45
4.1.3. Análisis estadístico de la actividad antimicrobiana .....	46
4.1.4. Medias marginales estimadas .....	47
4.1.5. Contraste de hipótesis .....	48
4.1.6. Evaluación de las propiedades físicas de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ).....	49
4.1.7. Prueba de normalidad .....	51
4.1.8. Análisis estadístico de las propiedades físicas de la lana de ovino.....	52
4.1.9. Medias marginales estimadas .....	53
4.1.10. Análisis grafico de residuos.....	54
4.1.11. Comparaciones por pares (Post-hoc).....	55
4.1.12. Contraste de hipótesis de la resistencia de la lana de ovino .....	56
4.2. Discusión.....	57
4.2.1. Discusión de los resultados de actividad antimicrobiano (unidades formadoras de colonias bacterianas en la lana de ovino) .....	57
4.2.2. Discusión de los resultados de resistencia a la tracción de la lana de ovino.....	57

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Recomendaciones .....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	61
ANEXOS.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Materiales y equipos de laboratorio	22
<b>Tabla 2:</b> Diseño experimental del proyecto	24
<b>Tabla 3:</b> Composición química del aceite de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ).	27
<b>Tabla 4:</b> Registros de datos de la preparación del tratamiento a la lana de ovino	29
<b>Tabla 5:</b> Registros de aplicación del tratamiento en lana de ovino	30
<b>Tabla 6:</b> Conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas en la prueba de control, es decir de lana de ovino/lavada sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña	33
<b>Tabla 7:</b> Resultados de las pruebas bioquímicas	34
<b>Tabla 8:</b> Resultados de la resistencia de la lana de ovino lavado sin el tratamiento de aceite esencial aplicado	37
<b>Tabla 9:</b> Resultados de la resistencia de la lana de ovino lavado con tratamiento del aceite esencial aplicado	37
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la resistencia de la lana con tratamiento del aceite esencial aplicado	37
<b>Tabla 11:</b> Resultados de la resistencia de la lana con tratamiento del aceite esencial aplicado	38
<b>Tabla 12:</b> Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña	42
<b>Tabla 13:</b> Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña	42
<b>Tabla 14:</b> Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña	43
<b>Tabla 15:</b> Resultados del análisis de varianza del conteo de unidades formadores de colonias	46
<b>Tabla 16:</b> Medias marginales estimadas de unidades formadoras de colonias bacterianas según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión, modelo lineal general – UNINOVA para unidades formadoras de colonias	47
<b>Tabla 17:</b> Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado	50
<b>Tabla 18:</b> Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado	50
<b>Tabla 19:</b> Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado	51
<b>Tabla 20:</b> Análisis estadístico de las propiedades físicas de la lana de ovino	52

**Tabla 21:** Medias marginales estimadas de tenacidad según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión en base a datos en SPSS, modelo lineal general - medias marginales estimadas 53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Destilación de arrastre de vapor	13
<b>Figura 2:</b> Bacteria <i>Staphylococcus aureus</i>	14
<b>Figura 3:</b> Bacteria <i>Escherichia coli</i>	15
<b>Figura 4:</b> Observación de colonias bacterianas en la lana de ovino lavado sin el tratamiento aplicado	44
<b>Figura 5:</b> Observación de colonias bacterianas en la lana de ovino lavado con el tratamiento aplicado	44
<b>Figura 6:</b> Gráfico Q-Q normal de residuos para las unidades formadoras de colonias	45
<b>Figura 7:</b> Análisis gráfico de residuos del modelo factorial para unidades formadoras de colonias bacterianas mediante boxplot	46
<b>Figura 8:</b> Medias marginales estimadas de unidades formadoras de colonias bacterianas según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión, en la lana de ovino.	48
<b>Figura 9:</b> Análisis de la normalidad de la tenacidad mediante el gráfico Q-Q	52
<b>Figura 10:</b> Medias marginales estimadas de tenacidad (cN/tex) según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) y tiempo de inmersión.	54
<b>Figura 11:</b> Histograma de residuos de la tenacidad en resistencia de la lana de ovino con el tratamiento aplicado	55

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°1	69
<b>Anexo 2:</b> Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°2	70
<b>Anexo 3:</b> Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°3	71
<b>Anexo 4:</b> Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 1.	73
<b>Anexo 5:</b> Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 2.	75
<b>Anexo 6:</b> Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 3.	78
<b>Anexo 7:</b> Proceso de la extracción del aceite esencial de muña por método de arrastre de vapor	82
<b>Anexo 8:</b> Proceso del tratamiento con el aceite esencial de muña en la lana de ovino sin previo lavado	83
<b>Anexo 9:</b> Procedimiento de la evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino lavada con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña	84
<b>Anexo 10:</b> Procedimiento de identificación de bacterias encontradas en las muestras evaluadas de la lana de ovino con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña	85
<b>Anexo 11:</b> Proceso de evaluación de resistencia a la tracción en la lana de ovino con tratamiento aplicado del aceite esencial de muña	87
<b>Anexo 12:</b> Vista microscópica de las colonias bacterianas Gram positivas	88
<b>Anexo 13:</b> Vista microscópica de las bacterias Gram negativa	88
<b>Anexo 14:</b> Preparación del agar Mueller-Hilton con 20 gramos y con 800 ml de agua destilada.	89
<b>Anexo 15:</b> Muestras de la lana de ovino tratada con el aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> ) en placas Petri después de salir de la incubadora.	89
<b>Anexo 16:</b> Vista de la zona inhibitoria ante el crecimiento de bacterias Gram positivo	90
<b>Anexo 17:</b> Vista de la Zona inhibitoria ante el crecimiento de la bacteria Gram negativo	90
<b>Anexo 18:</b> La lana de ovino después de la prueba de Resistencia a la tracción	91

<b>Anexo 19:</b> Hilos de lana de ovino hiladas manualmente para pruebas de resistencia de fibras	91
<b>Anexo 20:</b> Establecimiento de comercialización de la lana de ovino	92
<b>Anexo 21:</b> Operacionalización de variables	93
<b>Anexo 22:</b> Matriz de consistencia	94
<b>Anexo 23:</b> Análisis de compuestos químicos del aceite esencial de muña ( <i>Minthostachys mollis</i> )	96
<b>Anexo 24:</b> Validación por juicio de expertos del Instrumento de recolección de datos	98

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) como tratamiento natural aplicado sobre lana de ovino adquirida en establecimientos comerciales de Juliaca, con el propósito de determinar su actividad antimicrobiana y su influencia en la resistencia a la tracción. La investigación responde a la problemática de contaminación microbiana en el acopio local de lana, que afecta su calidad y reduce su valor comercial. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño experimental factorial 3<sup>2</sup>, combinando tres concentraciones de aceite esencial 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % con tres tiempos de exposición 15, 30 y 60 minutos, con tres réplicas por tratamiento, sumando 27 unidades experimentales. La evaluación microbiológica se realizó por hisopado directo en placas de agar Mueller-Hinton, medio recomendado por el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI M02-A12), adaptado para trabajar con la microbiota propia de la lana sin uso de cepas patrón. La resistencia a la tracción se determinó con un dinamómetro textil conforme a la norma NTP ISO 2062:2015. Los datos fueron analizados mediante ANOVA factorial en SPSS, verificando supuestos de normalidad y homogeneidad. Los resultados evidenciaron una disminución significativa de la carga microbiana en los tratamientos con 1.0 % y 1.5 % de aceite esencial, alcanzando en algunos casos la inhibición total del crecimiento bacteriano. En la resistencia a la tracción, el factor concentración mostró efecto significativo  $p = 0.021$ , mientras que el tiempo de inmersión no influyó de manera estadísticamente significativa. Se concluye que el aceite esencial de muña constituye una alternativa natural y viable para mejorar la calidad higiénica de la lana de ovino y conservar sus propiedades físicas. Su aplicación es factible a pequeña escala artesanal, evidenciando potencial para procesos de acopio local en la cadena textil altoandina.

**Palabra clave:** Aceite esencial, antimicrobiano, *Minthostachys mollis*, microorganismos, lana de ovino, propiedades físicas.

## ABSTRACT

This study evaluated the effect of *Minthostachys mollis* essential oil as a natural treatment applied to ovine wool obtained from commercial establishments in Juliaca, with the aim of determining its antimicrobial activity and its influence on tensile strength. The research addresses the issue of microbial contamination in locally collected wool, which affects its quality and reduces its commercial value. A quantitative approach with a 3<sup>2</sup> factorial experimental design was applied, combining three essential oil concentrations (0.5 %, 1.0 %, and 1.5 %) and three exposure times (15, 30, and 60 minutes), with three replicates per treatment, for a total of 27 experimental units. Microbiological evaluation was carried out using direct swabbing on Mueller-Hinton agar plates, as recommended by the *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI M02-A12), adapted to work with the natural microbiota of wool without standard bacterial strains. Tensile strength was measured using a textile dynamometer in accordance with NTP ISO 2062:2015. Data were analyzed using factorial ANOVA in SPSS, verifying assumptions of normality and homogeneity. The results showed a significant decrease in microbial load at 1.0 % and 1.5 % concentrations, with complete inhibition observed in some treatments. For tensile strength, the concentration factor was statistically significant ( $p = 0.021$ ), while the immersion time showed no significant influence on either microbiological or mechanical parameters. It is concluded that *Minthostachys mollis* essential oil represents a natural and viable alternative to improve the hygienic quality of ovine wool while maintaining its physical properties. Its application is feasible on a small artisanal scale, showing potential for use in local wool collection processes within the Andean textile production chain.

**Keywords:** Essential oil, antimicrobial, *Minthostachys mollis*, microorganisms, sheep wool, physical properties.

## INTRODUCCIÓN

La lana de ovino representa un insumo textil de relevancia económica y cultural en la región altiplánica del Perú, particularmente en la ciudad de Juliaca, reconocida como un centro de comercialización entre ellas está la venta de lana de ovino. Sus propiedades térmicas, elasticidad, absorción y resistencia mecánica la convierten en un material valioso para la industria la convierten en un material valioso dentro de la producción artesanal y el sector textil regional. Sin embargo, las prácticas habituales de almacenamiento y transporte, como el uso de sacos reutilizados y ambientes sin ventilación, favorecen la proliferación microbiana, lo que deteriora sus propiedades y disminuye su valor comercial (Rojas et al., 2024).

La ausencia de protocolos higiénicos estandarizados en el manejo primario de la lana y las limitaciones para acceder a tratamientos industriales agravan esta problemática. Dichos procesos, además de costosos, suelen requerir infraestructura especializada y pueden generar impactos ambientales adversos (Gressier et al., 2019). Esto evidencia la necesidad de desarrollar alternativas accesibles, sostenibles y aplicables en contextos locales que permitan preservar la calidad de la lana sin comprometer sus propiedades físicas y mecánicas.

Entre las opciones naturales, los aceites esenciales han demostrado efectividad como agentes antimicrobianos, constituyendo una alternativa viable frente a los acabados sintéticos. El aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), planta nativa de los Andes, contiene compuestos activos como pulegona, mentona y carvacrol, con actividad comprobada frente a bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Velarde et al., 2024). Su aplicación en textiles ofrece la posibilidad de mejorar la calidad higiénica del material y al mismo tiempo, aportar un valor agregado a la cadena productiva textil en la ciudad de Juliaca.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del aceite esencial de muña aplicado directamente sobre la lana de ovino adquirida en un establecimiento comercial de Juliaca, analizando tanto su actividad antimicrobiana como su influencia en la resistencia a la tracción. Los resultados obtenidos buscan aportar evidencia científica para respaldar el uso de extractos vegetales como una estrategia sostenible en la conservación y valorización de la lana de ovino.

**Capítulo I:** Presenta el planteamiento del problema, los objetivos de investigación, la formulación de hipótesis y la definición de variables a nivel conceptual y operacional. Se contextualiza la problemática microbiológica vinculada al manejo de la lana de ovino en

Juliaca, resaltando la necesidad de alternativas accesibles que mejoren su calidad sin depender de procesos industriales.

**Capítulo II:** Contiene la revisión de la literatura científica actualizada y pertinente. Se incluyen estudios previos sobre tratamientos antimicrobianos en textiles, el uso de aceites esenciales, sus compuestos bioactivos y mecanismos de acción, así como las normas técnicas aplicadas en la evaluación microbiológica y mecánica.

**Capítulo III:** Describe la metodología experimental, detallando los materiales, equipos, diseño factorial 3<sup>2</sup>, técnicas de aplicación del tratamiento y procedimientos empleados para evaluar tanto la actividad antimicrobiana como la resistencia a la tracción. También se explican los métodos estadísticos aplicados.

**Capítulo IV:** Expone los resultados obtenidos, organizados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación. Incluye comparaciones estadísticas entre tratamientos y un análisis crítico de los hallazgos en relación con investigaciones previas, resaltando los efectos del aceite esencial de muña sobre la actividad antimicrobiana y la resistencia de la lana evaluada.

**Capítulo V:** Presenta las conclusiones obtenidas en relación con los objetivos de la investigación y plantea recomendaciones para la aplicación del aceite esencial de muña en la etapa de acopio y almacenamiento de la lana de ovino.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Problema de investigación

En la ciudad de Juliaca, reconocida como un centro estratégico de acopio y comercialización en el altiplano peruano, se concentra una amplia distribución de productos agropecuarios y textiles, entre ellos la lana de ovino (Choque y Mamani, 2020). Esta materia prima, de alto valor económico y cultural, destaca por su composición proteica rica en queratina, la cual le otorga propiedades favorables para la industria textil. No obstante, también presenta una marcada tendencia a retener humedad y partículas, condiciones que facilitan la adherencia y proliferación de microorganismos.

El comercio de lana en Juliaca se desarrolla principalmente bajo esquemas informales de almacenamiento y manipulación, caracterizados por el uso de sacos reutilizados, ambientes no acondicionados y prácticas carentes de medidas higiénicas adecuadas. Esta situación favorece la contaminación cruzada y la presencia de bacterias de importancia sanitaria como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, que deterioran la calidad higiénica del material y generan riesgos potenciales en la cadena textil (Shahmoradi et al., 2014).

Si bien en la industria se aplican tratamientos antimicrobianos convencionales, estos presentan limitaciones relacionadas con sus elevados costos, baja biodegradabilidad y posibles efectos tóxicos, además de contribuir a la resistencia bacteriana (Gressier et al., 2019). Frente a ello, se hace necesario impulsar alternativas naturales, seguras y accesibles que permitan disminuir la carga microbiana durante el acopio y comercialización de la lana, preservando al mismo tiempo sus propiedades físicas esenciales.

En este marco, el aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), especie aromática originaria de los Andes peruanos, ha demostrado propiedades antimicrobianas atribuibles a compuestos como pulegona, mentona y carvacrol (Rojas et al., 2024). Sin embargo, la mayoría de estudios existentes se han centrado en textiles de origen vegetal o en matrices alimentarias, sin considerar su aplicación directa sobre lana de ovino proveniente de

contextos comerciales locales, ni sus posibles efectos sobre parámetros mecánicos como la resistencia a la tracción.

En consecuencia, el problema de investigación radica en establecer si la aplicación del aceite esencial de muña es capaz de reducir la carga microbiana presente en la lana de ovino comercializada en Juliaca y de manera simultánea, conservar o potenciar su resistencia a la tracción, contribuyendo a elevar la calidad del material y su valor comercial dentro de la cadena textil.

#### **1.1.1. Pregunta general:**

- ¿El tratamiento con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), aplicado a la lana de ovino adquirida en un establecimiento comercial de Juliaca, tiene efecto en la reducción de la carga microbiana sin afectar negativamente su resistencia a la tracción?

#### **1.1.2. Preguntas específicas:**

- ¿Qué concentración del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) presenta mayor eficiencia de inhibición frente a las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* presentes en la lana de ovino?
- ¿Cómo influye el tiempo de exposición al tratamiento con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) sobre la resistencia a la tracción de la lana de ovino?

### **1.2. Objetivos de la investigación**

#### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) sobre la actividad antimicrobiana y la resistencia a la tracción de la lana de ovino adquirida en un establecimiento comercial de Juliaca.

#### **1.2.2. Objetivo específico**

- Determinar cuál de las concentraciones del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) presenta mayor eficiencia de inhibición microbiana en la lana de ovino.
- Determinar la influencia del tiempo de exposición del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) en la resistencia a la tracción de la lana de ovino.

### **1.3. Justificación**

La presente investigación se justifica en la necesidad de aportar evidencia científica sobre el uso de aceites esenciales como alternativas naturales a los acabados antimicrobianos sintéticos en textiles. Estudios internacionales han demostrado la eficacia de estos compuestos en la inhibición de microorganismos en tejidos como algodón y poliéster (Iordache et al., 2016), sin embargo, existe un vacío respecto a su aplicación en la lana de ovino, un material de gran importancia económica y cultural en la región altiplánica. En el ámbito nacional, se ha confirmado que el aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) posee una alta capacidad antibacteriana frente a bacterias como *Staphylococcus aureus*, lo que respalda su potencial de uso en aplicaciones textiles (Velarde et al., 2024). Finalmente, el contexto regional refuerza esta necesidad, dado que Juliaca constituye un centro estratégico de acopio y comercialización de lana de ovino, donde las condiciones de manipulación y almacenamiento favorecen la proliferación microbiana (Choque y Mamani, 2012.). En este sentido, el presente estudio no solo contribuye al conocimiento científico, sino que también ofrece una solución práctica y sostenible que busca mejorar la calidad sanitaria y el valor agregado de la lana de ovino comercializada en la región.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Iordache et al. (2016), en su artículo “*Antimicrobial activity of textiles treated with rosemary and orange essential oils against a selection of pathogenic fungi*”, en la que evaluaron textiles de algodón/poliésteres tratados con aceites esenciales de romero y naranja. Se aplicaron concentraciones del 1 %, 3 % y 5 % obtenidas por destilación por arrastre de vapor, y se caracterizaron los compuestos por GC-MS. La actividad antimicrobiana se midió frente a *Candida albicans*, *Aspergillus niger* y *Trichoderma viride*, siguiendo la norma ISO 20743:2007. Los resultados mostraron inhibición completa de *C. albicans* y una reducción del 92,48 % de *E. floccosum* con aceite de naranja al 5 %, confirmando su eficacia como alternativa natural a los acabados antimicrobianos sintéticos.

Tanasa et al. (2023), en su artículo “*Biofunctionalization of cotton and polyester textiles with essential oils: evaluation of antibacterial activity and wash durability*”, investigaron la aplicación de aceites esenciales en tejidos de algodón y poliéster para conferirles propiedades antibacterianas y resistencia al lavado. Se emplearon aceites de clavo, árbol de té, limón, eucalipto y lavanda mediante impregnación térmica. La eficacia frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* se evaluó según la norma ISO 20743:2013. Los resultados mostraron mayor efectividad en algodón y diferencias según el aceite usado. Además, el aceite de árbol de té y el de clavo conservaron más del 80 % de su actividad tras cinco lavados, evidenciando su utilidad como agentes funcionales duraderos y ecológicos en textiles.

Gressier et al. (2019), en su artículo “*Antibacterial polyester fabrics via diffusion process using active bio-based agents from essential oils*”, analizaron la funcionalización de tejidos de poliéster con compuestos bioactivos como timol, geraniol y cinamaldehído, aplicados mediante difusión térmica a 130 °C. La actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* se evaluó con las normas ISO 20645:2004 e ISO 20743:2003. Los resultados evidenciaron reducción bacteriana

significativa y conservación de la eficacia tras varios lavados, demostrando el potencial ecológico de los agentes naturales frente a acabados sintéticos.

Shahmoradi et al. (2014), en su artículo “*Assessment of antibacterial activity of wool fabrics dyed with natural dyes*”, evaluaron la bioactividad antimicrobiana de tejidos de lana teñidos con colorantes naturales como cúrcuma, henna y té verde. Se aplicó la norma AATCC 100-1993 frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Las muestras mordentadas con sulfato de aluminio mostraron mayor fijación de color y retención de bioactividad tras lavados, evidenciando que los tintes naturales pueden conferir propiedades antimicrobianas estables y sostenibles a la lana.

Soroh et al. (2021), en su investigación “*Microemulsificación de aceites esenciales para el desarrollo de recubrimientos funcionales antimicrobianos y repelentes de mosquitos para textiles*”, diseñaron recubrimientos textiles ecológicos a base de aceites de *Litsea cubeba* y limón. Estos fueron aplicados en algodón y poliéster mediante la técnica *soak-pad-dry* y evaluados frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Trichophyton rubrum*. Los resultados mostraron una reducción bacteriana de hasta 7–8 log<sub>10</sub> en 24 horas y una repelencia del 71,43 % contra *Aedes aegypti*. Se concluyó que la microemulsificación aumenta la estabilidad y eficacia antimicrobiana de los aceites esenciales en aplicaciones textiles.

Gao y Cranston (2008), en su artículo *Recent advances in antimicrobial treatments of textiles* una revisión sobre los progresos en métodos antimicrobianos aplicados a los textiles. Analizaron agentes sintéticos y naturales, así como métodos de aplicación como el acabado superficial y la incorporación de nanopartículas. Resaltaron que la efectividad depende de la durabilidad del acabado, la resistencia a los lavados y la compatibilidad con las propiedades del textil. El estudio concluyó que los extractos vegetales y las nanopartículas metálicas ofrecen resultados prometedores, pero requieren optimización para lograr un equilibrio entre funcionalidad, sostenibilidad y costo.

Nayak y Padhye (2015), en su capítulo del libro *Antimicrobial finishes* una revisión sistemática de los agentes antimicrobianos utilizados en la industria textil. Describieron tanto compuestos químicos convencionales (como sales de metales pesados y compuestos halogenados) como alternativas naturales derivadas de aceites esenciales y biopolímeros. Señalaron que los aceites esenciales, aunque efectivos, presentan retos de fijación en fibras como lana y algodón. El trabajo enfatizó la importancia de lograr acabados duraderos y ambientalmente responsables, especialmente en aplicaciones de ropa médica y de protección.

Gupta et al. (2004), en su artículo *Antimicrobial properties of natural dyes against gram-negative bacteria* un estudio experimental sobre las propiedades antimicrobianas de colorantes naturales aplicados a textiles. Evaluaron específicamente su acción contra bacterias Gram negativas, evidenciando que algunos extractos vegetales no solo tiñen, sino que también inhiben el crecimiento microbiano. Los resultados mostraron que el uso de colorantes con propiedades bioactivas podría reemplazar en parte a los agentes sintéticos. Este hallazgo plantea una alternativa sostenible para desarrollar textiles multifuncionales con protección antimicrobiana y valor estético.

Joshi et al. (2009), en su artículo *Ecofriendly antimicrobial finishing of cotton textiles using chitosan–silver nanoparticles* una investigación experimental que combinó biopolímeros con nanotecnología. Aplicaron una mezcla de quitosano y nanopartículas de plata sobre algodón, logrando una acción antimicrobiana potente y duradera. La investigación demostró que esta combinación ofrece un método sostenible, con menos impacto ambiental que los agentes tradicionales. Concluyeron que integrar polímeros naturales y nanomateriales podría constituir una estrategia innovadora para textiles con aplicaciones médicas y de higiene.

Han y Yang (2005), en su artículo *Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin* un estudio experimental sobre la aplicación de curcumina en lana de ovino. El trabajo mostró que este compuesto natural, extraído de la cúrcuma, confiere al textil propiedades antimicrobianas contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Se observó que la lana tratada mantenía un buen nivel de actividad después de varios lavados. Los autores concluyeron que la curcumina es una opción viable para lograr acabados antimicrobianos en fibras de origen animal, combinando funcionalidad con sostenibilidad.

Radhika (2019), en su investigación de tesis *Estudio de revisión sobre acabados antimicrobianos en textiles: extractos de plantas y su aplicación* un análisis exhaustivo de estudios relacionados con el uso de extractos vegetales en el acabado textil. Identificó diversas plantas con propiedades antimicrobianas, destacando el uso de aceites esenciales, flavonoides y alcaloides. La investigación resaltó que los extractos vegetales presentan ventajas ambientales frente a los agentes sintéticos, pero requieren mejorar su durabilidad en los tejidos. Este estudio constituye un antecedente directo para investigaciones sobre lana tratada con aceites esenciales

Rojas et al. (2024), en su artículo “*Aceite esencial de hojas de Minthostachys mollis del Ecuador: extracción, composición química, capacidad antioxidante y actividad*

*antimicrobiana*”, optimizaron la extracción del aceite mediante destilación por arrastre de vapor variando tiempo y proporción vegetal-agua. Obtuvieron un rendimiento máximo de 0,67 % a 150 minutos (1:5), y caracterizaron compuestos como acetato de carvacrilo (44,01 %), carvacrol (16,51 %) y mentona (8,20 %). Las pruebas FRAP y ABTS evidenciaron capacidad antioxidante destacada, mientras que los ensayos antimicrobianos confirmaron inhibición frente a *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella enterica*.

Muñoz (2020), en su artículo “*Acabados antimicrobianos en textiles. Alternativas sostenibles para el sector textil*”, presentada en el Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño, revisó alternativas naturales aplicadas a fibras textiles. Se analizaron extractos vegetales y nanopartículas metálicas, con énfasis en algodón y poliéster. Se encontró que compuestos como aceite esencial de orégano y plata (Ag) reducen significativamente la proliferación microbiana sin alterar las propiedades del material. Además, se resaltaron tecnologías como foulardado y agotamiento, concluyendo que estos acabados antimicrobianos naturales son eficaces, seguros y ambientalmente responsables.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Velarde et al. (2024), en su investigación de tesis “*Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de muña frente a Staphylococcus aureus en aplicaciones textiles*”, analizaron la efectividad del aceite esencial de muña puro, disuelto en DMSO, aplicado en discos de papel filtro. Usando el método de difusión en agar, las muestras se incubaron a 37 °C durante 24 horas, registrándose halos de inhibición de hasta 27 mm frente a *Staphylococcus aureus*. Los resultados confirmaron una elevada actividad antibacteriana, destacando que la elección del disolvente favoreció la difusión del aceite. El estudio concluyó que el aceite de muña es una alternativa viable para aplicaciones textiles, con potencial de uso en productos con valor agregado y menor impacto ambiental.

Quispe (2015), en su investigación de tesis “*Caracterización físico-química del aceite esencial de la muña (Menthostachys setosa) y su estudio antibacteriano*”, evaluó las propiedades fisicoquímicas del aceite extraído por arrastre de vapor en Yauyos, Lima, y su acción frente a microorganismos patógenos. Se realizaron análisis como índice de refracción, densidad y solubilidad en etanol, además de pruebas microbiológicas contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus mutans*. Los resultados

mostraron inhibición significativa del crecimiento bacteriano, atribuida a la presencia de fenoles. El estudio concluyó que el aceite esencial de muña posee propiedades antimicrobianas destacadas y puede emplearse en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica como agente natural.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Choque y Mamani (2012), en su artículo socioeconómico “*Juliaca, ciudad abierta. Un eje articulador sureño*” realizaron una caracterización socioeconómica de Juliaca como nodo comercial del sur andino, resaltando su rol estratégico en la cadena textil ganadera. Señalan que la estructura productiva local integra actividades pecuarias con énfasis en alpacas, llamas y ovinos cuyos productos se orientan principalmente al mercado y no al autoconsumo. Describen que la colocación de estos productos se realiza mediante sistemas de intermediación y ferias locales, lo que articula la economía regional y explica el dinamismo comercial de la ciudad. El análisis respalda el uso de Juliaca como punto de acopio y comercialización de productos pecuarios vinculados a la cadena textil, contexto directamente pertinente para estudiar mejoras higiénico microbiológicas de la lana de ovino mediante agentes naturales.

Villanueva (2023), en su investigación de tesis “*Evaluación de la producción y los precios de la lana de ovino y fibra de alpaca en el Perú*”, cuyo propósito fue analizar la influencia de variables económicas en la producción textil-ganadera. Se aplicó un enfoque econométrico con series de datos entre 1990 y 2019. Los resultados indicaron que la producción de lana ovina decreció a una tasa de -0,84 % anual, mientras que la fibra de alpaca creció en 1,14 %, evidenciando diferencias estructurales en el sector. Se concluyó que las políticas públicas deben enfocarse en mejorar la productividad y fortalecer el valor comercial de la lana ovina, a fin de dinamizar la cadena textil-ganadera nacional.

Laura (2019), en su investigación de tesis, evaluó la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de eucalipto y muña (*Minthostachys mollis*) contra *Staphylococcus aureus* y coliformes fecales, mediante un diseño de bloques completamente al azar. Se aplicaron concentraciones del aceite de muña de 25%, 50% y 75% utilizando el método de difusión en agar, y se midió la formación de halos de inhibición. Los resultados mostraron que a concentraciones más altas se incrementó significativamente el efecto antimicrobiano, alcanzando halos de hasta 14 mm en *Staphylococcus aureus*. Se concluyó que el aceite esencial de muña posee una alta efectividad contra bacterias comunes en

condiciones controladas y puede ser una alternativa natural a los antibacterianos sintéticos

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Descripción de muña (*Minthostachys Mollis*)

#### A. Clasificación taxonómica:

<b>Dominio</b>	: Eukarya
<b>Reino</b>	: Plantae
<b>Familia</b>	: Lamiaceae
<b>División</b>	: Magnoliophyta
<b>Clase</b>	: Magnoliopsida
<b>Género</b>	: <i>Minthostachys</i>
<b>Especie</b>	: <i>Minthostachys mollis</i>
<b>Nombre vulgar</b>	: Muña (Torrenegra et al., 2016)

**B. Sinonimia popular:** Esta planta, conocida en lengua quechua como "muña" y en aymara con los nombres "Coa" y "Huaycha", también es llamada "poleo silvestre" por los españoles debido a su similitud con el poleo y el orégano. Otros nombres comunes incluyen: "Muña negra", "Hupaimuña", "Muña-muña", "Arach muña", "Kon", "Orcco-muña", "Polco silvestre", "Coz", "Huayco", "Chancua", "Chancua blanca", "Chancas", "Tinto", "Ayamanchana", "Poleo" o "Ismuña", "Poleo blanco", "Tipo blanco", "Tifu" y "Yurac tipo". Estas denominaciones son ampliamente utilizadas en Sudamérica. Además, los nombres varían según el país: en Perú (muña, muña muña, arash muña) (Quispe, 2018).

**C. Descripción botánica:** La muña (*Minthostachys mollis*) es una planta aromática nativa de los Andes, reconocida por su riqueza en aceites esenciales como carvacrol y timol. Su distribución abarca países como Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, donde se emplea tradicionalmente por sus propiedades medicinales y antimicrobianas. Esta planta presenta un aroma característico debido a su contenido en aceites esenciales. Se encuentra principalmente en zonas de altitud, y sus hojas son tradicionalmente empleadas en infusiones por sus propiedades medicinales. El estudio realizado por Torrenegra et al. (2016), describe que la especie se caracteriza por su contenido predominante de

carvacrol, timol y otros mono terpenos fenólicos responsables de su actividad antimicrobiana.

- D. Distribución geográfica:** La muña (*Minthostachys mollis*), conocida comúnmente como muña, es una planta arbustiva leñosa perteneciente al género *Minthostachys*, ampliamente reconocida por sus propiedades medicinales y su contenido en aceites esenciales. Esta especie presenta una distribución geográfica característica de los Andes, siendo nativa de países sudamericanos como Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Su desarrollo está estrechamente ligado a las condiciones geobotánicas de estas regiones, como altitud, clima y tipo de suelo, factores que influyen directamente en la composición de sus metabolitos secundarios, entre ellos los aceites esenciales (Torrenegra et al., 2016). En Colombia, por ejemplo, se ha cultivado con éxito en el departamento de Norte de Santander, donde las condiciones ecológicas permiten la producción de compuestos bioactivos de interés farmacológico.
- E. Composición química de la muña (*Minthostachys mollis*):** La muña destaca por su riqueza en compuestos bioactivos, principalmente aceites esenciales que incluyen la pulegona, mentona y limoneno, los cuales aportan propiedades antimicrobianas y analgésicas. Además, contiene flavonoides y taninos, que son reconocidos por su actividad antioxidante y su capacidad para neutralizar radicales libres. En términos nutricionales, esta planta es una fuente significativa de calcio, con una concentración aproximada de 2,237 mg por cada 100 gramos de su parte comestible, superando a muchas otras plantas de uso común. También se han identificado trazas de compuestos fenólicos, que contribuyen a sus beneficios medicinales. Estos atributos químicos han sido estudiados ampliamente, destacando su potencial tanto en la medicina tradicional como en la industria farmacéutica (Reyes, 2017).
- F. Uso y aplicaciones de la muña (*Minthostachys mollis*):** La muña ha sido empleada en la medicina popular para el tratamiento de afecciones gastrointestinales, como los cólicos estomacales, así como en el alivio de síntomas respiratorios relacionados con trastornos gripales. Su relevancia ha aumentado en el contexto científico debido a la composición de su aceite esencial, el cual contiene monoterpenos oxigenados como el carvacrol y el timol, compuestos reconocidos por su actividad antimicrobiana, antifúngica y antioxidante. Estudios recientes han confirmado su eficacia contra bacterias

como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Escherichia coli*, mostrando un porcentaje de inhibición bacteriana superior al 90% y valores de concentración mínima inhibitoria dentro del rango considerado promisorio. Estas propiedades sitúan a la muña como un recurso vegetal de alto potencial para el desarrollo de fitofármacos y productos naturales con aplicaciones en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica (Torrenegra et al., 2016).

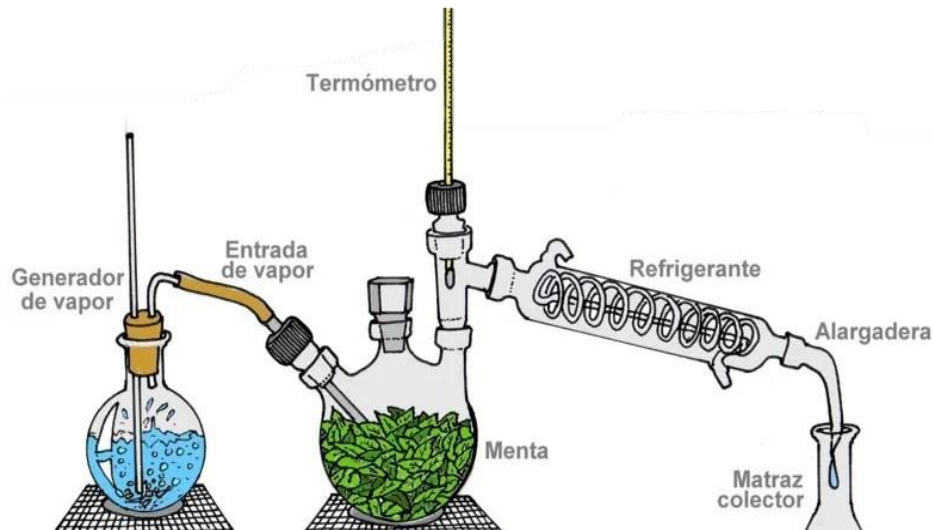
### 2.2.2. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos volátiles que se obtienen a partir de distintas partes de las plantas, como hojas, flores, tallos y cortezas, mediante métodos como la destilación por arrastre de vapor o procedimientos mecánicos. De acuerdo con la norma ISO 9235:2021, estos productos se caracterizan por conservar la composición natural de los componentes aromáticos de las plantas, sin sufrir alteraciones químicas durante su extracción (ISO 9235, 2021).

### 2.2.3. Métodos de extracción de aceite

- A. Prensado en frío:** Es una técnica tradicional que no utiliza solventes ni calor, lo que permite preservar compuestos fenólicos y aromáticos sensibles a la degradación térmica. Sin embargo, presenta bajos rendimientos en comparación con otros métodos, lo que limita su aplicación a nivel industrial. Este proceso se utiliza principalmente en la obtención de aceites esenciales y vegetales destinados a aplicaciones alimentarias y cosméticas, dado que mantiene la calidad sensorial y el valor nutricional de los extractos (Çakaloğlu et al., 2018).
- B. Extracción con solvente:** El método de extracción con solventes permite recuperar casi la totalidad del aceite del material vegetal, dejando únicamente entre el 0,5 % y 0,7 % de aceite residual, frente al 6 % - 14 % que queda tras prensado mecánico. Es particularmente útil para materias primas de bajo contenido oleoso o tortas resultantes del prensado previo. El proceso industrial incluye secuencias como la carga del material, contacto en lecho móvil, lavado en contracorriente con solvente, y etapas de desolventización, destilación y envasado del producto final. Aunque su rendimiento es elevado, el uso de solventes como hexano implica consideraciones de seguridad debido a su alta inflamabilidad (KMC, 2025).

- C. Método basado en fluido supercríticos:** Particularmente con dióxido de carbono, han demostrado ser más eficientes en la obtención de aceites esenciales con elevada pureza. Esta técnica ofrece la ventaja de operar a temperaturas moderadas, reduciendo la degradación de compuestos bioactivos, y permite una extracción selectiva según las condiciones de presión y temperatura empleadas. Asimismo, la extracción asistida por ultrasonido se ha posicionado como una alternativa de bajo consumo energético, ya que la cavitación acústica facilita la ruptura celular y acelera la transferencia de masa, optimizando los tiempos de proceso (Zhang et al., 2018).
- D. Extracción con microondas y ultrasonidos:** Se basa en la interacción del campo electromagnético con moléculas polares, generando un calentamiento uniforme que reduce significativamente el tiempo y el volumen de solvente requeridos. Este método resulta más eficiente y sostenible en comparación con técnicas convencionales, ya que permite obtener extractos ricos en compuestos bioactivos con menor impacto ambiental. Estudios recientes destacan su aplicabilidad en la obtención de aceites esenciales y metabolitos secundarios de interés farmacéutico y alimentario, posicionándola como una técnica innovadora con gran potencial de escalamiento industrial (López, 2023).
- E. Destilación por arrastre de vapor:** Para esta investigación se usó este método por ser la destilación por arrastre de vapor es una técnica frecuentemente empleada para la extracción de aceites esenciales de diversas materias primas, tales como rizomas, raíces, semillas y hojas que han sido secadas o fermentadas previamente. Este método destaca por ser accesible económicamente, sencillo en su implementación y apto para procesar grandes cantidades de material vegetal. El principio fundamental radica en la separación de los componentes volátiles, como los aceites esenciales, del resto de la mezcla mediante la aplicación de vapor de agua. Este vapor, denominado "vapor de arrastre", no actúa propiamente arrastrando los compuestos volátiles, sino que se condensa en la mezcla, transfiriendo su calor latente. Este proceso permite la vaporización de los componentes deseados, que luego pueden ser separados al formar una fase inmiscible en el sistema (Sevillano et al., 2019).



**Figura 1:** Destilación de arrastre de vapor

**Fuente:** (Tradicionsilvestre, 2018)

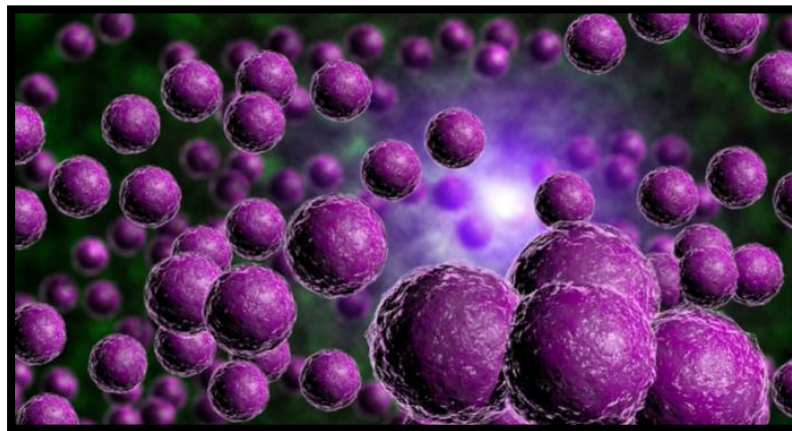
#### 2.2.4. Tipos de Agar

- A. Agar sangre:** El agar sangre es un medio de cultivo enriquecido empleado para el aislamiento de microorganismos exigentes y para evaluar su capacidad hemolítica. Generalmente se suplementa con sangre desfibrinada de carnero, conejo o caballo al 5 %, lo que permite diferenciar patrones de hemólisis: alfa, beta, gamma y alfa prima. Su formulación incluye infusión de corazón, peptona de caseína, extracto de levadura y cloruro de sodio, proporcionando nutrientes esenciales para bacterias fastidiosas como *Streptococcus pneumoniae* y *Streptococcus pyogenes*. Este medio es fundamental en microbiología clínica y se utiliza bajo condiciones aerobias o con CO<sub>2</sub> (MCD LAB, 2022).
- B. Agar nutritivo:** El agar nutritivo es un medio de cultivo básico diseñado para el crecimiento de bacterias con escasas exigencias nutricionales. Se utiliza ampliamente para aislar microorganismos de agua potable, industrial, residual y alimentos, además de conservar cepas y realizar pruebas de sensibilidad antimicrobiana. Su composición incluye peptona de gelatina y extracto de carne como fuentes de nitrógeno y vitaminas, mientras que el agar actúa como agente solidificante. Es adecuado para bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis*, ofreciendo un crecimiento uniforme y confiable (MCD LAB, 2022).

**C. Agar Mueller-Hinton:** El Agar Mueller-Hinton es un medio de cultivo ampliamente utilizado en microbiología para evaluar la susceptibilidad de los microorganismos a diferentes agentes antimicrobianos. Su formulación permite el crecimiento óptimo de bacterias aeróbicas de rápido desarrollo, lo que lo convierte en el estándar para ensayos de antibiograma mediante el método de difusión en disco. Este medio se caracteriza por su bajo contenido en timina y timidina, lo que evita la inhibición de ciertos antibióticos como las sulfonamidas y el trimetoprim. Además, su composición, que incluye infusión de carne y peptona de caseína, proporciona los nutrientes esenciales para el crecimiento bacteriano. Gracias a su estabilidad y reproducibilidad, el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) recomienda su uso en pruebas de susceptibilidad antimicrobiana, garantizando resultados confiables y comparables en estudios clínicos y de laboratorio (MCD LAB, 2022).

#### 2.2.5. Descripción de las bacterias

**A. Staphylococcus aureus:** La *Staphylococcus aureus* es una bacteria Gram positiva con alta capacidad de colonización y resistencia, lo que le permite proliferar en diversas superficies, incluidas las fibras textiles. Su presencia en estos materiales representa un desafío, ya que puede adherirse y formar biopelículas, estructuras que protegen a la bacteria y dificultan su eliminación. Además, produce toxinas y enzimas que le permiten invadir tejidos y evadir el sistema inmunológico, lo que la convierte en un patógeno de gran relevancia. Su resistencia a antibióticos, como la meticilina, ha dificultado su control con tratamientos convencionales (Pasachova et al., 2019).

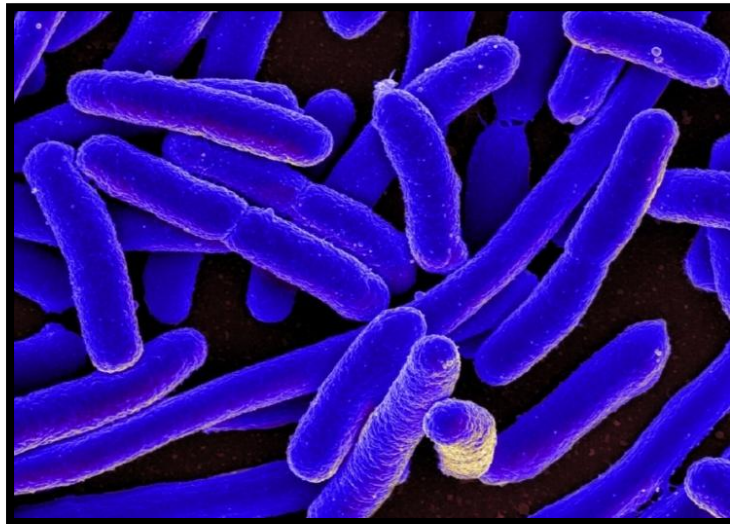


**Figura 2:** Bacteria *Staphylococcus aureus*

**Fuente:** Medicina y salud pública (2019)

## B. *Escherichia coli*

La *Escherichia coli* es una bacteria común en el tracto intestinal humano y animal, pero ciertas cepas, conocidas como patógenas extraintestinales (ExPEC), poseen características que les permiten causar infecciones en otros órganos, como el tracto urinario, el sistema nervioso central y el torrente sanguíneo. Dentro de este grupo se encuentran los patotipos UPEC, NMEC, SEPEC y APEC, todos con una amplia variedad de factores de virulencia, incluyendo adhesinas, toxinas, sistemas de adquisición de hierro, cápsulas y proteínas de membrana externa. Estos elementos están codificados en islas de patogenicidad, plásmidos y otros elementos genéticos móviles, lo que favorece su transferencia entre cepas. La presencia de ExPEC en alimentos contaminados, especialmente carnes y productos avícolas, ha generado preocupación por su potencial zoonótico, ya que comparten genes con cepas humanas. Además, su resistencia antimicrobiana, atribuida en parte a plásmidos con genes de resistencia, representa un desafío para la salud pública. La transmisión de ExPEC es compleja y no siempre inmediata, ya que estas bacterias pueden colonizar de forma asintomática antes de causar enfermedad. Por ello, se requieren estudios moleculares más profundos para comprender su origen, mecanismos de infección y rutas de diseminación (Sarowska et al., 2019).



**Figura 3:** Bacteria *Escherichia coli*

**Fuente:** (Sarowska et al., 2019)

### **2.2.6. Aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*)**

La muña es una planta originaria de los Andes, conocida por su uso tradicional en la medicina popular de las regiones altoandinas. El aceite esencial de muña es rico en compuestos volátiles como el mentol y el limoneno, que se han destacado por su fuerte capacidad antimicrobiana. Estos compuestos actúan de manera efectiva contra bacterias y hongos, lo cual ha sido demostrado en estudios recientes, posicionando al aceite de muña como un agente antimicrobiano natural prometedor para diversas aplicaciones industriales, incluyendo la textil; además, el uso del aceite esencial de muña en textiles podría tener un impacto significativo en la industria local al reducir la dependencia de productos químicos, contribuyendo así a una producción más sostenible (Aquiye, 2015).

### **2.2.7. Propiedades antimicrobianas del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*)**

El aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) ha sido ampliamente investigado por su potencial biológico, en especial por su destacada actividad antimicrobiana. Su obtención mediante destilación por arrastre de vapor permite aislar compuestos activos como el acetato de carvacrilo, carvacrol y mentona, los cuales han demostrado ser eficaces contra una amplia gama de bacterias. Velarde et al. (2024) observaron que el aceite esencial de muña al 100% logró halos de inhibición de hasta 27 mm frente a cepas de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, superando incluso a antibióticos convencionales como la doxiciclina. Estos resultados confirman la eficacia del aceite de muña como un agente antimicrobiano natural viable para su aplicación en materiales textiles.

Estudios recientes han confirmado su efectividad frente a diversas cepas, entre ellas *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* y *Pseudomonas aeruginosa*, lo que respalda su uso potencial en el tratamiento de materiales como textiles y productos biomédicos. Además, se ha observado que su actividad antimicrobiana aumenta proporcionalmente con la concentración, siendo más significativa a partir del 3% de contenido del aceite esencial. No obstante, su eficacia puede verse influenciada por factores como la altitud de cultivo, la época del año y el método de extracción, lo que implica la necesidad de estandarización en su aplicación (Rojas et al., 2024).

### **2.2.8. Actividad antimicrobiana en textiles**

Los materiales textiles, por su uso continuo en contacto con la piel, la retención de humedad y la acumulación de residuos orgánicos, constituyen un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos. Esta proliferación microbiana no solo compromete la durabilidad del material y genera malos olores, sino que también puede representar un riesgo para la salud humana. Ante esta problemática, la incorporación de agentes antimicrobianos en fibras textiles ha sido ampliamente investigada como una estrategia eficaz para prevenir o reducir el desarrollo bacteriano (Popiolski et al., 2021).

Entre las alternativas emergentes, destaca el uso de nanopartículas combinadas con aceites esenciales, que han demostrado una notable eficacia frente a microorganismos patógenos. Investigaciones recientes reportan que los copolímeros de poli con mezclas de aceites esenciales pueden inhibir significativamente el crecimiento de *Staphylococcus aureus*. Asimismo, se ha observado que la disposición estructural de las fibras textiles influye directamente en la eficacia del tratamiento: los tejidos con fibras orientadas aleatoriamente permiten una mayor liberación del agente activo, lo que mejora su desempeño antimicrobiano.

Para la evaluación de la actividad antimicrobiana de textiles tratados con aceite esencial de muña, se aplicaron métodos basados en cultivos bacterianos en medios sólidos. En particular, se utilizó el ensayo de susceptibilidad en agar, conforme a la norma CLSI M02-A12 del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2024), la cual valida el uso del agar Mueller-Hinton como medio estándar para pruebas de sensibilidad antimicrobiana (Patel et al., 2015). Esta metodología garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos en la presente investigación.

### **2.2.9. Aplicación de aceites esenciales en textiles**

La incorporación de aceites esenciales en productos textiles se ha convertido en una estrategia innovadora dentro del campo del acabado funcional, con el propósito de dotar a las fibras de propiedades antimicrobianas, desodorizantes o repelentes. Según Soroh et al. (2021), la formulación de micro emulsiones estables permite mejorar la adhesión y distribución de los aceites esenciales sobre la superficie de los tejidos, logrando una acción prolongada y resistente al lavado. Este enfoque se basa en la capacidad de ciertos aceites como la citronela, el eucalipto o la lavanda para interferir con las estructuras celulares microbianas, generando efectos inhibitorios

sobre bacterias y hongos. Asimismo, los autores destacan que el uso de estas sustancias naturales no solo es eficaz, sino que representa una alternativa sostenible y menos tóxica frente a los agentes antimicrobianos sintéticos comúnmente empleados en la industria textil.

Tanasa et al. (2023), analizaron los avances en textiles antimicrobianos altamente especializados, resaltando la eficacia de aceites esenciales en combinación con técnicas modernas como microencapsulación, plasma o sol-gel, lo que permite una liberación controlada del agente activo sin afectar las propiedades físicas del textil.

Muñoz (2020) también sostiene que estos compuestos naturales son compatibles con todo tipo de tejido en general, y pueden aplicarse mediante métodos como inmersión o microencapsulación sin comprometer su estructura o estética. De igual forma, Iordache et al. (2016) comprobaron que aceites esenciales de romero y naranja, aplicados sobre textiles mixtos, mostraron una reducción significativa del crecimiento de hongos patógenos como *Candida albicans* y *Trichoderma viride*, incluso utilizando metodologías validadas como la norma ISO 20743.

#### **2.2.10. Lana de ovino**

La lana de ovino es una fibra natural de origen animal compuesta principalmente por queratina, proteína que le otorga resistencia, elasticidad y capacidad de recuperación. Esta fibra presenta alta higroscopicidad, lo que le permite absorber hasta un 30 % de su peso en agua sin perder su capacidad aislante, siendo eficiente en la regulación térmica. Además, posee propiedades ignífugas, biodegradables y renovables, lo que la hace relevante tanto en el ámbito textil como en aplicaciones no convencionales. Sus características estructurales influyen en propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y la tenacidad, factores críticos en su procesamiento y en el rendimiento de productos finales. Estas cualidades la posicionan como un recurso estratégico en el sector textil y en industrias interesadas en materiales sostenibles (Rosas, 2016).

#### **2.2.11. Composición química y estructura de la lana de ovino**

La lana de ovino está compuesta principalmente por queratina, una proteína estructural rica en azufre que constituye aproximadamente entre el 50 % y 60 % de su composición total. Además, contiene hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y carbono, elementos que otorgan resistencia mecánica, elasticidad y propiedades higroscópicas. Cada fibra presenta una estructura tridimensional con cutículas escamosas que

rodean un núcleo medular, lo que le confiere una excelente capacidad para absorber humedad y regular la temperatura. Esta estructura también influye en la interacción con agentes externos, como compuestos antimicrobianos, ya que la superficie escamosa facilita la adhesión o penetración de ciertos activos. El diámetro de la fibra varía entre 12 y 120 micras, dependiendo de la raza ovina y la frecuencia de esquila, lo cual impacta en su comportamiento físico. Estas propiedades hacen de la lana un material versátil no solo en la industria textil, sino también en aplicaciones técnicas como el aislamiento térmico o los tratamientos funcionales con compuestos naturales (Rosas, 2016).

#### **2.2.12. Lana de ovino y la susceptibilidad al crecimiento microbiano**

La lana de ovino es un material natural ampliamente valorada por sus propiedades térmicas, durabilidad y capacidad de absorción de humedad. Sin embargo, esta última característica también la hace susceptible al crecimiento de microorganismos cuando está expuesta a condiciones de alta humedad, lo que puede deteriorar su estructura física y acortar su vida útil (Perez, 2015).

Según Rosas (2016), la lana de ovino, compuesta principalmente de queratina, presenta una alta susceptibilidad al crecimiento microbiano debido a su estructura porosa y su capacidad para absorber humedad. Estas características crean un entorno favorable para la proliferación de microorganismos, que pueden causar degradación, manchas y olores desagradables en los textiles de lana. Además, la presencia de materia orgánica, como el sudor y la suciedad, puede intensificar esta susceptibilidad. Para mitigar estos efectos, es vital implementar tratamientos antimicrobianos, como el uso de tintes naturales, que no solo protegen la lana, sino que también mantienen sus propiedades deseables.

#### **2.2.13. Tratamientos tecnológicos en la lana de ovino**

Antes de ser utilizada para fines industriales o experimentales, la lana de ovino debe pasar por varios tratamientos que aseguran su limpieza, durabilidad y funcionalidad. El proceso comienza con la esquila, seguido por la clasificación y el lavado con agua y detergentes biodegradables para eliminar impurezas. Posteriormente, se somete a cardado, que desenreda las fibras mediante rodillos metálicos para formar una lámina homogénea. En algunos casos, se aplica un tratamiento higiénico con biocidas como bórax o permetrina para prevenir el desarrollo de hongos, insectos y bacterias. También se realiza la termo fijación, un

proceso que estabiliza la forma final del material mediante calor, lo que mejora su resistencia y aspecto. Estos tratamientos no solo preparan la fibra para usos constructivos, sino que también resultan fundamentales si se va a aplicar un agente funcional, como un aceite esencial, ya que la limpieza y homogeneidad de la lana influyen directamente en la eficacia del tratamiento (Rosas, 2016).

#### **2.2.14. Efecto de los tratamientos antimicrobianos sobre la lana de ovino**

El uso de agentes antimicrobianos en fibras textiles naturales, como la lana de ovino, busca no solo inhibir el crecimiento microbiano, sino también preservar las propiedades físicas y mecánicas de la lana de ovino. Según Soroh et al. (2021), tratamientos con sustancias naturales, como los aceites esenciales, han mostrado una protección eficaz contra bacterias y hongos, al tiempo que mantienen características fundamentales de la lana, como la elasticidad, la resistencia y la textura. Este tipo de soluciones representa una alternativa prometedora frente a los compuestos sintéticos, al ofrecer eficacia sin comprometer la integridad del material tratado.

#### **2.2.15. Normativas internacionales para la evaluación de la actividad antimicrobiana en textiles**

Para validar la efectividad de tratamientos antimicrobianos aplicados a textiles, existen normas internacionales que establecen procedimientos estandarizados. La norma ISO 20743 especifica métodos para evaluar la actividad antibacteriana en productos textiles mediante el análisis del crecimiento microbiano bajo condiciones controladas. Por su parte, la AATCC 100 es una prueba reconocida en la industria textil que cuantifica la reducción de bacterias tras la exposición al textil tratado. Ambas normativas permiten comparar diferentes formulaciones antimicrobianas y verificar su rendimiento en aplicaciones prácticas (ISO 20743, 2021; AATCC, 2019).

**A. Norma ISO 20645:2005:** La norma ISO 20645:2005 establece el método de difusión en agar para determinar la actividad antibacteriana en textiles. El procedimiento consiste en colocar la muestra textil sobre un medio de cultivo inoculado con bacterias de prueba, observando la formación de zonas de inhibición alrededor del material. Este método es cualitativo y permite identificar si un textil tratado presenta efecto antibacteriano, siendo ampliamente empleado en la evaluación de acabados funcionales (ISO, 2005).

**B. Norma ISO 13629-2:2014:** La norma ISO 13629-2:2014 describe un método cuantitativo basado en el recuento de colonias bacterianas para evaluar la eficacia

antimicrobiana de productos textiles. El procedimiento implica incubar las muestras en contacto con bacterias específicas y realizar un conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) tras un periodo definido. Este enfoque permite calcular reducciones bacterianas con mayor precisión que los métodos cualitativos, siendo útil en investigaciones que buscan cuantificar el efecto antimicrobiano (ISO, 2014).

- C. Norma ISO 20743:2021:** La norma ISO 20743:2021 regula la determinación de la actividad antibacteriana de los textiles mediante el método de absorción. Este procedimiento evalúa la reducción de bacterias en condiciones controladas, al inocular la muestra textil con suspensiones bacterianas y cuantificar la viabilidad microbiana tras un tiempo de contacto. Se trata de una norma actualizada y de referencia internacional, que garantiza la reproducibilidad y la comparabilidad en estudios de acabados antimicrobianos en textiles (ISO, 2021).

#### **2.2.16. Importancia socioeconómica de la lana de ovino en la región de Puno**

En el altiplano peruano, especialmente en la región de Puno, la cría de ovinos representa una actividad económica tradicional y sostenible. La región posee una de las mayores concentraciones de ganado ovino del país, y la raza criolla es la más abundante, aunque su lana tiene baja calidad textil debido a su rusticidad. Esta característica la convierte en un recurso ideal para explorar usos alternativos, como el aislamiento térmico o aplicaciones con valor agregado, incluyendo tratamientos antimicrobianos. Frente a fenómenos climáticos extremos como las heladas, que afectan gravemente a las comunidades locales, el aprovechamiento integral de la lana puede convertirse en una estrategia de mitigación y adaptación. A través de procesos de transformación accesibles, como la elaboración de paneles modulares, se puede generar valor económico, mejorar la calidad de vida y promover un desarrollo local más resiliente y ambientalmente responsable (Rosas, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

Todas las etapas experimentales de esta investigación se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca. La extracción del aceite esencial de muña y la evaluación microbiológica de la lana de ovino se realizaron en el laboratorio de química y el laboratorio de microbiología, respectivamente, ambos ubicados en la sede Capilla (coordenadas: -15.488990423660779, -70.15137525865248). Por otro lado, la evaluación de las propiedades físicas de la lana tratada, específicamente la resistencia a la tracción, se efectuó en el laboratorio de resistencia de fibras de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones (EPITyC), ubicado en la sede Ayabacas (coordenadas: -15.411695698181681, -70.09565635833847).

#### 3.2. **Materiales y equipos de laboratorio**

**Tabla 1: *Materiales y equipos de laboratorio***

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Agar Mueller-Hilton	Agitadores magnéticos
Algodón, gasa y pabulo	Auto clave
Balón de gas	Agitadores magnéticos
Frasco ámbar	Balanza analítica
Ganchos y soportes	Calentador tipo plancha de laboratorio
Hojas de muña	Contador de colonias
Jeringas	Dinamómetro
Lana de ovino	Incubadora
Matraz	Microscopio óptico compuesto
Mechero bunsen	Sistema de arrastre de vapor
Papel filtro	
Pipetas graduadas	
Placas de Petri	
Probetas	
Tijeras y pinzas de laboratorio	

### **3.3. Diseño de la experimentación**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo experimental, ya que se aplicó un tratamiento deliberado sobre las muestras de lana de ovino mediante distintas concentraciones de aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) y tiempos de exposición específicos. Esta manipulación intencionada de variables independientes tuvo como finalidad observar los efectos generados sobre variables dependientes como la actividad antimicrobiana y la resistencia de la lana de ovino. El enfoque experimental se justifica porque se trabajó en condiciones controladas, con el objetivo de establecer relaciones de causa y efecto. Según Romero et al. (2024), este tipo de investigación permite validar hipótesis mediante pruebas empíricas que explican fenómenos observables. Así, se garantiza un mayor control del entorno y confiabilidad en los resultados obtenidos. El estudio se basó en procedimientos sistemáticos con un protocolo definido para cada tratamiento aplicado.

#### **3.3.2. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es explicativo, debido a que busca identificar y demostrar las causas que generan cambios en las variables dependientes, como la actividad antimicrobiana y la resistencia de la lana de ovino, tras la aplicación del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*). No se limita a describir los efectos observados, sino que pretende explicar cómo y por qué ocurren dichos cambios, estableciendo relaciones de causalidad entre las concentraciones, los tiempos de exposición y los resultados obtenidos. Según Romero et al. (2024), la investigación explicativa se orienta a responder preguntas sobre los factores que determinan la ocurrencia de un fenómeno, aportando conocimiento más profundo respecto a la interacción de las variables. Por ello, este nivel resulta pertinente para el presente estudio, ya que permite interpretar de manera fundamentada los efectos del tratamiento aplicado sobre la lana de ovino.

#### **3.3.3. Diseño experimental**

El diseño experimental aplicado fue factorial 3<sup>2</sup>, que permitió evaluar el efecto de dos factores independientes: la concentración del aceite esencial de muña (0.5 %, 1.0 % y 1.5 %) y el tiempo de inmersión (15, 30 y 60 minutos). Cada tratamiento fue replicado tres veces, generando un total de 27 muestras experimentales, además de 3

muestras de lana de ovino como control, es decir sin tratamiento. Este enfoque factorial permite analizar simultáneamente los efectos individuales y combinados de ambos factores sobre las variables dependientes: la actividad antimicrobiana y la resistencia a la tracción de la lana de ovino. Según Romero et al. (2024), este tipo de diseño es adecuado para estudios que requieren comprender interacciones complejas bajo condiciones controladas. Así, se garantiza un análisis estadístico más robusto y la identificación precisa de los efectos significativos. La estructura metodológica adoptada contribuye a la confiabilidad y reproducibilidad del estudio.

A continuación, se presenta la estructura del diseño utilizado:

**Tabla 2: Diseño experimental del proyecto**

<b>F1: Concentración (%)</b>	<b>F2: Tiempo de exposición (min)</b>	<b>N° de réplicas</b>	<b>Total, de muestras tratadas</b>
0.5%	15	3	3
	30	3	3
	60	3	3
1.0%	15	3	3
	30	3	3
	60	3	3
1.5%	15	3	3
	30	3	3
	60	3	3
<b>Total, de muestras</b>	--	--	<b>27</b>

El modelo matemático correspondientes al diseño factorial  $3^2$  se expresa como:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : valor observado (tenacidad y/o unidades formadoras de colonias).

$\mu$  : media general.

$A_i$  : efecto del i-ésimo nivel del factor concentración.

$B_j$  : efecto del j-ésimo nivel del factor tiempo de inmersión.

$(AB)_{ij}$ : interacción entre concentración y tiempo.

$E_{ijk}$  : error aleatorio.

### 3.4. Formulación de hipótesis

#### 3.4.1. Hipótesis general

- El tratamiento con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), aplicado a la lana de ovino adquirida en establecimientos comerciales de Juliaca, permite reducir la carga microbiana sin afectar negativamente su resistencia a la tracción.

#### 3.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) influye en la eficacia antimicrobiana frente a las bacterias presentes en la lana de ovino.
- El tiempo de exposición al tratamiento con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) influye en la resistencia a la tracción de la lana de ovino.

### 3.5. Metodología

#### 3.5.1. Procedimiento para la extracción del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) por método de arrastre de vapor

**A. Hojas de muña:** Las hojas de muña (*Minthostachys mollis*) fueron obtenidas de un vendedor comercial en el distrito de Juliaca, en su estado óptimo de maduración para garantizar la mayor concentración de compuestos activos. Se seleccionaron hojas frescas, libres de impurezas, posteriormente, las hojas fueron extendidas sobre una superficie limpia y seca para evitar contaminación. Seguidamente se colocó de manera ordenada sobre una superficie descontaminada, para que seque correctamente para su posterior prueba. La cantidad recolectada fue de 20 kilos, considerando los requerimientos para su proceso en el equipo de arrastre de vapor.

**B. Pesado:** Para cada extracción, se pesaron 100 gramos de hojas de muña (*Minthostachys mollis*) por cada 500 ml de agua destilada, utilizando una balanza analítica de precisión  $\pm 0.01$  g., la materia prima fue seleccionada manualmente, descartando hojas en mal estado. Luego del pesado, las hojas fueron transferidas directamente al sistema de extracción para evitar pérdida de compuestos volátiles. Este procedimiento se repitió 10 veces para su extracción pura del aceite esencial de esta planta, asegurando uniformidad en la cantidad de materia prima utilizada.

- C. Colocado de la muña en el sistema de arrastre de vapor:** Para la extracción del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), se realizó el pesaje preciso de la materia prima utilizando una balanza analítica, asegurando la exactitud en la cantidad de biomasa procesada, que fue 100 gramos. Posteriormente, las hojas secas y trituradas fueron depositadas dentro del matraz de extracción, garantizando una distribución homogénea del material vegetal. De manera simultánea, el matraz generador de vapor fue llenado con agua destilada hasta el volumen de 500 ml adecuado para la generación controlada de vapor. Se verificó el ensamblaje del sistema de hidrodestilación, asegurando una conexión hermética entre los componentes de vidrio mediante abrazaderas y soportes adecuados, con el fin de minimizar pérdidas por fugas y optimizar la eficiencia del proceso.
- D. Extracción del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*):** La extracción del aceite esencial se llevó a cabo mediante hidrodestilación por arrastre de vapor. Se aplicó calor al matraz de destilación mediante un mechero, promoviendo la vaporización del agua destilada. El vapor generado ascendió a través de la tubería de conexión hasta ingresar en el matraz de extracción, donde atravesó la biomasa de muña, facilitando la liberación de sus compuestos volátiles. Posteriormente, la mezcla de vapor y compuestos esenciales fue transportada hacia el sistema de condensación, donde se produjo su enfriamiento y la transformación de la fase gaseosa a líquida. El procedimiento se mantuvo durante 40 minutos, asegurando la extracción eficiente de los metabolitos de interés.
- E. Separación:** El condensado obtenido consistió en una mezcla bifásica conformada por una fracción acuosa y una fracción oleosa correspondiente al aceite esencial. Para favorecer la separación, se permitió el reposo del destilado, para luego proceder a la separación del aceite con una jeringa médica de 5 ml.
- F. Almacenamiento:** El aceite esencial separado fue transferido a frascos de vidrio ámbar, seleccionados para minimizar la exposición a la luz y prevenir la degradación de sus compuestos activos y preservar su olor a eucaliptol. Cada frasco fue debidamente etiquetado con la información relevante de su concentración de aceite esencial de muña extraído, incluyendo la fecha de extracción, la cantidad de materia prima utilizada y el tiempo de destilación. Posteriormente, estos extractos fueron caracterizados y aplicados en la lana de

ovino, con el propósito de evaluar sus propiedades antimicrobianas y su potencial en el desarrollo de textiles funcionales.

#### G. Composición química reportada del aceite esencial de muña

- **Análisis cualitativo de compuestos orgánicos volátiles:** El análisis cualitativo del aceite esencial de muña permitió identificar la presencia de diversos compuestos orgánicos volátiles con alta similitud espectral, de los cuales destacan principalmente la pulegona, que representó aproximadamente el 56.2 % del total, seguida por isopulegona (10.84 %), eucaliptol (6.01 %), 1-octen-3-il acetato (5.65 %), bicyclogermacreno (3.12 %) y mentona (2.86 %). También se detectaron en menores proporciones otros compuestos como ácido isobutírico oct-3-en-2-il éster, cariofileno óxido, carvacrol,  $\beta$ -ocimeno,  $\gamma$ -terpineno, limoneno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -felandreno, mirceno,  $\alpha$ -terpineol, terpinen-4-ol y piperitenona óxido, (ver anexo 7). Estos compuestos, en su mayoría monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos, son conocidos por su actividad antimicrobiana y su contribución a las propiedades funcionales de los aceites esenciales. La presencia mayoritaria de pulegona, junto con la variedad de metabolitos secundarios detectados, sustenta el uso potencial del aceite de muña como agente bioactivo para aplicaciones en fibras naturales.

**Tabla 3:** Composición química del aceite de muña (*Minthostachys mollis*).

Compuesto	Porcentaje (%)	Propiedades relacionadas
Pulegona	56.2%	Antimicrobiano, insecticida natural
Isopulegona	10.8%	Antimicrobiano, insecticida natural
Mentona	2.7%	Aromático, antifúngico
Limoneno	0.8%	Antioxidante, repelente de insectos
Cineol (eucaliptol)	6.0%	Antiinflamatorio, descongestionante

**Nota:** La identificación de los compuestos y sus porcentajes fue analizada en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Ver anexo 23).

- Estos compuestos confieren al aceite de muña (*Minthostachys mollis*) sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y repelentes, lo que refuerza su potencial para aplicaciones en textiles con funcionalidad mejorada.

### **3.5.2. Obtención de la lana de ovino de un establecimiento comercial de acopio de lana**

La lana de ovino utilizada en este estudio fue adquirida en un punto de comercialización local ubicado en el Jr. Jáuregui, ciudad de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno con coordenadas geográficas en: -15.493069954071089, -70.13866132855135 (ver anexo 20). El material correspondió a lana en estado natural, es decir, esquilada previamente y sin procesos de lavado, cardado o peinado, lo que permitió trabajar con condiciones representativas de acopio y almacenamiento común en el distrito de Juliaca.

Para fines experimentales, se seleccionó un total de 150 gramos de lana, los cuales fueron divididos en 30 porciones de 5 gramos cada una, constituyendo las unidades experimentales. Las muestras fueron almacenadas en sobres de papel kraft esterilizados, evitando contaminación externa hasta el inicio de los tratamientos con aceite esencial de muña.

### **3.5.3. Procedimiento del tratamiento con el aceite esencial de muña en la lana de ovino sin previo lavado**

**A. Selección y pesado de la lana para la aplicación del tratamiento:** Para garantizar la homogeneidad en los ensayos experimentales, se seleccionaron muestras de lana de ovino con características uniformes en cuanto a peso. Cada muestra fue sometida a un proceso de pesado utilizando una balanza analítica de alta precisión, estableciendo un estándar de 5 gramos por unidad experimental. Este control en el peso permitió minimizar la variabilidad en la absorción del tratamiento, asegurando resultados comparables.

**B. Preparación de soluciones de tratamiento con el aceite esencial de muña:** Para garantizar una adecuada impregnación del aceite esencial de muña en la lana de ovino, se prepararon soluciones acuosas con diferentes concentraciones del extracto. Este procedimiento se llevó a cabo con precisión, asegurando la homogeneidad y estabilidad de la mezcla antes de su aplicación.

El proceso inició con la medición exacta del aceite esencial, utilizando una micropipeta de alta precisión para dosificar las concentraciones establecidas de 0.5%, 1.0% y 1.5% en relación con el volumen total de la solución. La cantidad de aceite esencial requerida para cada concentración se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \left( \frac{P}{100} \right) \times V$$

Donde:

- C es la cantidad de aceite esencial en ml
- P es el porcentaje deseado (% p/v)
- V es el volumen total de la solución

Para mejorar la dispersión del aceite esencial en la solución y evitar la formación de fases separadas, se incorporó un emulsionante de nombre polisorbato – Tween 80 en proporciones controladas, previamente seleccionado por su compatibilidad con las propiedades del aceite y la lana de ovino.

En la siguiente se observa la cantidad en ml utilizada en cada tratamiento en todas las repeticiones:

**Tabla 4: Registros de datos de la preparación del tratamiento a la lana de ovino**

<b>Registros de datos de la preparación del tratamiento para la lana de ovino</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Aceite esencial de muña</b>	<b>Emulsionante utilizado y cantidad</b>	<b>Agua destilada</b>
<b>1</b>	0.5 ml	0.5 ml	99 ml
<b>2</b>	0.5 ml	0.5 ml	99 ml
<b>3</b>	0.5 ml	0.5 ml	99 ml
<b>4</b>	1.0 ml	0.5 ml	98.5 ml
<b>5</b>	1.0 ml	0.5 ml	98.5 ml
<b>6</b>	1.0 ml	0.5 ml	98.5 ml
<b>7</b>	1.5 ml	0.5 ml	98.0 ml
<b>8</b>	1.5 ml	0.5 ml	98.0 ml
<b>9</b>	1.5 ml	0.5 ml	98.0 ml

El procedimiento de mezcla se llevó a cabo en un recipiente de vidrio limpio y esterilizado en la autoclave a 121°C, después se pasó a someter la solución a agitación constante y moderada mediante un agitador magnético durante 10 minutos, hasta obtener una emulsión estable y homogénea. Este paso fue fundamental para garantizar que el tratamiento fuera uniforme en todas las muestras de lana de ovino y que la distribución del aceite esencial se mantuviera constante durante toda su aplicación.

El uso de agua destilada en la preparación de las soluciones fue crucial para evitar posibles interacciones con sales minerales u otras impurezas presentes en el agua común, las cuales podrían alterar la estabilidad del sistema emulsionado o afectar la capacidad de absorción de la lana.

**C. Aplicación del tratamiento por inmersión a la lana de ovino:** Las muestras de lana de ovino sin previo lavado fueron sumergidas en las soluciones preparadas, asegurando una saturación uniforme del material textil con el aceite esencial. Para analizar la influencia del tiempo de exposición en la absorción del tratamiento, se establecieron tres tiempos de inmersión: 15, 30 y 60 minutos en cada concentración para cada muestra experimental. Durante este proceso, las muestras fueron mantenidas en constante agitación suave para favorecer la penetración del tratamiento en la lana de ovino.

**Tabla 5: Registros de aplicación del tratamiento en lana de ovino**

<b>Registro de la aplicación del tratamiento con el aceite esencial en lana de ovino sin previo lavado</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Concentración de aceite esencial de muña</b>	<b>Peso en lana para tratamiento con el aceite esencial de muña</b>	<b>TE (min)</b>
<b>1</b>	0.5%	5 g	15 min
<b>2</b>	0.5%	5 g	15 min
<b>3</b>	0.5%	5 g	15 min
<b>4</b>	1.0%	5 g	30 min
<b>5</b>	1.0%	5 g	30 min
<b>6</b>	1.0%	5 g	30 min
<b>7</b>	1.5%	5 g	60 min
<b>8</b>	1.5%	5 g	60 min
<b>9</b>	1.5%	5 g	60 min

**D. Secado de las muestras tratadas:** Una vez finalizado el tiempo de inmersión, las muestras fueron extraídas cuidadosamente y se dejaron escurrir a temperatura ambiente de 20°C, evitando el uso de fuentes de calor que pudieran alterar la estructura de la lana de ovino o afectar la estabilidad del aceite esencial. Se dispusieron en un espacio controlado, asegurando una correcta ventilación para facilitar el proceso de secado sin comprometer las propiedades del tratamiento aplicado.

### **3.5.4. Procedimiento de la evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino ya lavada después del tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña**

Para la evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de muña en lana de ovino, se utilizó el método de hisopado en agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12. Esta norma establece los procedimientos estándar para la evaluación de susceptibilidad microbiana en medios sólidos, permitiendo la observación del crecimiento bacteriano antes y después del tratamiento con el aceite esencial (Patel, 2015).

La actividad antimicrobiana de la lana tratada con aceite esencial de muña se evaluó mediante el método de difusión en agar, permitiendo el crecimiento natural de microorganismos presentes en el material sin inoculación externa. Tras la incubación, se observó y cuantificó las unidades formadoras de colonias bacterianas, comparando las muestras tratadas con un control de lana de ovino sin tratamiento aplicado ya lavado.

Se prosiguieron con los siguientes métodos:

**A. Esterilización de materiales en el proceso:** Para evitar contaminación y garantizar la fiabilidad del experimento, se esterilizaron todos los materiales en contacto con las soluciones. Las micropipetas y utensilios de medición se desinfectaron con alcohol etílico al 70%. Las placas de Petri y matraces con agar fueron esterilizadas en autoclave a 121°C y 15 psi durante 1 hora. El agua destilada se manipuló en condiciones estériles. Se renovaron guantes y materiales de manipulación en cada sesión experimental para mantener la asepsia.

Este procedimiento de esterilización se llevó a cabo antes de la preparación de las soluciones y se repitió en cada sesión de experimentación para asegurar la fiabilidad de los resultados.

**B. Preparación del medio de cultivo:** Para la evaluación de la actividad antimicrobiana, se utilizó el método de difusión en agar, empleando agar Mueller-Hinton como medio de cultivo. Este agar fue preparado según las especificaciones del envase, asegurando su esterilidad antes de la inoculación. La preparación del medio incluyó su disolución en agua destilada, esterilización mediante autoclave a 121°C durante 15 minutos y posterior vertido cuidadosamente en placas de Petri hasta su solidificación.

### **C. Inoculación de bacterias provenientes de la lana de ovino**

- Inoculación de bacterias de la lana de ovino lavado sin el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña: La muestra control es la lana de ovino con cinco ciclos de lavado con detergente textil, utilizando agua a 30°C, para luego proceder con la evaluación microbiana utilizando el método de hisopado en el agar Mueller-Hinton, incubando las muestras establecidas en las placas Petri en la incubadora por 48 horas a 37°C.
- Inoculación de bacterias de la lana de ovino/lavada, con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña: Para ello, las muestras tratadas fueron sometidas a cinco ciclos de lavado con detergente textil, utilizando agua a 30°C, con el objetivo de simular el proceso de limpieza convencional y evaluar la persistencia del tratamiento en la lana de ovino, después de su secado se colocó en papel kraft para su proceso de inoculación.

Este análisis permitió determinar la estabilidad del tratamiento antimicrobiano en la lana de ovino después del lavado, proporcionando información crucial sobre su efectividad en condiciones de uso real. Además, los resultados obtenidos fueron comparados con los de la lana de ovino/lavada sin tratamiento aplicado, con el fin de identificar posibles reducciones en la actividad antimicrobiana.

**D. Incubación y observación del crecimiento bacteriano:** La incubadora utilizada fue modelo IC 55 ECO de nombre INCUCCELL. Las placas fueron incubadas en una estufa bacteriológica a una temperatura óptima de 37°C durante 48 horas, lo que permitió el desarrollo adecuado de los microorganismos. La actividad antimicrobiana se evaluó mediante el conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas. Estas mediciones se realizaron utilizando el contador de colonias registrando cada colonia bacteriana en el medio de cultivo.

**E. Prueba control (lana de ovino lavada sin la aplicación del tratamiento de aceite esencial de muña):** Además de los tratamientos mencionados con la aplicación del aceite esencial de muña, se incluyó una muestra de control consistente en lana de ovino sin tratamiento alguno. Esta muestra fue empleada exclusivamente como referencia comparativa, y no forma parte del diseño factorial debido a que no presenta niveles de los factores en estudio.

**Tabla 6:** *Conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas en la prueba de control, es decir de lana de ovino/lavada sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña*

Muestra	Conteo de unidades formadoras de colonias
	Hisopado en agar Muller-Hinton
Lana sin tratar / lavada	245 unidades formadoras de colonias

**Nota:** Se conto 245 unidades formadora de colonias bacterianas en la placa Petri.

### 3.5.5. Procedimiento de identificación de bacterias encontradas en las muestras evaluadas de la lana de ovino lavadas con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña

**A. Pruebas bioquímicas para identificación bacteriana:** Después de la incubación de las muestras de lana de ovino en agar Mueller-Hinton, se seleccionaron colonias representativas de los cuatro tipos de bacterias observadas. Para su identificación, se realizaron cuatro pruebas bioquímicas: catalasa, motilidad-indol-ornitina (MIO), triple azúcar hierro (TSI) y Lysine Iron Agar (LYSINE).

- **Prueba catalasa:** El objetivo de esta prueba fue la determinar la presencia de la enzima catalasa, que permite a ciertas bacterias descomponer el peróxido en agua y oxígeno, su procedimiento fue el siguiente:

**Procedimiento:**

Se tomo una pequeña cantidad de cada colonia bacteriana amarilla utilizando un asa estéril para después colocarlo en un portaobjetos limpio ya seco donde se adiciono una gota de peróxido de hidrogeno al 3% sobre la muestra, donde se observó la formación de burbujas.

- **Prueba motilidad, Indol y Ornitina (MIO):** El objetivo fue evaluar la motilidad bacteriana, la producción de indol y la descarboxilación de ornitina en un solo medio de cultivo.

**Procedimiento:**

Se inoculo un asa de cada bacteria en un tubo de ensayo en medio MIO mediante punción recta hasta el fondo, después se incubo a 37°C por 48 horas, paso seguido se colocó reagentes de Kovacs para detectar la producción de indol.

- **Prueba de Triple Azúcar Hierro (TSI):** Su objetivo fue evaluar la capacidad de las bacterias para fermentar azúcares (glucosa, lactosa, sacarosa) y producir gas o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>S).

**Procedimiento:**

Se inoculo en asa de cada bacteria en tubos con medio TSI mediante estriado en la superficie y punción en el fondo, después se pasó a incubar a 37°C por 48 horas.

- **Prueba de descarboxilación de lisina (Lysine):** Su objetivo fue determinar la resistencia o sensibilidad de las bacterias a la Novobiocina mediante la medición del halo de inhibición.

**Procedimiento:**

Se inoculo en asa de cada bacteria en tubos con medio Lysine mediante estriado en la superficie y punción en el fondo, después se pasó a incubar a 37°C por 48 horas.

Una vez puestas cada muestra de las distintas colonias bacterianas puestas en cada medio de cultivo, todas pasaron a la incubadora a 37°C por 48 horas para su identificación y análisis.

**Tabla 7: Resultados de las pruebas bioquímicas**

Prueba	Resultado	Microorganismo
Catalasa	(+)	<i>Staphylococcus A.</i>
TSI	(+)	<i>Escherichia coli</i>
MIO – Motilidad	(+)	<i>Escherichia coli</i>
MIO – Indol	(+)	<i>Escherichia coli</i>
MIO – Ornitina	(+)	<i>Escherichia coli</i>
LIA	(+)	<i>Escherichia coli</i>

Las pruebas bioquímicas evidenciaron la presencia de distintos microorganismos en las muestras, reflejando su diversidad metabólica. Se identificaron variaciones en la fermentación de azúcares, producción de gas, movilidad y uso de aminoácidos. La prueba TSI indicó fermentación de glucosa y lactosa en algunas muestras, mientras que las pruebas de indol y descarboxilación de ornitina y lisina permitieron diferenciar especies. Estos resultados confirmaron la presencia de bacterias como la *Staphylococcus A.* y la *Escherichia C.*, resaltando la utilidad del análisis bioquímico en su caracterización.

**B. Bacterias observadas microscópicamente:** Se observó por medio del microscopio la presencia de estas bacterias ya confirmadas con las anteriores pruebas como el TSI, MIO, LYNOSE y Catalasa, mediante una tinción gran, donde se utilizó los siguientes componentes como Cristal violeta, Lugol, Alcohol acetona y Safranina; se confirmaron las bacterias *Staphylococcus A.* y *Escherichia C.* presentes en la lana de ovino/lavada sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña.

### **3.5.6. Procedimiento de ensayo de tracción a la lana de ovino tratados con aceite esencial de muña**

La resistencia a la tracción constituye una propiedad fundamental para evaluar el comportamiento mecánico de la lana de ovino, ya que determina la fuerza máxima que el material puede soportar antes de su rotura. En este estudio se aplicaron tratamientos con aceite esencial de muña en concentraciones de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 %, con tiempos de exposición de 15, 30 y 60 minutos, con el propósito de analizar su efecto sobre las propiedades mecánicas de la lana de ovino.

Tras la aplicación de las soluciones de aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) en la lana de ovino, se elaboraron hilos de manera manual, los cuales se destinaron a las pruebas experimentales. Estos hilos fueron empleados específicamente en los ensayos de resistencia a la tracción, permitiendo analizar el efecto del tratamiento en condiciones controladas. De este modo, se obtuvieron muestras representativas que permitieron evaluar la influencia directa del tratamiento sobre la resistencia a la tracción.

Se realizaron tres réplicas por cada combinación de concentración y tiempo de exposición, garantizando la representatividad estadística de los datos. Las pruebas de tracción se ejecutaron con un dinamómetro textil, siguiendo los lineamientos de la NTP ISO 2062:2015, norma que establece el procedimiento para la medición de resistencia y elongación de hilos.

El procedimiento experimental se desarrolló de la siguiente manera:

**A. Preparación de los hilos tratados:** Se seleccionaron hilos de 60 cm de longitud provenientes de las muestras de lana de ovino tratadas con aceite esencial en las distintas concentraciones y tiempos establecidos. Como control se utilizaron hilos de lana de ovino lavada sin aplicación del aceite esencial.

**B. Acondicionamiento higroscópico:** Considerando que la humedad influye en el comportamiento mecánico de la lana, los hilos fueron previamente humedecidos en condiciones controladas, con el fin de simular un estado real de uso y estandarizar las pruebas de acuerdo con lo estipulado en la norma técnica (ISO, 2015).

**C. Pesaje y registro inicial:** Cada hilo fue pesado en una balanza analítica de precisión, obteniéndose en promedio 0.48 gramos por muestra. Estos valores fueron registrados para su posterior análisis.

**D. Ensayo de tracción a la lana de ovino:** Los hilos fueron fijados en las mordazas del dinamómetro, cuidando la alineación y evitando tensiones previas. Posteriormente, se aplicó una velocidad constante de separación hasta la rotura, registrando los valores de resistencia máxima (N) y elongación porcentual (%).

Este procedimiento permitió determinar con rigor si el tratamiento con aceite esencial de muña modificó la estructura mecánica de los hilos de lana de ovino en comparación con las muestras control.

- **Registros de datos:** El ensayo consistió en fijar cada muestra en las mordazas del equipo de tracción, aplicando una velocidad de separación constante hasta la rotura de la lana de ovino. Se registraron los valores de resistencia máxima a la tracción, expresados en Newtons (N), y la elongación correspondiente, en porcentaje (%), permitiendo así una comparación entre las muestras tratadas y no tratadas con el aceite esencial de muña, cabe recalcar que la lana de ovino fue sometida a estas pruebas sin procedimientos industriales, haciendo el hilado de forma manual.

**E. Lana de ovino como control sin tratamiento aplicado del aceite esencial de muña**

**Tabla 8: Resultados de la resistencia de la lana de ovino lavado sin el tratamiento de aceite esencial aplicado**

N°	Tratamiento	Carga máxima (N)	Elongación (%)	Peso de hebra de la lana de ovino (g)	Longitud de hebra de la lana de ovino
1	Control	25.05	21.83	0.48	60 cm
2	Control	25.08	20.93	0.48	60 cm

**F. Lana de ovino tratada con el aceite esencial de muña**

**Replica N°1**

**Tabla 9: Resultados de la resistencia de la lana de ovino lavado con tratamiento del aceite esencial aplicado**

Tratamiento	Carga máxima (N)	Elongación (%)	Peso de hebra de la lana de ovino (g)	Longitud de hebra de la lana de ovino
<b>0.5% - 15 min</b>	15.26	21.12	0.48	60 cm
<b>0.5% - 30 min</b>	14.42	21.53	0.48	60 cm
<b>0.5% - 60 min</b>	14.04	30.45	0.48	60 cm
<b>1.0% - 15 min</b>	13.44	20.45	0.48	60 cm
<b>1.0% - 30 min</b>	14.37	19.25	0.48	60 cm
<b>1.0% - 60 min</b>	13.54	25.37	0.48	60 cm
<b>1.5% - 15 min</b>	13.86	26.50	0.48	60 cm
<b>1.5% - 30 min</b>	13.04	23.60	0.48	60 cm
<b>1.5% - 60 min</b>	12.58	24.13	0.48	60 cm

**Replica N°2**

**Tabla 10: Resultados de la resistencia de la lana con tratamiento del aceite esencial aplicado**

Tratamiento	Carga máxima (N)	Elongación (%)	Peso de hebra de la lana de ovino (g)	Longitud de hebra de la lana de ovino
<b>0.5% - 15 min</b>	13.76	25.85	0.48	60 cm
<b>0.5% - 30 min</b>	12.29	21.17	0.48	60 cm
<b>0.5% - 60 min</b>	16.76	23.87	0.48	60 cm

continuación

<b>1.0% - 15 min</b>	12.69	23.50	0.48	60 cm
<b>1.0% - 30 min</b>	14.03	26.78	0.48	60 cm
<b>1.0% - 60 min</b>	14.84	26.92	0.48	60 cm
<b>1.5% - 15 min</b>	14.63	22.30	0.48	60 cm
<b>1.5% - 30 min</b>	14.89	24.78	0.48	60 cm
<b>1.5% - 60 min</b>	13.05	23.87	0.48	60 cm

### Replica N°3

**Tabla 11: Resultados de la resistencia de la lana con tratamiento del aceite esencial aplicado**

<b>Tratamiento</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>Peso de hebra de la lana de ovino (g)</b>	<b>Longitud de hebra de la lana de ovino</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	17.95	25.35	0.48	60 cm
<b>0.5% - 30 min</b>	15.35	25.87	0.48	60 cm
<b>0.5% - 60 min</b>	15.56	21.17	0.48	60 cm
<b>1.0% - 15 min</b>	15.75	23.87	0.48	60 cm
<b>1.0% - 30 min</b>	12.74	21.80	0.48	60 cm
<b>1.0% - 60 min</b>	13.55	18.75	0.48	60 cm
<b>1.5% - 15 min</b>	12.41	17.53	0.48	60 cm
<b>1.5% - 30 min</b>	12.41	19.82	0.48	60 cm
<b>1.5% - 60 min</b>	11.68	18.63	0.48	60 cm

### 3.6. Población y muestra

#### 3.6.1. Población

La población estuvo constituida por la lana de ovino sin tratamientos, disponible en un establecimiento comercial con dirección en el Jr. Jauregui con coordenadas de -15.493069954071089, -70.13866132855135, de la ciudad de Juliaca. Este material, destinado a la venta local, refleja las condiciones reales de comercialización en el distrito de Juliaca, lo que lo convierte en una base adecuada para evaluar tanto su comportamiento microbiológico como sus propiedades mecánicas.

### 3.6.2. Muestra

La muestra es una parte representativa de la población, seleccionada para ser estudiada. Su tamaño y características deben permitir generalizar los resultados. Debe reflejar fielmente los atributos de la población. Su correcta selección evita sesgos en la investigación (Romero et al., 2024).

De la población descrita se seleccionó una muestra de 150 gramos de lana de ovino, la cual fue fraccionada en 30 unidades experimentales de 5 gramos. Estas unidades se distribuyeron en nueve tratamientos que combinaron tres concentraciones de aceite esencial de muña 0,5 %, 1,0 % y 1,5 % con tres tiempos de exposición 15, 30 y 60 minutos. Cada tratamiento contó con tres réplicas y, adicionalmente, se incluyeron tres controles sin tratamiento.

### 3.6.3. Técnica de muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, consistente en la adquisición de lana de ovino de un único proveedor local en Juliaca. Esta estrategia permitió trabajar con un material homogéneo, estandarizar la aplicación de los tratamientos y garantizar uniformidad en las unidades experimentales, favoreciendo la confiabilidad de los resultados en relación con los objetivos planteados (Romero et al., 2024).

### 3.6.4. Procesamiento de valores estadísticos

Los datos obtenidos en el laboratorio fueron codificados y procesados mediante el software IBM SPSS Statistics (versión 26), seleccionado por su accesibilidad institucional y su capacidad para ejecutar análisis factoriales y pruebas de contraste paramétrico. Se optó por SPSS debido a su entorno amigable, familiaridad técnica y compatibilidad con los procedimientos requeridos por la investigación.

- **Prueba de normalidad de residuos:** Se evaluó la distribución de los residuos mediante pruebas gráficas (histograma, Q-Q) y numéricas (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk), confirmando que los datos cumplen con la condición de normalidad.
- **Homogeneidad de varianzas:** Se aplicó la prueba de Levene para comprobar la igualdad de varianzas entre grupos.
- **Análisis de varianza factorial (ANOVA 3<sup>2</sup>):** Se utilizó un diseño factorial completo de 3 niveles por 2 factores (concentración × tiempo) para analizar la influencia de los tratamientos en las variables dependientes.

- **Contraste de hipótesis:** Se evaluaron las hipótesis planteadas mediante análisis de varianza factorial, tomando como criterio de significancia estadística un valor de  $p \leq 0.05$ . Cuando se obtuvieron valores menores o iguales a este umbral en los efectos principales o de interacción, se consideró que existían diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados fueron interpretados mediante análisis de medias marginales estimadas, reforzados con representaciones gráficas que facilitaron la visualización de las diferencias entre grupos experimentales.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras el lavado y tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), evaluando su efecto sobre la actividad antimicrobiana y las propiedades mecánicas, específicamente la resistencia a la tracción.

##### **4.1.1. Evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino tratada con aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*)**

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar las concentraciones más eficaces del aceite esencial de muña para inhibir el crecimiento bacteriano en lana de ovino, se analizaron los valores de unidades formadoras de colonias (UFC) obtenidos tras los tratamientos aplicados.

El grupo control, conformado por muestras de lana lavada sin aplicación del aceite esencial, presentó un promedio de 245 UFC, lo que refleja una elevada presencia bacteriana. En contraste, las muestras sometidas a tratamiento con aceite esencial de muña mostraron una reducción progresiva de las unidades formadoras de colonias bacterianas en función de la concentración y el tiempo de exposición.

Las concentraciones de 1.0 % y 1.5 %, particularmente con tiempos de 30 y 60 minutos, alcanzaron valores entre 0 y 10 unidades formadoras de colonias bacterianas, lo que demuestra una inhibición casi total del crecimiento microbiano en comparación con el control.

### Replica N°1

**Tabla 12:** *Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña*

N° de Muestra	Concentración del aceite esencial de muña	Tiempo de exposición	Conteo de unidades formadores de colonias bacterianas	
			Método Hisopado en Agar Mueller-Hinton	
1	0.5%	15 min	4	
2	0.5%	30 min	0	
3	0.5%	60 min	2	
4	1.0%	15 min	4	
5	1.0%	30 min	2	
6	1.0%	60 min	5	
7	1.5%	15 min	0	
8	1.5%	30 min	2	
9	1.5%	60 min	0	

### Replica N°2

**Tabla 13:** *Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña*

N° de Muestra	Concentración del aceite esencial de muña	Tiempo de exposición	Conteo de unidades formadores de colonias bacterianas	
			Método Hisopado en Agar Mueller-Hinton	
1	0.5%	15 min	2	
2	0.5%	30 min	10	
3	0.5%	60 min	10	
4	1.0%	15 min	0	
5	1.0%	30 min	5	
6	1.0%	60 min	0	
7	1.5%	15 min	10	
8	1.5%	30 min	10	
9	1.5%	60 min	10	

### Replica N°3

**Tabla 14: Evaluación de la actividad antimicrobiana de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña**

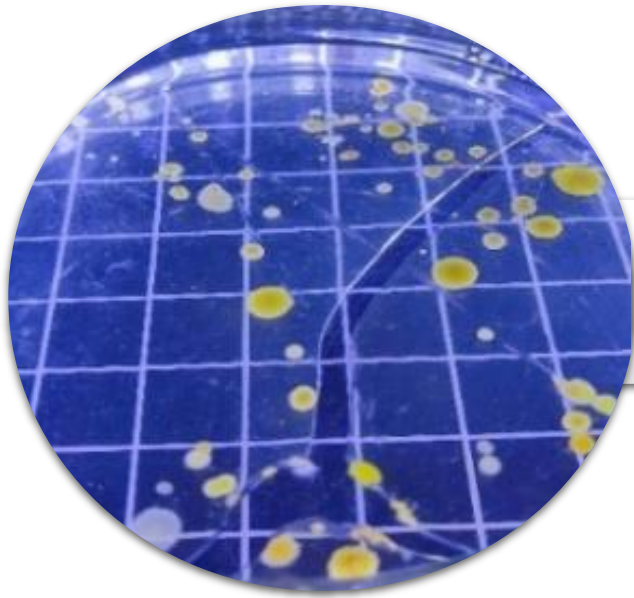
N° de Muestra	Concentración del aceite esencial de muña	Tiempo de exposición	Conteo de unidades formadores de colonias bacterianas	
			Método Hisopado en Agar	Mueller-Hinton
1	0.5%	15 min		2
2	0.5%	30 min		2
3	0.5%	60 min		0
4	1.0%	15 min		0
5	1.0%	30 min		0
6	1.0%	60 min		0
7	1.5%	15 min		0
8	1.5%	30 min		6
9	1.5%	60 min		6

- **Observación visual de resultados en placas Petri de la carga bacteriana en la lana de ovino lavada con y sin el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña:** El análisis visual en placas Petri permitió constatar diferencias notables entre el grupo control y las muestras tratadas con aceite esencial de muña. El control, correspondiente a la lana lavada sin aplicación del tratamiento, presentó un promedio de 245 UFC, evidenciando un elevado crecimiento bacteriano.

En contraste, las muestras tratadas mostraron una disminución visible en la densidad de colonias, particularmente en las combinaciones de 1.0 % y 1.5 % de concentración, con tiempos de 30 y 60 minutos, donde los recuentos se redujeron significativamente en las tres réplicas, alcanzando valores mínimos.

Estos resultados se encuentran registrados en las tablas 12, 13 y 14, y se ilustran de manera comparativa en las figuras 4 y 5, que muestran la diferencia entre el control y las muestras sometidas a tratamiento.

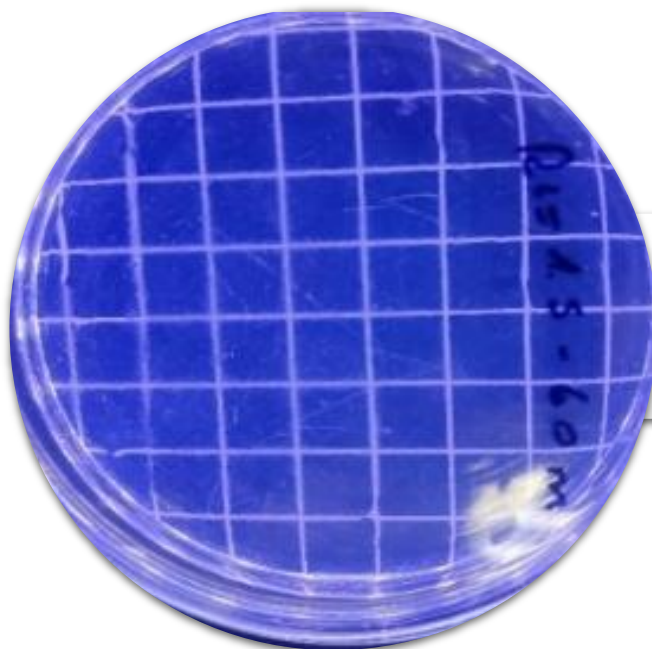
- Lana de ovino sin el tratamiento de aceite esencial de muña



Lana de ovino lavada sin el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña

**Figura 4:** Observación de colonias bacterianas en la lana de ovino lavado sin el tratamiento aplicado

- Lana de ovino lavado con la aplicación del tratamiento de aceite esencial de muña

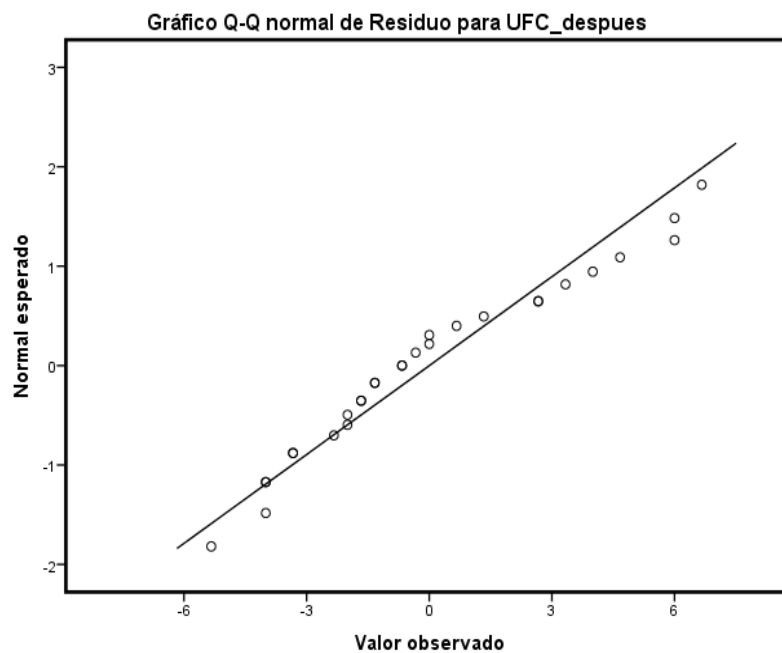


Lana de ovino lavado con la aplicación del tratamiento del aceite esencial de muña

**Figura 5:** Observación de colonias bacterianas en la lana de ovino lavado con el tratamiento aplicado

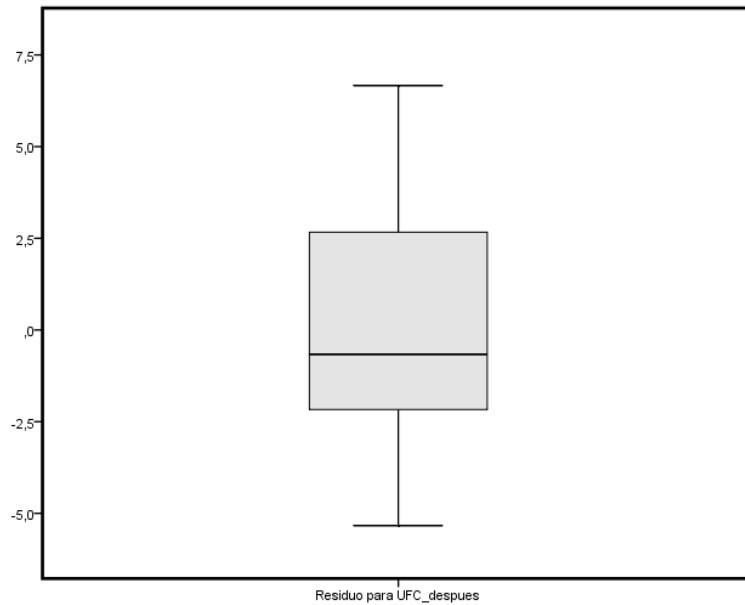
#### 4.1.2. Análisis de normalidad de residuos de las unidades formadoras de colonias bacterianas

Para verificar la validez del análisis estadístico, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de  $p = 0.126$ , lo que indica que los residuos presentan distribución normal  $p > 0.05$ . Este hallazgo permite aplicar pruebas paramétricas como el ANOVA factorial. La normalidad de los residuos fue confirmada visualmente mediante el gráfico Q-Q y el boxplot, evidenciando simetría y ausencia de valores atípicos severos.



**Figura 6:** Gráfico Q-Q normal de residuos para las unidades formadoras de colonias

**Interpretación del gráfico Q-Q:** La gráfica Q-Q de los residuos del análisis sobre unidades formadoras de colonias bacterianas (UFC) evidencia una alineación adecuada de los residuos con la distribución normal teórica. Esta distribución visualmente simétrica respalda el resultado del test de Shapiro-Wilk ( $p = 0.126$ ), confirmando que los residuos siguen una distribución normal. Esto valida la aplicación del ANOVA factorial como método estadístico paramétrico en este estudio.



**Figura 7:** Análisis gráfico de residuos del modelo factorial para unidades formadoras de colonias bacterianas mediante boxplot

**Interpretación del boxplot:** El gráfico de caja muestra una distribución de residuos simétrica, con los bigotes extendiéndose de manera equilibrada por encima y por debajo de la mediana. No se observan puntos fuera de los límites, lo cual sugiere la ausencia de valores atípicos severos. Esta disposición respalda la normalidad de los residuos y refuerza la validez del análisis ANOVA aplicado. La mediana centrada y la simetría de la caja indican un comportamiento homogéneo de los datos, compatible con una distribución normal.

#### 4.1.3. Análisis estadístico de la actividad antimicrobiana

El análisis mediante ANOVA factorial  $3^2$  mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los efectos principales ni en la interacción entre los factores evaluados que es concentración y tiempo. Los valores de significancia obtenidos fueron:

**Tabla 15:** Resultados del análisis de varianza del conteo de unidades formadoras de colonias

Fuente de variación	F	Sig. (p)
Concentración	1.298	0.297
Tiempo de inmersión	0.397	0.678
Interacción C*I	0.048	0.995

Puesto que todos los valores de p son mayores a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Sin embargo, los datos experimentales muestran una tendencia de disminución microbiana en las combinaciones con mayor concentración y mayor tiempo.

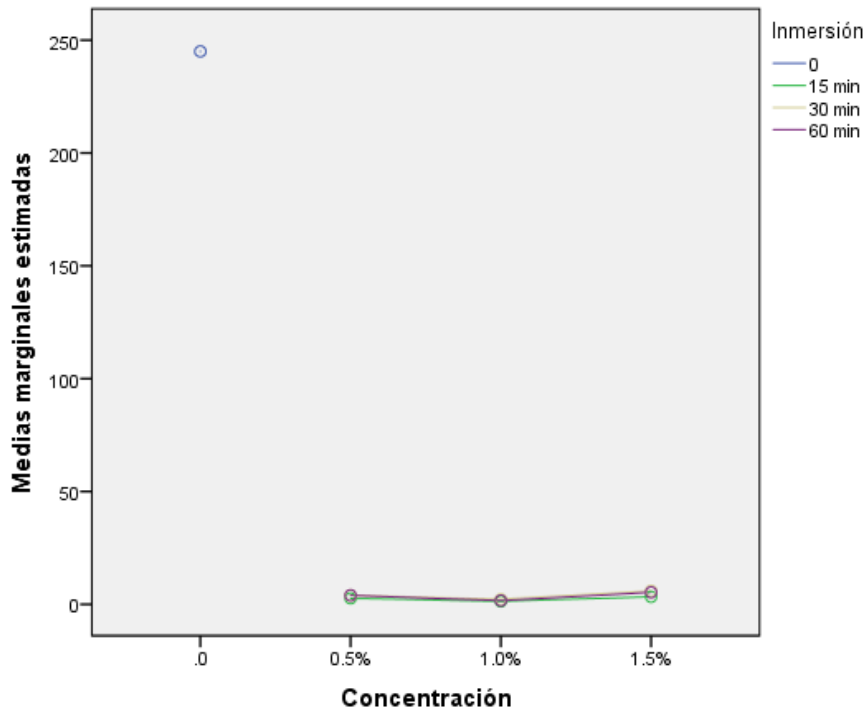
#### 4.1.4. Medias marginales estimadas

Se calcularon las medias marginales para cada nivel de concentración y tiempo. Estas permiten visualizar el comportamiento promedio de la variable dependiente de las unidades formadoras de colonias bacterianas para cada tratamiento, considerando el diseño factorial. Se presenta a continuación la tabla con dichos valores:

**Tabla 16: Medias marginales estimadas de unidades formadoras de colonias bacterianas según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión, modelo lineal general – UNINOVA para unidades formadoras de colonias**

Concentración	Inmersión	Media	Ee	IC al 95%	
				LI	LS
0.5%	15 min	2,667	2,373	-2,318	7,651
	30 min	4,000	2,373	-,985	8,985
	60 min	4,000	2,373	-,985	8,985
1.0%	15 min	1,333	2,373	-3,651	6,318
	30 min	2,333	2,373	-2,651	7,318
	60 min	1,667	2,373	-3,318	6,651
1.5%	15 min	3,333	2,373	-1,651	8,318
	30 min	6,000	2,373	1,015	10,985
	60 min	5,333	2,373	,349	10,318

En el siguiente gráfico se representan las medias marginales estimadas del conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas, en función de la concentración del aceite esencial de muña y el tiempo de inmersión. Se observa que las concentraciones de 1.0 % y 1.5 % generaron, en promedio, una menor cantidad de unidades formadoras de colonias bacterianas, sin que el tiempo de inmersión haya generado una diferencia marcada. Esto sugiere que el efecto antimicrobiano está más relacionado con la concentración que con el tiempo de exposición.



**Figura 8:** Medias marginales estimadas de unidades formadoras de colonias bacterianas según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión, en la lana de ovino.

**Interpretación:** En la Figura 8 se observa que las medias marginales estimadas de unidades formadoras de colonias fueron significativamente mayores en el grupo control (0%), mientras que los tratamientos con aceite esencial de muña a concentraciones de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % presentaron valores bajos y consistentes, independientemente del tiempo de inmersión. Las líneas casi superpuestas correspondientes a 15, 30 y 60 minutos evidencian una escasa variación entre tiempos, lo que sugiere que el efecto reductor del tratamiento se debe principalmente a la concentración y no al tiempo de exposición.

#### 4.1.5. Contraste de hipótesis

- En respuesta a la hipótesis general, El aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) aplicado en lana de ovino presenta efecto antimicrobiano y no afecta negativamente sus propiedades físicas.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** El aceite esencial de muña aplicado en lana de ovino no presenta efecto antimicrobiano ni mantiene sus propiedades físicas.

**Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** El aceite esencial de muña aplicado en lana de ovino presenta efecto antimicrobiano y conserva sus propiedades físicas.

**Contraste estadístico:** El análisis de varianza factorial ANOVA 3<sup>2</sup> realizado tanto para la variable microbiológica de Unidades Formadoras de Colonias bacterianas como para la variable mecánica resistencia a la tracción, mostró que: En el caso de la actividad antimicrobiana, las concentraciones de 1.0 % y 1.5 % evidenciaron una reducción significativa en el número de unidades formadoras de colonias, llegando incluso a la inhibición total en algunos tratamientos. Esto confirma la acción inhibitoria del aceite frente a bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

En cuanto a las propiedades físicas de la lana, los resultados estadísticos revelaron que las muestras tratadas no presentaron diferencias significativas en resistencia a la tracción respecto al control, lo que demuestra que la estructura de la lana se mantuvo estable tras el tratamiento.

- En respuesta a la hipótesis específica 1, con el fin de comprobar estadísticamente el efecto del tratamiento, se formularon las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existen diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes concentraciones ni tiempos de inmersión respecto a la inhibición del crecimiento microbiano en lana de ovino, medida en unidades formadoras de colonias bacterianas.

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Al menos uno de los tratamientos, ya sea por concentración o tiempo de inmersión, produce un efecto significativo sobre la inhibición microbiana.

El análisis factorial mostró que  $p > 0.05$  para concentración, tiempo e interacción, por lo que no se rechaza H<sub>0</sub>. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas entre tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia práctica a menor crecimiento microbiano en concentraciones de 1.0 % y 1.5%, lo cual sugiere que sí podría haber una eficacia microbiológica con evidencia no estadísticamente concluyente ( $\alpha = 0.05$ ).

#### **4.1.6. Evaluación de las propiedades físicas de la lana de ovino con el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña (*Mintostachys mollis*)**

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de aceite esencial de muña y tiempos de exposición sobre la

resistencia a la tracción de la lana de ovino en estado natural. Para ello, se realizaron ensayos mecánicos empleando un dinamómetro textil.

Las muestras fueron tratadas con concentraciones de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 %, y con tiempos de inmersión de 15, 30 y 60 minutos. Cada tratamiento se aplicó en tres réplicas experimentales, siguiendo los lineamientos de la NTP ISO 2062:2015, que establece el método para determinar la resistencia y la elongación en materiales textiles.

### Replica N° 1

**Tabla 17: Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado**

<b>Tratamiento</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>Título (tex)</b>	<b>Tenacidad (cN/tex)</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	15.26	21.12	800	1.91
<b>0.5% - 30 min</b>	14.42	21.53	800	1.80
<b>0.5% - 60 min</b>	14.04	30.45	797	1.76
<b>1.0% - 15 min</b>	13.44	20.45	800	1.68
<b>1.0% - 30 min</b>	14.37	19.25	797	1.80
<b>1.0% - 60 min</b>	13.54	25.37	800	1.69
<b>1.5% - 15 min</b>	13.86	26.50	800	1.73
<b>1.5% - 30 min</b>	13.04	23.60	797	1.64
<b>1.5% - 60 min</b>	12.58	24.13	797	1.58

### Replica N° 2

**Tabla 18: Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado**

<b>Tratamiento</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>Título (tex)</b>	<b>Tenacidad (cN/tex)</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	13.76	25.85	800	1.72
<b>0.5% - 30 min</b>	12.29	21.17	797	1.54
<b>0.5% - 60 min</b>	16.76	23.87	794	2.11
<b>1.0% - 15 min</b>	12.69	23.50	797	1.59
<b>1.0% - 30 min</b>	14.03	26.78	800	1.75
<b>1.0% - 60 min</b>	14.84	26.92	797	1.86

continuación

<b>1.5% - 15 min</b>	14.63	22.30	797	1.83
<b>1.5% - 30 min</b>	14.89	24.78	800	1.86
<b>1.5% - 60 min</b>	13.05	23.87	797	1.64

### Replica N° 3

**Tabla 19: Resultados de la resistencia de la lana de ovino con tratamiento del aceite esencial aplicado**

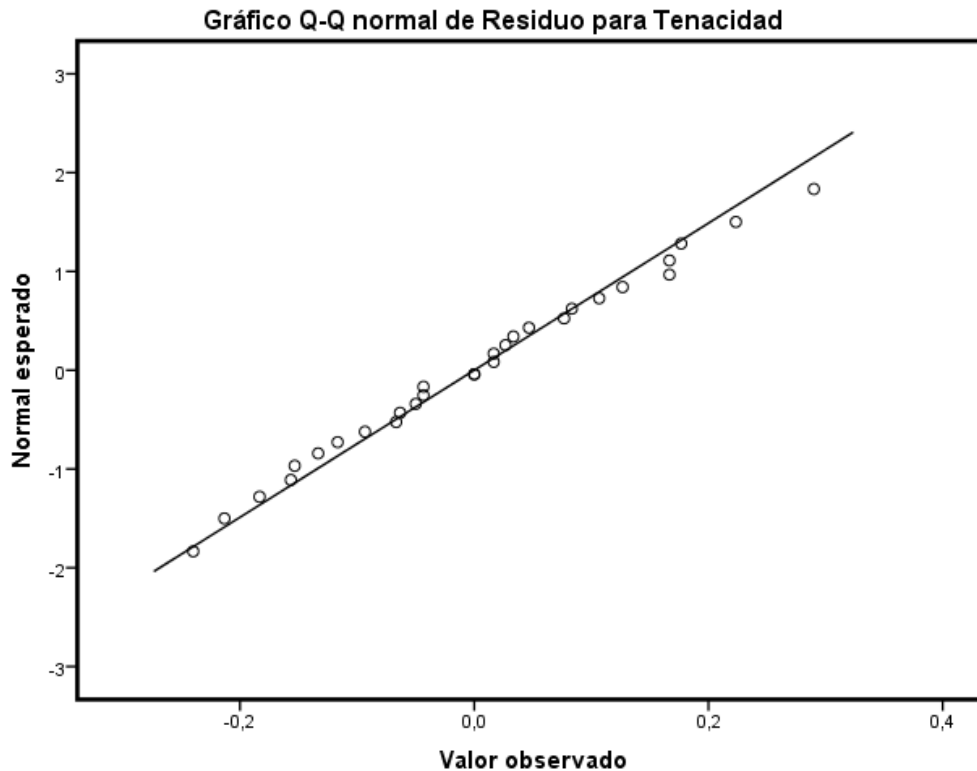
<b>Tratamiento</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>Título (tex)</b>	<b>Tenacidad (cN/tex)</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	17.95	25.35	797	2.25
<b>0.5% - 30 min</b>	15.35	25.87	800	1.92
<b>0.5% - 60 min</b>	15.56	21.17	794	1.96
<b>1.0% - 15 min</b>	15.75	23.87	800	1.97
<b>1.0% - 30 min</b>	12.74	21.80	797	1.60
<b>1.0% - 60 min</b>	13.55	18.75	794	1.71
<b>1.5% - 15 min</b>	12.41	17.53	800	1.55
<b>1.5% - 30 min</b>	12.41	19.82	800	1.55
<b>1.5% - 60 min</b>	11.68	18.63	794	1.47

#### Nota técnica:

Los valores de título tex, cercanos a 800, se deben al hilado manual de la lana de ovino sin procesos de estandarización, lo que produjo hilos más gruesos y densos. Según la norma NTP ISO 2060:2006, el título tex es solo una medida técnica de masa lineal y no establece rangos de referencia (ISO, 2022).

#### 4.1.7. Prueba de normalidad

Antes del análisis inferencial, se verificó la distribución de los residuos del modelo factorial 3<sup>2</sup> utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. En ambos casos, los valores de significancia  $p > 0.05$  confirmaron una distribución normal, permitiendo el uso de pruebas paramétricas.



**Figura 9:** Análisis de la normalidad de la tenacidad mediante el gráfico Q-Q

**Interpretación:** El gráfico Q-Q de los residuos de la tenacidad evidencia que los puntos siguen de cerca la línea diagonal, lo que indica que los datos presentan un comportamiento cercano a la normalidad. Los pequeños desvíos en los extremos no afectan la validez del supuesto, por lo que se confirma que es apropiado aplicar pruebas estadísticas paramétricas como el ANOVA factorial para evaluar los efectos de la concentración y el tiempo del tratamiento con aceite esencial de muña.

#### 4.1.8. Análisis estadístico de las propiedades físicas de la lana de ovino

Se realizó un ANOVA factorial para evaluar el efecto de la concentración del aceite esencial 0.5 %, 1 % y 1.5 % y del tiempo de exposición 15, 30 y 60 minutos, sobre la resistencia a la tracción de la lana de ovino tratada con el aceite esencial de muña. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 20:** Análisis estadístico de las propiedades físicas de la lana de ovino

Fuente de variación	F	Sig. (p)
Concentración	5.728	0.021
Tiempo de inmersión	0.388	0.546
Interacción C*I	0.621	0.554

Los resultados mostraron que el factor concentración tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la resistencia a la tracción en la lana de ovino tratada con el aceite esencial de muña con un  $p = 0.021$ , mientras que el tiempo de inmersión y la interacción no presentaron efectos significativos  $p > 0.05$ .

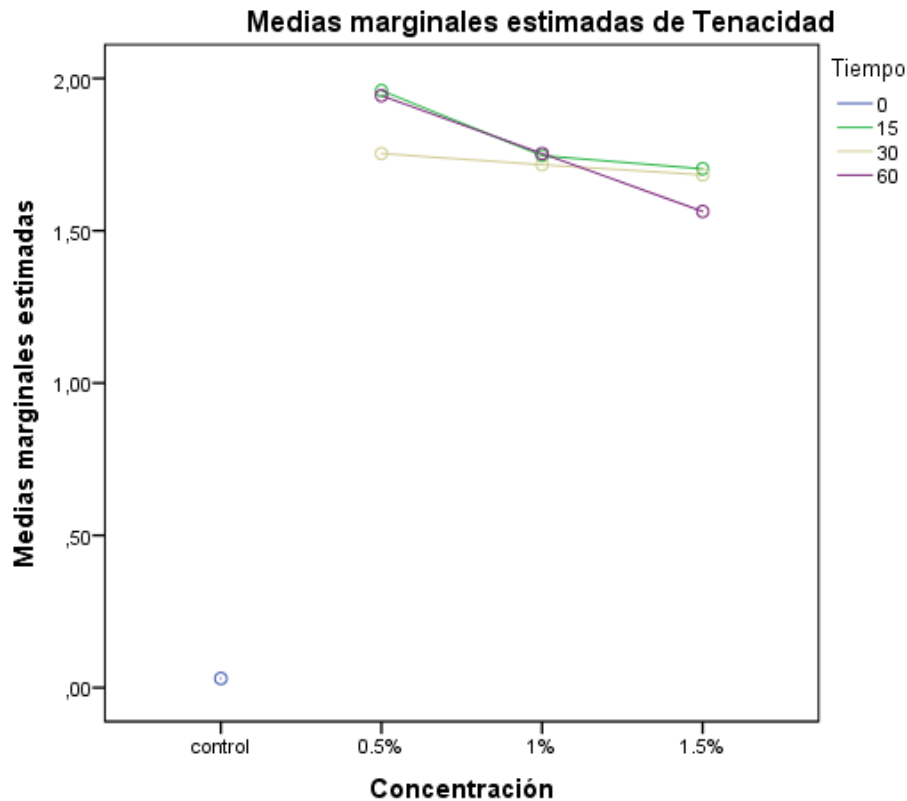
#### 4.1.9. Medias marginales estimadas

A continuación, se presentan las medias marginales estimadas para la resistencia en cada nivel de concentración, permitiendo observar cómo varía este parámetro con el tratamiento aplicado:

**Tabla 21:** *Medias marginales estimadas de tenacidad según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña y tiempo de inmersión en base a datos en SPSS, modelo lineal general - medias marginales estimadas*

Concentración	Inmersión	Media	E es	IC al 95%	
				LI	LS
0.5%	15 min	1,960	,094	1,753	2,157
	30 min	1,753	,094	1,556	1,950
	60 min	1,943	,094	1,746	2,140
1.0%	15 min	1,747	,094	1,550	1,944
	30 min	1,717	,094	1,520	1,914
	60 min	1,753	,094	1,556	1,950
1.5%	15 min	1,703	,094	1,506	1,900
	30 min	1,683	,094	1,486	1,880
	60 min	1,563	,094	1,366	1,760

**Nota:** Se observa un aumento progresivo de la resistencia a la tracción conforme se incrementa la concentración del aceite esencial, siendo 1.5 % la que alcanzó la mayor media.



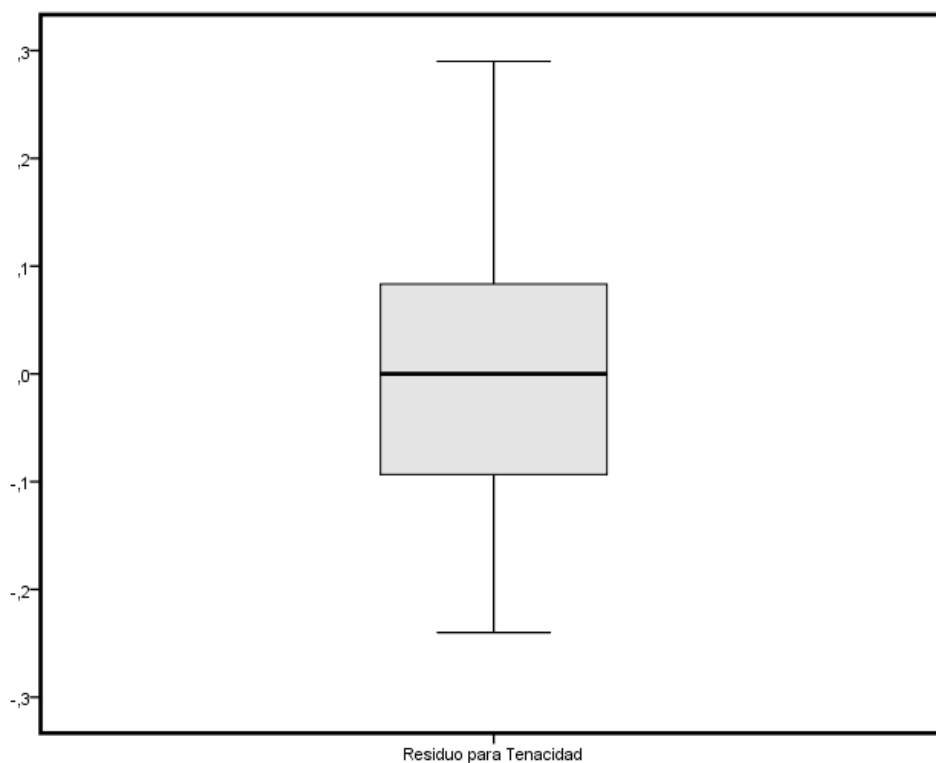
**Figura 10:** Medias marginales estimadas de tenacidad (cN/tex) según la interacción entre concentración del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) y tiempo de inmersión.

**Interpretación:** En la figura 10, muestra que la tenacidad aumentó en todos los tratamientos respecto al control, siendo la concentración del 1.5 % la que alcanzó la mayor media. Sin embargo, se evidenció una leve disminución con tiempos de inmersión mayores, especialmente a los 60 minutos. Esto indica que el aceite esencial de muña mejora la resistencia a la tracción, pero exposiciones prolongadas podrían afectar negativamente la estructura de la fibra.

#### 4.1.10. Análisis gráfico de residuos

Para validar el uso de pruebas paramétricas, se evaluó la normalidad de los residuos del modelo para la variable dependiente "tenacidad". Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de  $p = 0.950$ , lo cual indica que los residuos presentan una distribución normal, ya que el valor  $p$  es mayor a 0.05.

Este resultado fue confirmado visualmente mediante el gráfico Q-Q y el histograma de los residuos, que muestran una tendencia alineada a la distribución normal. Por lo tanto, se cumple el supuesto de normalidad de los residuos.



**Figura 11:** Histograma de residuos de la tenacidad en resistencia de la lana de ovino con el tratamiento aplicado

**Interpretación:** El gráfico boxplot muestra que los residuos del modelo para la tenacidad están centrados alrededor de cero, con simetría y sin presencia de valores atípicos extremos. Esto confirma que el modelo cumple con el supuesto de normalidad de los errores, lo cual valida el uso del ANOVA factorial.

#### 4.1.11. Comparaciones por pares (Post-hoc)

Para profundizar en las diferencias entre tratamientos, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba LSD (Least Significant Difference) entre los niveles del factor concentración. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas entre los siguientes pares de tratamiento:

- 0.5% vs Control:  $p = 0.000$
- 1% vs Control:  $p = 0.000$
- 1.5% vs Control:  $p = 0.000$
- 1% vs 1.5%:  $p = 0.006$

Estos resultados confirman que las concentraciones de aceite esencial aplicadas sobre la lana generaron un aumento significativo en la resistencia a la tracción respecto al grupo control. Por otro lado, no se hallaron diferencias significativas entre los niveles

del factor tiempo de inmersión, lo que sugiere que este parámetro no influyó de forma significativa sobre la propiedad mecánica evaluada.

#### 4.1.12. Contraste de hipótesis de la resistencia de la lana de ovino

En respuesta a la hipótesis específica 2, se plantearon las siguientes hipótesis para evaluar la resistencia a la tracción de la lana tratada:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** La concentración y el tiempo de inmersión del aceite esencial de muña no tienen un efecto significativo sobre la resistencia a la tracción de la lana de ovino.
- **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Al menos uno de los factores (concentración o tiempo de inmersión) influye significativamente en la resistencia a la tracción de la lana de ovino.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el factor concentración tuvo un efecto significativo ( $p = 0.021$ ), lo que permitió rechazar la hipótesis nula en este caso. En contraste, el tiempo de inmersión ( $p = 0.546$ ) y la interacción concentración  $\times$  tiempo ( $p = 0.554$ ) no presentaron significancia estadística, indicando que no influyen de manera relevante sobre la resistencia mecánica.

- Las muestras tratadas con 1.0 % y 1.5 % alcanzaron las mayores medias de tenacidad respecto al control, confirmando que la aplicación del aceite esencial favorece la resistencia de la lana de ovino. Sin embargo, los tiempos prolongados de inmersión no aportaron mejoras adicionales, por lo que el factor determinante es la concentración.
- Estos resultados evidencian que el aceite esencial de muña puede mejorar la resistencia a la tracción de la lana de ovino, manteniendo la integridad mecánica del material, aspecto de interés para aplicaciones textiles y procesos de acondicionamiento en comunidades productoras.

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Discusión de los resultados de actividad antimicrobiano (unidades formadoras de colonias bacterianas en la lana de ovino)

Los resultados obtenidos muestran que las concentraciones de 1.0 % y 1.5 % de aceite esencial de muña redujeron de manera marcada la carga bacteriana en la lana de ovino, llegando en algunos tratamientos a la ausencia total de colonias bacterianas. Aunque el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), la tendencia práctica confirma la acción antimicrobiana del aceite, particularmente frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Estos hallazgos se corresponden con lo descrito por Velarde et al. (2024), quienes reportaron halos de inhibición de hasta 27 mm frente a *S. aureus* empleando aceite de muña en discos de papel filtro. De manera similar, Laura (2019), encontró que concentraciones crecientes de aceite de muña generaron mayores halos de inhibición, corroborando que la eficacia antimicrobiana es dosis dependiente, tendencia que también se observó en este estudio. Asimismo, Quispe (2015) atribuyó la actividad del aceite a la presencia de compuestos fenólicos, mientras que Rojas et al. (2024) identificaron carvacrol y acetato de carvacrilo como principales componentes bioactivos, lo cual explica la inhibición observada en las bacterias presentes en la lana de ovino.

A nivel internacional, los resultados concuerdan con lo demostrado por Tanasa et al. (2023) y Gressier et al. (2019), quienes evidenciaron que los aceites esenciales aplicados en textiles de algodón y poliéster inhiben *S. aureus* y *E. coli*. La inhibición lograda sugiere que la estructura porosa de la lana facilita la retención del aceite, reforzando su utilidad en la mejora higiénica de materiales pecuarios locales.

En conclusión, este estudio permite sostener que el aceite esencial de muña es un agente natural viable para reducir la carga microbiana en lana de ovino, resultado de gran relevancia para el contexto productivo de Juliaca, donde el control microbiológico en el acopio es un desafío constante.

### 4.2.2. Discusión de los resultados de resistencia a la tracción de la lana de ovino

En relación con las propiedades mecánicas, el análisis ANOVA demostró un efecto estadísticamente significativo de la concentración del aceite de muña ( $p = 0.021$ ), siendo las mayores medias de tenacidad las alcanzadas con 1.0 % y 1.5 %. Este hallazgo coincide con lo señalado por Muñoz (2020), Gao y Cranston (2008), quienes

advirtieron que los acabados antimicrobianos pueden modificar las propiedades textiles, pero que los extractos vegetales tienden a ser menos agresivos. En este caso, el aceite de muña no solo evitó un deterioro, sino que potenció la resistencia a la tracción, lo cual es un aporte significativo.

Los resultados también se relacionan con lo indicado por Tanasa et al. (2023), quienes describieron que algunos aceites esenciales pueden interactuar superficialmente con fibras naturales y conferirles mayor estabilidad estructural. De manera complementaria, Gressier et al. (2019) explican que compuestos fenólicos como el carvacrol y la mentona pueden generar interacciones débiles con proteínas estructurales como la queratina, lo que contribuiría a la mayor resistencia observada en la lana tratada.

En contraste, ni el tiempo de inmersión ni la interacción concentración  $\times$  tiempo resultaron significativos ( $p > 0.05$ ). Esto sugiere que, dentro de los intervalos estudiados, la variable determinante es la concentración, mientras que exposiciones prolongadas podrían incluso reducir levemente la tenacidad, como se apreció en algunos tratamientos de 60 minutos.

Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Shahmoradi et al. (2014), Han y Yang (2005) en lana teñida con compuestos naturales, donde se observó que los acabados bioactivos no comprometen la resistencia mecánica. Así, la presente investigación confirma que la aplicación de aceite de muña es compatible con la integridad mecánica de la lana ovina, ofreciendo una alternativa natural y de bajo impacto ambiental que aporta valor agregado a la cadena textil de la región Puno.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) aplicado en lana de ovino evidenció un efecto antimicrobiano significativo y una mejora en la resistencia a la tracción, cumpliendo con el objetivo general planteado. Estos resultados confirman su potencial como alternativa natural y efectiva para la conservación de la lana destinada al acopio y comercialización en contextos locales.
- Las concentraciones de 1.0 % y 1.5 % fueron las más efectivas en la inhibición de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, registrándose incluso ausencia total de crecimiento bacteriano en algunos tratamientos. Al mismo tiempo, dichas concentraciones contribuyeron a mejorar la resistencia a la tracción de la lana tratada, evidenciando que la concentración del aceite es el factor determinante tanto en la actividad antimicrobiana como en el desempeño mecánico.
- El tiempo de exposición no mostró diferencias estadísticamente significativas en los parámetros microbiológicos ni mecánicos, lo que indica que prolongar la inmersión más allá de 60 minutos no mejora la eficiencia del tratamiento. Por tanto, la concentración del aceite se confirma como el principal factor determinante para obtener los mejores resultados.

## 5.2. Recomendaciones

- Promover el uso del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) como una alternativa natural y de bajo impacto ambiental para disminuir la carga microbiana en lana de ovino destinada al acopio, almacenamiento y comercialización, tanto en mercados locales como en otras regiones productoras donde las condiciones de manejo incrementan el riesgo de contaminación.
- Priorizar la aplicación de concentraciones de 1.0 % y 1.5 % de aceite esencial de muña, ya que demostraron los mejores resultados antimicrobianos y mecánicos. Se recomienda evitar tiempos de exposición prolongados, pues no generan beneficios adicionales e incluso podrían reducir la eficiencia del tratamiento.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica del proceso, considerando que el rendimiento promedio del aceite esencial obtenido por destilación es de aproximadamente 5 mL por cada 100 g de material vegetal de la muña, volumen suficiente para tratar cerca de 150 g de lana, como se realizó en el presente estudio. Este resultado evidencia la factibilidad del tratamiento a pequeña escala artesanal, aunque sería necesario optimizar la producción para su aplicación a nivel comercial.
- Ampliar la aplicación de este tratamiento a otras fibras de origen animal, como la alpaca, con el fin de evaluar su efectividad en diferentes matrices proteicas y explorar su incorporación en procesos artesanales e industriales diversificados.
- Fomentar investigaciones complementarias que evalúen la estabilidad y durabilidad del efecto antimicrobiano en condiciones reales de almacenamiento prolongado y durante la transformación de la lana en productos textiles, a fin de validar su aplicabilidad práctica y garantizar su valor agregado en la cadena textil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aquije Huaroto, L. (2015). *Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de Minthostachys mollis muña*. Universidad Alas Peruanas. Lima- Perú: Facultad de medicina humana y ciencias de la salud. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/1123>
- ASTM. (2022). ASTM D2256 - Método de prueba estándar para propiedades de tracción de hilos mediante el método de hebra única. *ASTM*. Obtenido de <https://www.instron.com/es/testing-solutions/astm-standards/astm-d2256>
- Çakaloğlu, B., Özyurt, V., & Ötleş, S. (12 de 07 de 2018). Cold press in oil extraction. A review. *Ukrainian Food Journal*, 7, 15. doi:10.24263/2304-974X-2018-7-4-9
- Choque, G., & Mamani, A. (30 de 04 de 2020). *Juliaca, ciudad abierta. Un eje articulador sureño*. Puno, Juliaca. Recuperado el 24 de 8 de 2025, de <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-adiestramiento-en-trabajo-industrial/electricidad-industrial-senati/juliaca-peru-hoy-dic2012/110057337>
- Diaz, M. (29 de 12 de 2017). Determinación del rendimiento a diferentes tiempos de extracción de aceite esencial de la raíz *Salvia trifilis* Epling (mejorana) por el método de arrastre de vapor. *Agroindustrial science*, 7, 73-77. doi:10.17268/agroind.sci.2017.02.03
- Egg, A. B. (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Peru. Obtenido de <https://cbc.org.pe/producto/diccionario-enciclopédico-de-plantas-utiles-del-peru/>
- Exportadora, S. y. (2017-2022). Análisis del mercado de lana de ovino 2017 - 2022. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*, 56. Obtenido de <https://repositorio.agromercado.gob.pe/xmlui/handle/SSE/504>
- Gao, Y., & Cranston, R. (2008). Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles. *Textile Research Journal*, 78(1), 60-72. doi:10.1177/0040517507082332
- Gonzales de la Cruz, M., Baldeon Malpartida, S., Beltran Santiago, H., Jullian, V., & Bourdy, G. (11 de 9 de 2014). Hot and cold: Medicinal plant uses in Quechua speaking communities in the high Andes (Callejón de Huaylas, Ancash, Perú). *Journal of Ethnopharmacology*, 155, 1093-1117. doi:10.1016/j.jep.2014.06.042

- Gonzales, D. K., Salazar S, M. E., & Fuertes R., C. (2021). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Minthostachys*. *Ciencia e Investigación*. doi:10.15381/ci.v24i2.22522
- Gressier, P., De Smet, D., Behary, N., Campagne, C., & Vanneste, M. (2019). Antibacterial polyester fabrics via diffusion process using active bio-based agents from essential oils. *Industrial Crops & Products*. doi:10.1016/j.indcrop.2019.04.014
- Gupta, D., Khare, S. K., & Laha, A. (22 de 6 de 2004). Antimicrobial properties of natural dyes against Gram-negative bacteria. *120*, 167-171. doi:10.1111/j.1478-4408.2004.tb00224.x
- Han, S., & Yang, Y. (2005). Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin. *Dyes and Pigments*, *64*, 157-161. doi:10.1016/j.dyepig.2004.05.008
- Henan Kingman Mechanical & Electrical Complete Plant Co., L. (24 de 8 de 2025). *KMEC engineering*. Recuperado el 24 de 8 de 2025, de <https://www.plantasaceiteras.com/procesos-de-extracci-n-por-solventes.html#:~:text=Proceso%20de%20una%20planta%20de,Producto%20acabado%20y%20envasado>.
- Institute, C. a. (2015). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; Approved standard (12th ed.)*. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Pennsylvania: Clinical and Laboratory Standards Institute. Obtenido de <https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m02/>
- Instituto Nacional de Calidad - INACAL. (2022). *NTP-ISO 2060:2006. Textiles. Hilos de arrollamientos. Determinación de la masa lineal (masa por unidad de longitud) por el método de la madeja (Revisada el 2022)*. Lima: INACAL. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe>
- Instituto Nacional de Calidad - INACAL. (2022). *NTP-ISO 2062:2015. Textiles. Hilados de arrollamientos. Determinación de la fuerza de rotura de un solo extremo y alargamiento en la rotura utilizando un probador de velocidad constante de alargamiento (CRE). 2.ª Edición*. Institución Nacional de Calidad. Lima: INACAL. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- International Organization for Standardization, I. (2021). *Textiles determinación de la actividad antibacteriana de los productos textiles*. ISO. Recuperado el 24 de 8 de 2025

- International Organization for Standardization, I. (2025). *Determination of antibacterial activity — Agar diffusion plate test*. ISO. Recuperado el 24 de 8 de 2025, de <https://www.ivami.com/es/actividades-biocidas-y-toxicologia-con-desinfectantes-25-pruebas-acreditadas/5865-iso-20645-evaluacion-de-la-actividad-antibacteriana-en-tejidos-textiles-ensayo-de-difusion-sobre-placa-de-agar-une-en-iso-20645-2005>
- International Organization for Standardization, I.-2. (2014). *Textiles - Determinación de la actividad anfúngica de los productos textiles. parte2: Metodo de recuento de placas*. ISO. Recuperado el 24 de 8 de 2025
- Iordache, O., Cozea, A., Vărzaru, E., Stoica, E., Platon, C., Rodino, S., & Rodino, S. (2016). Actividad antimicrobiana de textiles tratados con aceites esenciales de romero y naranja contra una selección de hongos patógenos. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 20. Obtenido de ISSN2285-1364
- Joshi, M., Wased, S., & Purwar, R. (9 de 2009). Ecofriendly antimicrobial finishing of textiles using bioactive agents based on natural products. *Revista India de Investigación de fibras y textyiles*, 34, 295-304. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/279887852\\_Ecofriendly\\_antimicrobial\\_finishing\\_of\\_textile\\_using\\_bioactive\\_agents\\_based\\_on\\_natural\\_products](https://www.researchgate.net/publication/279887852_Ecofriendly_antimicrobial_finishing_of_textile_using_bioactive_agents_based_on_natural_products)
- Khan, M., Ahmad, A., Khan, S., Yusuf, M., Shahid, M., Manzoor, N., & Mohammad, F. (2011). Assessment of antimicrobial activity of Catechu and its dyed substrate. *Journal of Cleaner Production*, 10. doi:10.1016/j.jclepro.2011.03.013
- LAB, M. (2022). *Agar mueller hinton*. Recuperado el 2 de 10 de 2024, de MCD LAB: [https://mcd.com.mx/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=22670](https://mcd.com.mx/index.php?controller=attachment&id_attachment=22670)
- Laura Ticona, J. (2019). *Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales de eucalipto (Eucalyptus globulus labill); muña (Minthostachys mollis) frente a Staphylococcus aureus y Coliformes fecales*. Tesis, Universidad Peruana Union, Puno, Puno. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1711>
- Lopez Salazar, H., Camacho Diaz, B. H., Arenas Ocampo, M. L., & Jiménez Aparicio, A. R. (2023). Microwave assisted Extraction of functional compounds from plants: A review. *bioresources*, 25. doi:10.15376/biores.18.3.Lopez-Salazar
- Mamani, J. Z. (2017). *Actividad antibacteriana "in vitro" del aceite esencial de menta, frente a Escherichia coli enteropatogena (EPEC)*. Universidad Nacional del

- Altiplano, Puno. Puno: Facultad de ciencias Biologicas. Obtenido de <http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/investigaciones/article/view/107>
- Manion, C., & Widder, R. (2017). Essentials of essential oils. *American Journal of Health-System Phar*, 10. doi:10.2146/ajhp051043
- Medicina, S. (18 de 1 de 2019). *Medicina y salud publica*. Recuperado el 24 de 8 de 2025, de Diseñan antitoxina efectiva contra 'Staphylococcus aureus': <https://medicinaysaludpublica.com/noticias/general/disenan-antitoxina-efectiva-contrastaphylococcus-aureus/3918>
- Muñoz Echeverri, L. M. (28 de 4 de 2020). Aplicaciones, Acabados Antimicrobianos en Textiles: Tendencias y aplicaciones. *Encuentro SENNOVA Del Oriente Antioqueño*, 5. doi:10.23850/26652447/5/1/2766
- Nayak, R., & Padhye, R. (2015). *Antimicrobial finishes for textiles* (Elsevier Inc. ed.). Australia: Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection. doi:10.1533/9780857098450.2.361
- Pasachova Garzon, j., Ramirez Martinez, S., & Muñoz Molina, L. (2019). Staphylococcus aureus: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular. *Nova*, 17, 25-38. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200025&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200025&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Patel, J., Cockerill, F., Bradford, P., Eliopoulos, G., Hindler, J., Jenkins, S., . . . Zimmer, B. (1 de 2015). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard—Twelfth Edition*. Clinical and laboratory standards institute, USA. Obtenido de [www.clsi.org](http://www.clsi.org).
- Perez, A. (2015). Propiedades de la lana. *Journal Revist*, 5.
- Popiolski, T. M., Wilimzig, M., & Soldi, V. (2021). Antibacterial activity of textile fibers containing poly(ethylene oxide-b-lactic acid) nanoparticles with incorporated essential oils. *Revista materia*. doi:10.0590/s1517-707620210001.1235
- Quispe Sanchez, J. P. (2015). *Caracterización físico química del aceite esencial de la muña (minthostachys seota) y su estudio antibacteriano*. Trujillo - Perú: Universidad nacional de trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14414/3592>
- Radhika, D. (11 de 2019). Review Study on Antimicrobial Finishes on Textiles-Plant Extracts and Their Application. *International Research Journal of Engineering*

- and Technology*, 6. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V6/i11/IRJET-V6I11326.pdf>
- Reyes García, M. (12 de 2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Ministerio de Salud. doi:978-612-310-117-6
- Rojas Armas, J. P., Ortiz Sanchez, J. M., Palomino Pacheco, M., Hilario Vargas, H. J., Herrera Calderón, O., & Hilario Vargas, J. (2019). Potential Toxicity of the Essential Oil from *Minthostachys mollis*: *Journal of Toxicology*. doi:10.1155/2019/1987935
- Rojas Molina, J. O., Pino, J., Ceballos-Carvajal, E. R., Vaca-Castro, C., Molina-Borja, F., & Mena-Herrera, C. (2024). Essential oil of *Minthostachys mollis* (HBK) Griseb, leaves from Ecuador: Extraction, chemical composition antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*. doi:10.37360/blacpma.24.23.3.30
- Romero, R., Mayta, D., Ancaya, M., Tasayco, S., & Berrio, M. (2024). *Método de investigación científica*. (I. d. Capacitación, Ed.) Perú: IDICAP PACIFICO. doi:10.53595/eip.012.2024
- Rosas Rivera, A. A. (15 de 2 de 2016). La lana de ovino como material aislante : natural, renovable y sostenible. *Universidad Politecnica de Catalunya*, 186. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/84043>
- Saldarriaga Lescano, M. (2022). *AWAQ WASI: Centro de producción textil para la comunidad de artesanos y productores de Vilque, Puno*. Lima: Pontificia universidad catolica del Perú.
- Sarowska, J., Futoma-Koloch, B., Jama-Kmiecik, A., Frej-Madrzak, M., Ksiazczyk, M., Bugla-Ploskonska, G., & Choroszy-Krol, I. (21 de 2 de 2019). Virulence factors, prevalence and potential transmission of extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* isolated from different sources: recent reports. *Gut Pathogens*, 11. doi:10.1186/s13099-019-0290-0
- Sevillano, R., Castillo, W., & Silva, E. (28 de 6 de 2019). Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales. *Manglar*, 18, 53-61. doi:10.17268/manglar.2019.008
- Shahmoradi, F., Mortazavi, S., Alihosseini, F., Fassihi, A., Shams Nateri, A., & Abedi, D. (2014). Assessment of antibacterial activity of wool fabrics dyed with natural. *Journal of Cleaner Production*, 7. doi:10.1016/j.jcepro.2014.02.050

- Soroh, A., Owen, L., Rahim, N., Masania, J., Abioye, A., Qutachi, O., . . . Laird, K. (22 de 5 de 2021). Microemulsificación de aceites esenciales para el desarrollo de recubrimientos funcionales antimicrobianos y repelentes de mosquitos para textiles. *Microbiología Aplicada*, 131(6). doi:10.1111/jam.15157
- Souza, V., Castillo, A., Rocha, M., Sandner, L., Silva, C., & Eguiarte, L. (2001). Ecología Evolutiva de *Escherichia coli*. *Interciencia*, 10, 513-517. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442001001000016&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001001000016&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Standardization, I. O. (2021). *ISO 20743:2021 Textiles — Determinación de la actividad antibacteriana de productos textiles*. ISO. Obtenido de <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/07/98/79819.html>
- Standardization, I. O. (2021). *ISO 9235:2021 Materias primas naturales aromáticas*. ISO. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9235:ed-3:v1:en>
- Tanasa, F., Teaca, C. A., Nechifor, M., Ignat, M., Ignat, M., & Ignat, L. (1 de 6 de 2023). Highly Specialized Textiles with Antimicrobial Functionality—Advances and Challenges. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 3, 219-245. doi:10.3390/textiles3020015
- Textiles, L. A., & AATCC. (2020). Método de prueba TM100 para el método de prueba de acabados antibacterianos en materiales textiles. *La Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles*. Obtenido de <https://members.aatcc.org/store/tm100/513/>
- Ticona, J. L. (2019). *Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales de eucalipto (Eucalyptus globulus labill); muña (Minthostachys mollis) frente a Staphylococcus aureus y Coliformes fecales*. Universidad Peruana Union, Puno. Puno: Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1711>
- Torrenegra Alarcón, M., Granados-Conde, C., Durán-Lengua, M., León-Méndez, G., Yáñez-Rueda, X., Pájaro-Castro, N., & Martínez, C. (1 de 1 de 2016). Composición Química y Actividad Antibacteriana del Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Orinoquia*, 20, 69-76. doi:10.22579/20112629.329
- Tradicionsilvestre. (14 de 1 de 2018). *Fitoterapia, plantas medicinales, perfumes*. Obtenido de Diferencia entre un aceite esencial extraído por destilación al vapor o por expresión: <https://tradicionsilvestre.com/2018/01/14/diferencia-entre-un-aceite-esencial-extraido-por-destilacion-al-vapor-o-por-expresion/>

- Velarde Negrete, J., Hinojosa, M. E., Pucho Víctor, M., Espinoza Antezana, M., Orellana, D. V., Orellana, D. V., & Canaza, K. B. (2024). In vitro antibacterial activity of Muña leaves extract and essential oil Actividad antibacteriana in vitro del extracto y aceite esencial de hojas de Muña Check for updates. *Gac Med Bol*, 47. doi:10.47993/gmb.v47i1
- Verma, M., Gahlot, N., Jeet Singh, S., & Rose, N. (2021). UV protection and antibacterial treatment of cellulosic fibre (cotton) using chitosan and onion skin dye. *Carbohydrate Polymers*. doi:10.1016/j.carbpol.2020.117612
- Villanueva Pinedo, M. (2023). *Evaluación de la producción y los precios de la lana de ovino*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú: Escuela de posgrado maestría en economía agrícola. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6024>
- Zhang, Q., Lin, L.-G., & Ye, W. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 26. doi:10.1186/s13020-018-0177-x
- Zimmer, B., Carpenter, D., Esparza, G., Alby, K., Bhatnagar, A., Ferrell, A., . . . Yee, R. (2024). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests CLSI M02* (Vol. 44). Obtenido de <https://clsi.org/shop/standards/m02/>
- Zuni Mamani, J. (10 de 3 de 2017). *Actividad antibacteriana “in vitro” del aceite esencial de Menta (Mentha piperita L.) frente a Escherichia coli enteropatógena (EPEC)*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4194>

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°1

Replicas	Muestra	Concentración	Tiempo de reposo	Conteo de las unidades formadoras de colonias bacterianas antes del tratamiento	Crecimiento observado	Tipo de bacteria	Conteo de UFC después del lavado de la lana de ovino con tratamiento aplicado	Crecimiento observado
LC	<b>Lana sin tratamiento aplicado</b>			<b>500</b>	<b>Muy alta</b>	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	<b>245</b>	<b>Muy bajo</b>
R1	1	0.5%	15 min	400	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	12	Muy bajo
R1	2	0.5%	30 min	480	Alto	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R1	3	0.5%	60 min	400	Muy Alto	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R1	4	1.0%	15 min	80	Bajo	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	4	Muy bajo
R1	5	1.0%	30 min	180	Bajo	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R1	6	1.0%	60 min	150	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	20	Muy bajo
R1	7	1.5%	15 min	320	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo

continuación

R1	8	1.5%	30 min	330	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R1	9	1.5%	60 min	310	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo

**Nota:** norma base utilizada según la técnica de siembra por hisopado sobre Agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12.

**Anexo 2:** Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°2

Replicas	Muestra	Concentración	Tiempo de reposo	Conteo de las unidades formadoras de colonias bacterianas antes del tratamiento	Crecimiento observado	Tipo de bacteria	Conteo de UFC después del lavado de la lana de ovino con tratamiento aplicado	Crecimiento observado
LC	<b>Lana sin tratamiento aplicado</b>			<b>500</b>	<b>Muy alta</b>	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	<b>245</b>	<b>Muy bajo</b>
R2	1	0.5%	15 min	408	Muy Alto	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R2	2	0.5%	30 min	410	Alto	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	35	Muy bajo
R2	3	0.5%	60 min	350	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	18	Muy bajo

continuación

R2	4	1.0%	15 min	330	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R2	5	1.0%	30 min	320	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	5	Muy bajo
R2	6	1.0%	60 min	230	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R2	7	1.5%	15 min	320	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	10	Muy bajo
R2	8	1.5%	30 min	220	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	20	Muy bajo
R2	9	1.5%	60 min	330	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	20	Muy bajo

**Nota:** norma base utilizada según la técnica de siembra por hisopado sobre Agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12.

**Anexo 3:** Datos experimentales de actividad antimicrobiana según concentración y tiempo de inmersión del tratamiento con aceite esencial de muña aplicada a la lana de ovino, réplica N°3

Replicas	Muestra	Concentración	Tiempo de reposo	Conteo de las unidades formadoras de colonias bacterianas antes del tratamiento	Crecimiento observado	Tipo de bacteria	Conteo de UFC después del lavado de la lana de ovino con tratamiento aplicado	Crecimiento observado
----------	---------	---------------	------------------	---	-----------------------	------------------	---	-----------------------

continuación

LC	Lana sin tratamiento aplicado			500	Muy alta	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	245	Muy bajo
R3	1	0.5%	15 min	380	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R3	2	0.5%	30 min	368	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	2	Muy bajo
R3	3	0.5%	60 min	280	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R3	4	1.0%	15 min	340	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R3	5	1.0%	30 min	270	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R3	6	1.0%	60 min	290	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R3	7	1.5%	15 min	230	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	0	Muy bajo
R3	8	1.5%	30 min	250	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	6	Muy bajo
R3	9	1.5%	60 min	280	Moderado	<i>Staphylococcus a., Escherichia c.</i>	6	Muy bajo

**Nota:** norma base utilizada según la técnica de siembra por hisopado sobre Agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12.

**Anexo 4:** Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 1.

<b>Muestra</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>peso de hebra (g)</b>	<b>Título (tex)</b>	<b>cN</b>	<b>Tenacidad (cN/tex)</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	1	15.82	20.3	0.48	800	1582	1.98
	2	15.81	30.1	0.48	800	1581	1.98
	3	13.88	21.2	0.48	800	1388	1.74
	4	14.02	10.7	0.48	800	1402	1.75
	5	15.61	29.1	0.48	800	1561	1.95
	6	16.41	15.3	0.48	800	1641	2.05
<b>0.5% - 30 min</b>	1	16.58	15.8	0.48	800	1658	2.07
	2	12.89	20.4	0.48	800	1289	1.61
	3	17.90	19.0	0.48	800	1790	2.24
	4	13.99	29.5	0.48	800	1399	1.75
	5	11.14	19.7	0.48	800	1114	1.39
	6	14.01	24.8	0.48	800	1401	1.75
<b>0.5% - 60 min</b>	1	16.31	45.5	0.48	800	1631	2.04
	2	18.20	53.7	0.48	800	1820	2.28
	3	9.35	16.5	0.48	800	935	1.17
	4	14.13	29.6	0.48	800	1413	1.77
	5	16.62	23.9	0.47	783	1662	2.12
	6	9.65	13.5	0.48	800	965	1.21
<b>1.0% - 15 min</b>	1	12.92	25.6	0.48	800	1292	1.62
	2	9.78	13.5	0.48	800	978	1.22

continuación

	3	9.83	19.3	0.48	800	983	1.23
	4	10.05	18.5	0.48	800	1005	1.26
	5	19.50	20.0	0.48	800	1950	2.44
	6	18.54	25.8	0.48	800	1854	2.32
<b>1.0% - 30 min</b>	1	12.80	19.7	0.48	800	1280	1.60
	2	17.80	18.6	0.48	800	1780	2.23
	3	13.11	21.0	0.48	800	1311	1.64
	4	13.60	21.9	0.47	783	1360	1.74
	5	12.90	19.0	0.48	800	1290	1.61
	6	16.02	15.3	0.48	800	1602	2.00
<b>1.0% - 60 min</b>	1	16.99	18.7	0.48	800	1699	2.12
	2	13.26	26.9	0.48	800	1326	1.66
	3	12.76	28.6	0.48	800	1276	1.60
	4	12.15	27.2	0.48	800	1215	1.52
	5	14.06	25.5	0.48	800	1406	1.76
	6	12.02	25.3	0.48	800	1202	1.50
<b>1.5% - 15 min</b>	1	15.85	26.2	0.48	800	1585	1.98
	2	12.93	29.2	0.48	800	1293	1.62
	3	10.38	22.2	0.48	800	1038	1.30
	4	10.36	21.0	0.48	800	1036	1.30
	5	12.00	28.0	0.48	800	1200	1.50
	6	21.66	32.4	0.48	800	2166	2.71
<b>1.5% - 30 min</b>	1	11.86	20.9	0.48	800	1186	1.48

continuación

	2	11.20	20.8	0.48	800	1120	1.40
	3	15.75	29.5	0.48	800	1575	1.97
	4	14.00	28.6	0.48	800	1400	1.75
	5	13.75	17.9	0.48	800	1375	1.72
	6	11.68	23.9	0.47	783	1168	1.49
	<b>1.5% - 60 min</b>	1	11.72	21.4	0.47	783	1172
2		17.38	26.3	0.48	800	1738	2.17
3		11.45	23.6	0.48	800	1145	1.43
4		11.40	23.2	0.48	800	1140	1.43
5		11.97	21.7	0.48	800	1197	1.50
6		11.57	28.6	0.48	800	1157	1.45

**Nota:** norma base utilizada para prueba de resistencia a la tracción en hebras hiladas artesanalmente siguiendo los lineamientos de la norma ISO 2062:2015.

**Anexo 5:** Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 2.

Muestra	Repeticiones	Carga máxima (N)	Elongación (%)	peso de hebra (g)	Título (tex)	cN	Tenacidad (cN/tex)
<b>0.5% - 15 min</b>	1	16.57	26.5	0.48	800	1657	2.07
	2	13.44	26.3	0.48	800	1344	1.68
	3	12.71	24.0	0.48	800	1271	1.59
	4	11.10	25.2	0.48	800	1110	1.39
	5	14.70	27.2	0.48	800	1470	1.84

continuación

	6	14.05	25.9	0.48	800	1405	1.76
<b>0.5% - 30 min</b>	1	13.55	20.3	0.48	800	1355	1.69
	2	11.00	23.4	0.48	800	1100	1.38
	3	10.06	19.0	0.47	783	1006	1.28
	4	14.07	25.8	0.48	800	1407	1.76
	5	10.85	20.7	0.48	800	1085	1.36
	6	14.21	17.8	0.48	800	1421	1.78
<b>0.5% - 60 min</b>	1	17.61	24.0	0.47	783	1761	2.25
	2	14.82	26.0	0.48	800	1482	1.85
	3	16.80	15.2	0.48	800	1680	2.10
	4	21.96	29.8	0.48	800	2196	2.75
	5	15.80	25.6	0.48	800	1580	1.98
	6	13.58	22.6	0.47	783	1358	1.73
<b>1.0% - 15 min</b>	1	11.14	16.6	0.48	800	1114	1.39
	2	12.95	19.4	0.47	783	1295	1.65
	3	13.96	24.8	0.48	800	1396	1.75
	4	13.22	24.5	0.48	800	1322	1.65
	5	12.77	28.3	0.48	800	1277	1.60
	6	12.09	27.4	0.48	800	1209	1.51
<b>1.0% - 30 min</b>	1	13.23	29.5	0.48	800	1323	1.65
	2	19.05	25.9	0.48	800	1905	2.38
	3	13.84	28.5	0.48	800	1384	1.73

continuación

	4	11.96	26.9	0.48	800	1196	1.50
	5	13.02	29.2	0.48	800	1302	1.63
	6	13.08	20.7	0.48	800	1308	1.64
<b>1.0% - 60 min</b>	1	16.95	29.7	0.48	800	1695	2.12
	2	18.24	25.9	0.48	800	1824	2.28
	3	12.06	26.9	0.48	800	1206	1.51
	4	13.82	30.2	0.48	800	1382	1.73
	5	15.25	26.2	0.48	800	1525	1.91
	6	12.72	22.6	0.47	783	1272	1.62
<b>1.5% - 15 min</b>	1	23.36	30.0	0.48	800	2336	2.92
	2	11.31	20.3	0.48	800	1131	1.41
	3	11.20	20.0	0.47	783	1120	1.43
	4	19.60	27.0	0.48	800	1960	2.45
	5	11.02	17.5	0.48	800	1102	1.38
	6	11.28	19.0	0.48	800	1128	1.41
<b>1.5% - 30 min</b>	1	12.79	28.7	0.48	800	1279	1.60
	2	11.00	17.8	0.48	800	1100	1.38
	3	19.32	30.1	0.48	800	1932	2.42
	4	18.07	28.2	0.48	800	1807	2.26
	5	16.28	20.0	0.48	800	1628	2.04
	6	11.90	23.9	0.48	800	1190	1.49
<b>1.5% - 60 min</b>	1	14.21	23.6	0.48	800	1421	1.78

continuación

	2	17.82	20.5	0.48	800	1782	2.23
	3	11.82	25.9	0.48	800	1182	1.48
	4	11.42	27.6	0.48	800	1142	1.43
	5	11.32	25.3	0.48	800	1132	1.42
	6	11.70	20.3	0.47	783	1170	1.49

**Nota:** norma base utilizada para prueba de resistencia a la tracción en hebras hiladas artesanalmente siguiendo los lineamientos de la norma ISO 2062:2015.

**Anexo 6:** Datos experimentales de resistencia en función de la concentración y tiempo de inmersión del tratamiento de la lana de ovino con aceite esencial de muña Replica 3.

<b>Muestra</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Carga máxima (N)</b>	<b>Elongación (%)</b>	<b>peso de hebra (g)</b>	<b>Título (tex)</b>	<b>cN</b>	<b>Tenacidad (cN/tex)</b>
<b>0.5% - 15 min</b>	1	24.68	26.6	0.48	800	2468	3.09
	2	19.81	21.6	0.48	800	1981	2.48
	3	15.69	22.3	0.47	783	1569	2.00
	4	15.39	27.5	0.48	800	1539	1.92
	5	15.98	25.6	0.48	800	1598	2.00
	6	16.14	28.5	0.48	800	1614	2.02
<b>0.5% - 30 min</b>	1	15.56	27.2	0.48	800	1556	1.95
	2	15.57	26.3	0.48	800	1557	1.95
	3	15.25	25.8	0.48	800	1525	1.91
	4	15.36	26.0	0.48	800	1536	1.92
	5	14.36	24.5	0.48	800	1436	1.80

continuación

	6	15.98	25.4	0.48	800	1598	2.00
<b>0.5% - 60 min</b>	1	14.23	16.2	0.47	783	1423	1.82
	2	14.21	21.5	0.48	800	1421	1.78
	3	12.11	24.5	0.48	800	1211	1.51
	4	14.99	17.4	0.47	783	1499	1.91
	5	17.82	22.6	0.48	800	1782	2.23
	6	19.99	24.8	0.48	800	1999	2.50
<b>1.0% - 15 min</b>	1	15.20	22.6	0.48	800	1520	1.90
	2	15.82	24.5	0.48	800	1582	1.98
	3	15.20	25.0	0.48	800	1520	1.90
	4	15.95	21.2	0.48	800	1595	1.99
	5	16.02	23.6	0.48	800	1602	2.00
	6	16.29	26.3	0.48	800	1629	2.04
<b>1.0% - 30 min</b>	1	12.26	23.3	0.48	800	1226	1.53
	2	12.01	24.9	0.48	800	1201	1.50
	3	12.98	30.4	0.48	800	1298	1.62
	4	12.25	15.8	0.47	783	1225	1.56
	5	13.06	17.2	0.48	800	1306	1.63
	6	13.86	19.2	0.48	800	1386	1.73
<b>1.0% - 60 min</b>	1	13.88	20.6	0.48	800	1388	1.74
	2	12.96	15.7	0.47	783	1296	1.65

continuación

	3	13.20	17.6	0.48	800	1320	1.65
	4	13.77	22.6	0.48	800	1377	1.72
	5	13.50	18.3	0.48	800	1350	1.69
	6	13.99	17.7	0.47	783	1399	1.79
<b>1.5% - 15 min</b>	1	12.02	20.2	0.48	800	1202	1.50
	2	12.62	16.0	0.48	800	1262	1.58
	3	12.20	20.0	0.48	800	1220	1.53
	4	12.18	15.6	0.48	800	1218	1.52
	5	12.45	17.9	0.48	800	1245	1.56
	6	12.97	15.5	0.48	800	1297	1.62
<b>1.5% - 30 min</b>	1	15.72	22.0	0.48	800	1572	1.97
	2	11.33	19.8	0.48	800	1133	1.42
	3	12.05	17.3	0.48	800	1205	1.51
	4	12.02	16.0	0.48	800	1202	1.50
	5	11.85	24.7	0.48	800	1185	1.48
	6	11.51	19.1	0.48	800	1151	1.44
<b>1.5% - 60 min</b>	1	11.48	25.9	0.48	800	1148	1.44
	2	11.66	18.9	0.48	800	1166	1.46
	3	11.63	18.6	0.48	800	1163	1.45
	4	11.85	16.7	0.47	783	1185	1.51
	5	11.90	16.7	0.47	783	1190	1.52

continuación

	6	11.55	15.0	0.48	800	1155	1.44
--	---	-------	------	------	-----	------	------

**Nota:** norma base utilizada para prueba de resistencia a la tracción en hebras hiladas artesanalmente siguiendo los lineamientos de la norma ISO 2062:2015.

**Anexo 7:** Proceso de la extracción del aceite esencial de muña por método de arrastre de vapor



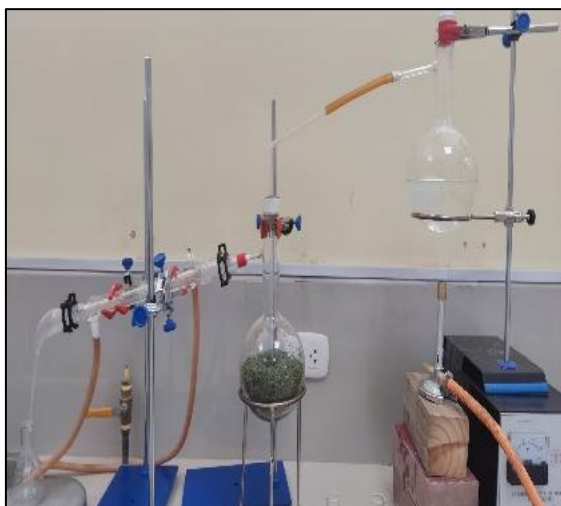
Preparación de la planta de muña (Hojas verdes secas)



Hojas de la planta de muña cada una con 100 gramos en peso



Aceite esencial de muña extraído



Extracción del aceite esencial por método de arrastre de vapor.

**Nota:** El procedimiento fue realizado en el laboratorio de química en la Universidad Nacional de Juliaca, sede capilla, con 100 gramos de hojas de muña más 500 ml de agua destilada, realizadas 10 veces este proceso.

**Anexo 8:** Proceso del tratamiento con el aceite esencial de muña en la lana de ovino sin previo lavado



Pesaje de lana de ovino en 5 gramos c/u



Mezcla de agua destilada, emulsionante y aceite esencial de muña



Inmersión de la lana de ovino en los tratamientos con el aceite esencial de muña



Secado de lana de ovino después de la aplicación con el aceite esencial de muña

**Nota:** El procedimiento con las concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% en los diferentes tiempos como 15, 30, 60 minutos cada muestra de lana de ovino sumergidas en ellas, realizado en el laboratorio de microbiología en la Universidad Nacional de Juliaca, sede capilla.

**Anexo 9:** Procedimiento de la evaluación de la actividad antimicrobiana en la lana de ovino lavada con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña



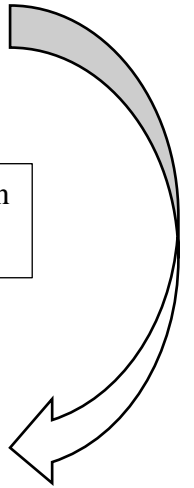
Esterilización de placas Petri



Inoculación de las muestras tratadas con el aceite esencial de muña

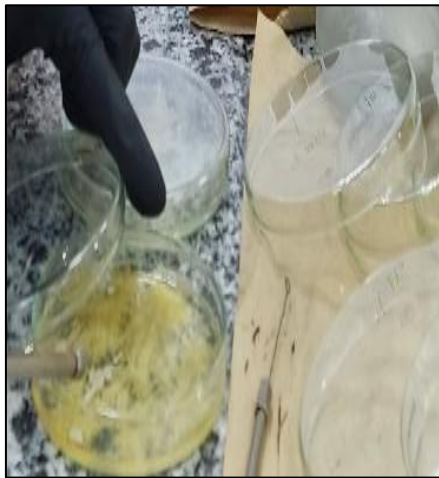


Incubación de las muestras tratadas con el aceite esencial de muña



**Nota:** El método de inoculación de las muestras de lana de ovino en las placas Petri con el agar Mueller-Hinton fueron por estriado, para luego llevarlo a la incubadora y obtener un conteo exacto de las unidades formadoras de colonias bacterianas, realizado en el laboratorio de microbiología en la Universidad Nacional de Juliaca, sede capilla.

**Anexo 10:** Procedimiento de identificación de bacterias encontradas en las muestras evaluadas de la lana de ovino con y sin el tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña



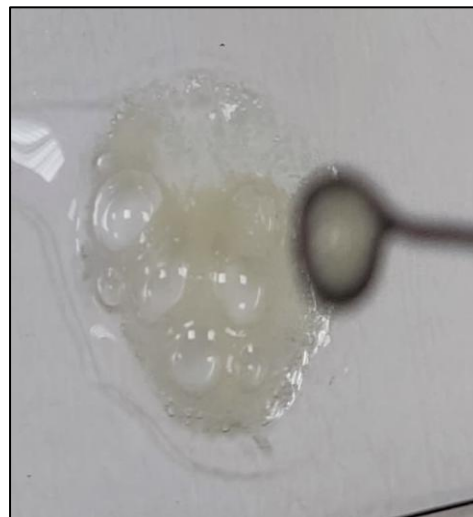
Extracción de bacterias para su identificación



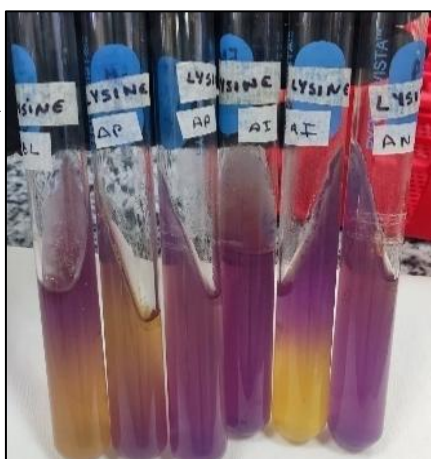
Inoculación de bacterias para su identificación



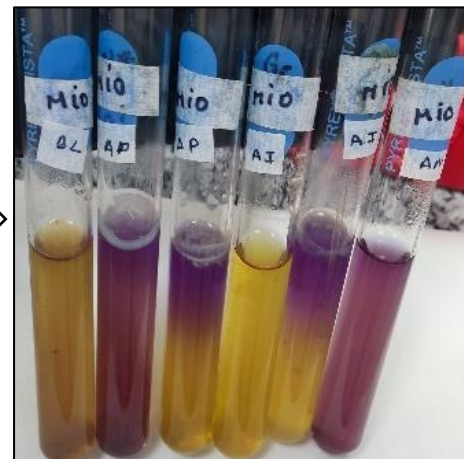
Pruebas de TSI dando + a la *Escherichia C.*



Prueba de catalasa dando + a *Staphylococcus A.*



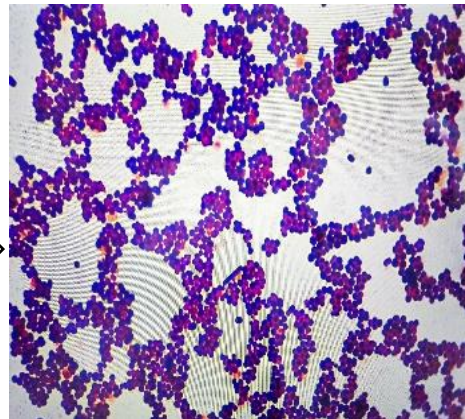
Pruebas de LYSINE dando + a la *Escherichia C.*



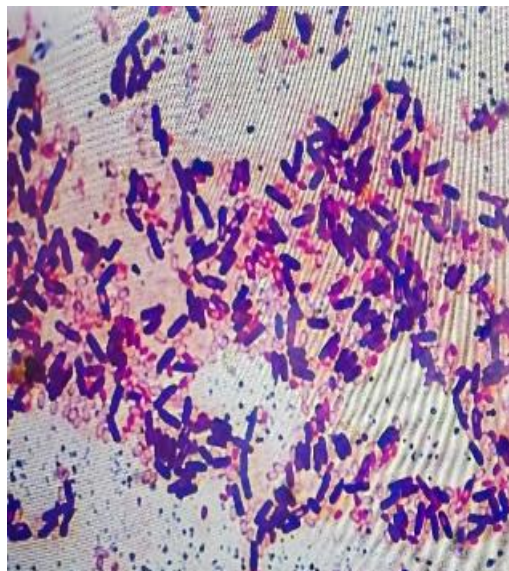
Pruebas de MIO dando + a la *Escherichia C.*



Compuestos para la tinción gran de bacterias encontradas.



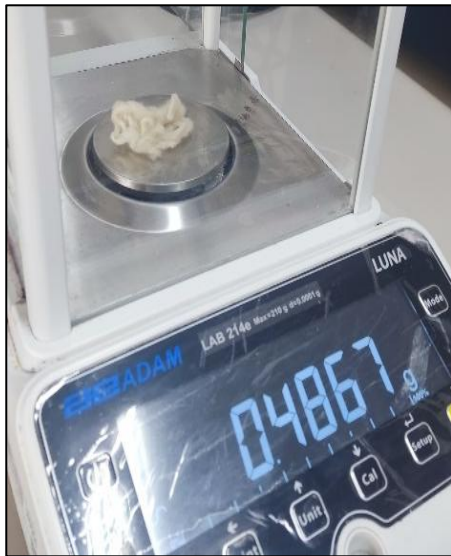
Confirmación de colonias bacterianas *Staphylococcus A.* en la lana de ovino.



Confirmación de colonias bacterianas *Escheriachia C.* en la lana de ovino.

**Nota:** En el procedimiento de identificación de bacterias se encontró en las muestras evaluadas de la lana de ovino la *Staphylococcus A.* y *Escheriachia C.*, se observó visualmente mediante el microscopio óptico en el laboratorio de microbiología en la Universidad Nacional de Juliaca, sede capilla.

**Anexo 11:** Proceso de evaluación de resistencia a la tracción en la lana de ovino con tratamiento aplicado del aceite esencial de muña



Pesaje del hilo de lana de ovino tratada y no tratada con el aceite esencial de muña



Selección de 6 hilos de lana de ovino, por cada tratamiento con aceite esencial de muña y hebras sin el tratamiento aplicado



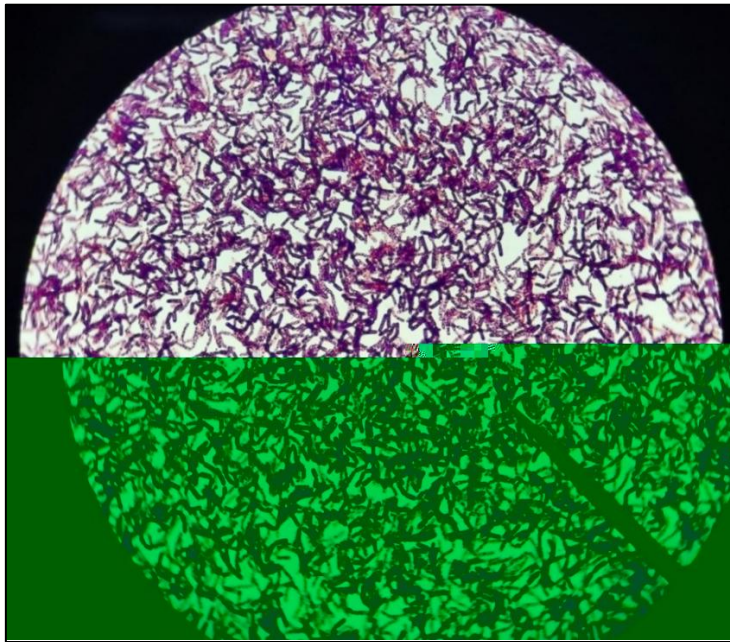
Residuos de cada hilo seleccionadas por cada tratamiento con aceite esencial de muña y hebras sin el tratamiento aplicado



Proceso de resistencia a la tracción en cada hilo de ovino con y sin el tratamiento del aceite esencial de muña

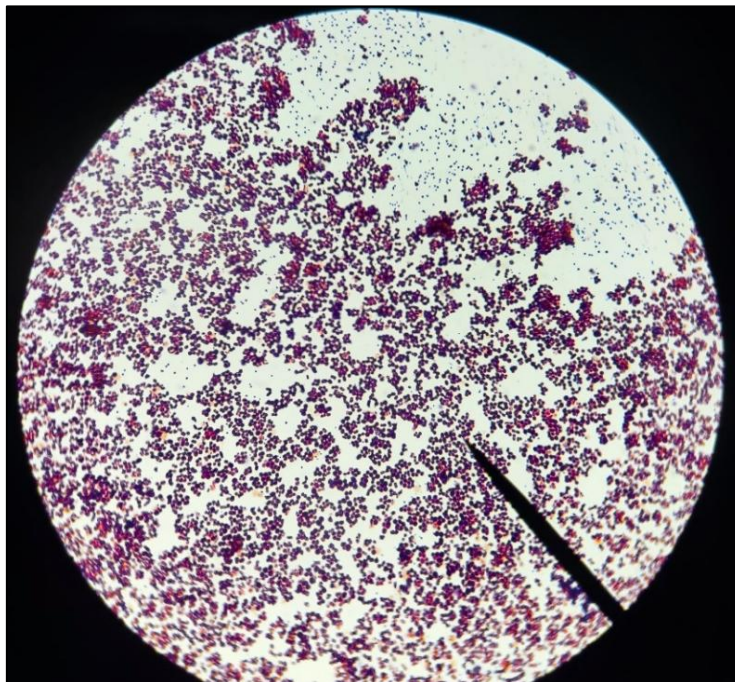
**Nota:** Todo el procedimiento de estas pruebas se hizo en el Dinamómetro textil, realizado en el laboratorio de resistencia de fibras en la EPITyC de la Universidad Nacional de Juliaca, sede Ayabacas.

**Anexo 12:** Vista microscópica de las colonias bacterianas Gram positivas



**Nota:** Bacteria *Staphylococcus A.* encontrada en la lana de ovino/lavada sin el tratamiento de aceite esencial de muña.

**Anexo 13:** Vista microscópica de las bacterias Gram negativa



**Nota:** Bacteria *Escheriachia C.* encontrada en la lana de ovino/lavada sin el tratamiento de aceite esencial de muña.

**Anexo 14:** Preparación del agar Mueller-Hilton con 20 gramos y con 800 ml de agua destilada.



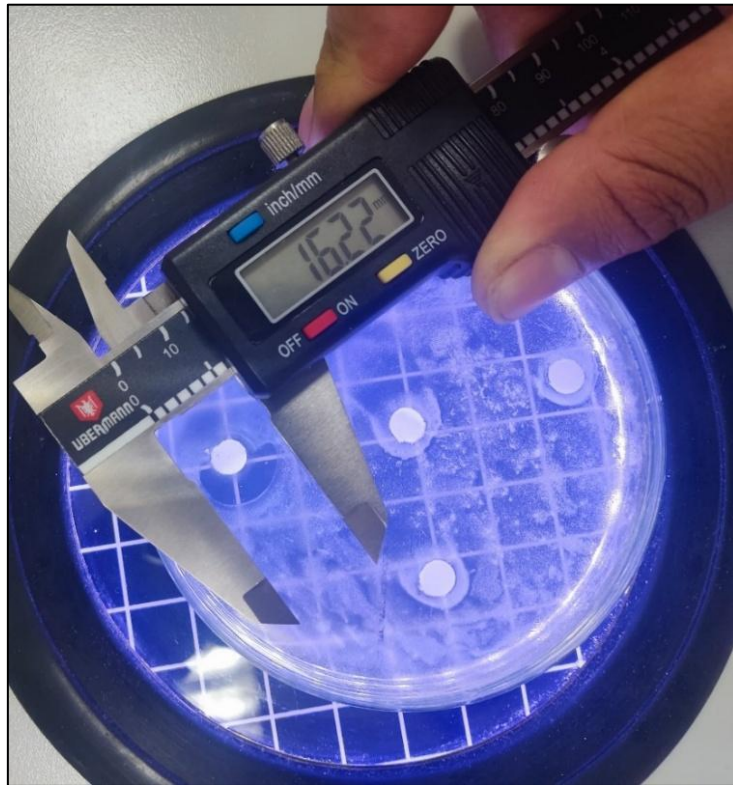
**Nota:** Siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12 para siembra de bacterias.

**Anexo 15:** Muestras de la lana de ovino tratada con el aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) en placas Petri después de salir de la incubadora.



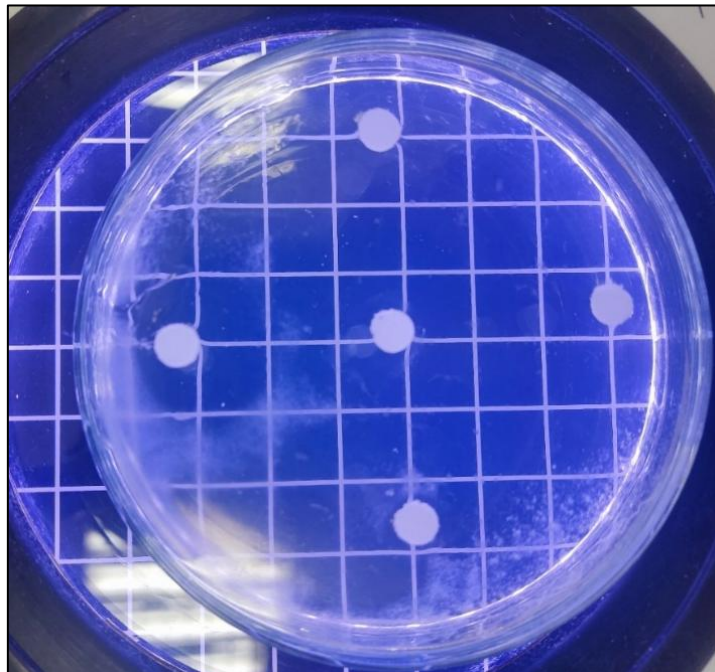
**Nota:** Muestras de la lana de ovino con y sin los tratamientos aplicados salidos de la incubadora.

**Anexo 16:** Vista de la zona inhibitoria ante el crecimiento de bacterias Gram positivo



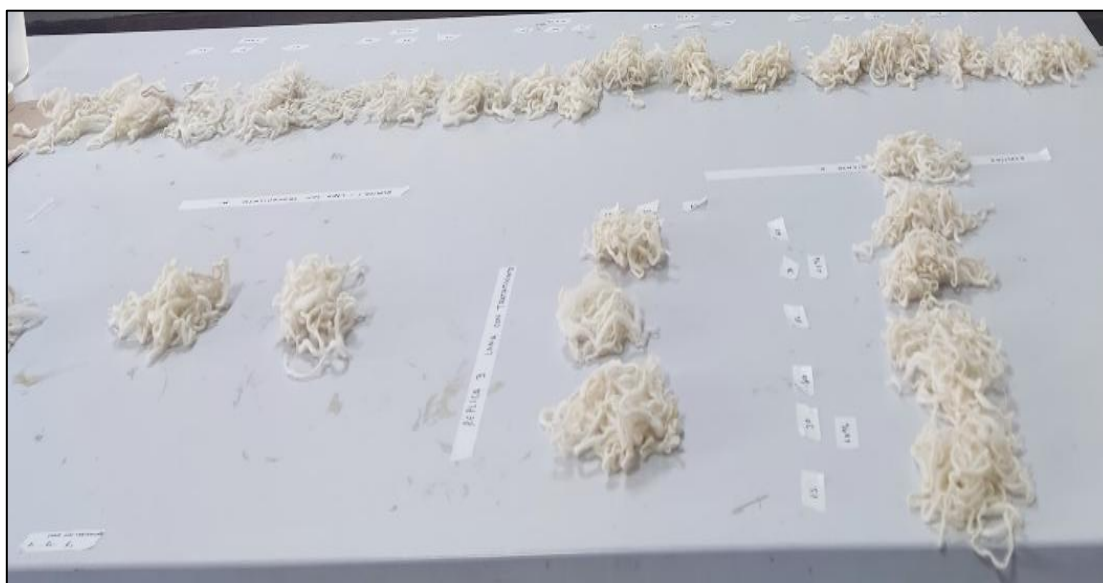
**Nota:** Pruebas confirmando la eficacia del aceite esencial en la inhibición bacteriana de la *Staphylococcus A.* con 16.22 mm de inhibición

**Anexo 17:** Vista de la Zona inhibitoria ante el crecimiento de la bacteria Gram negativo



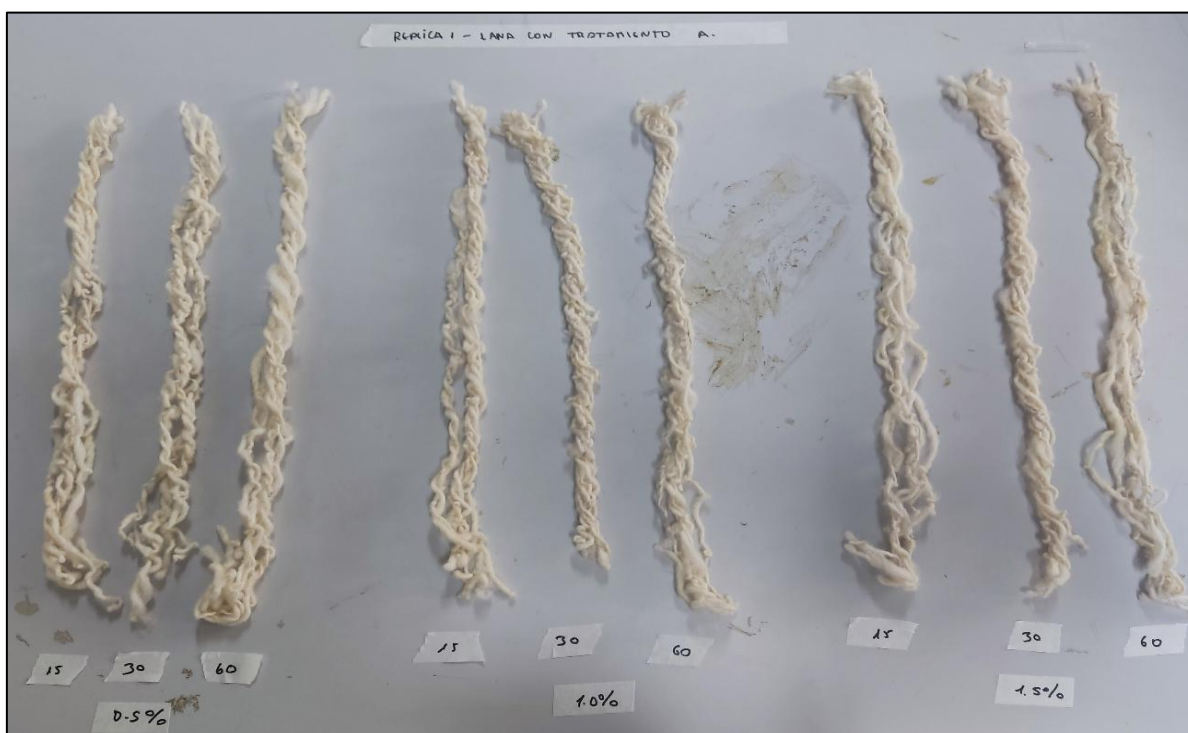
**Nota:** Pruebas confirmando la eficacia del aceite esencial en la inhibición bacteriana de la *Escheriachia C.*

**Anexo 18:** La lana de ovino después de la prueba de Resistencia a la tracción



**Nota:** Residuos del cada hilo de la lana de ovino después de las pruebas de la resistencia a la tracción de las muestras con y sin tratamiento aplicados con el aceite esencial de muña

**Anexo 19:** Hilos de lana de ovino hiladas manualmente para pruebas de resistencia de fibras



**Nota:** Cada grupo de tres hilos corresponde a un tratamiento específico, combinando una concentración de aceite esencial de muña (0.5 %, 1.0 % o 1.5 %) y un tiempo de inmersión (15, 30 o 60 minutos). Los hilos fueron hilados manualmente para su evaluación.

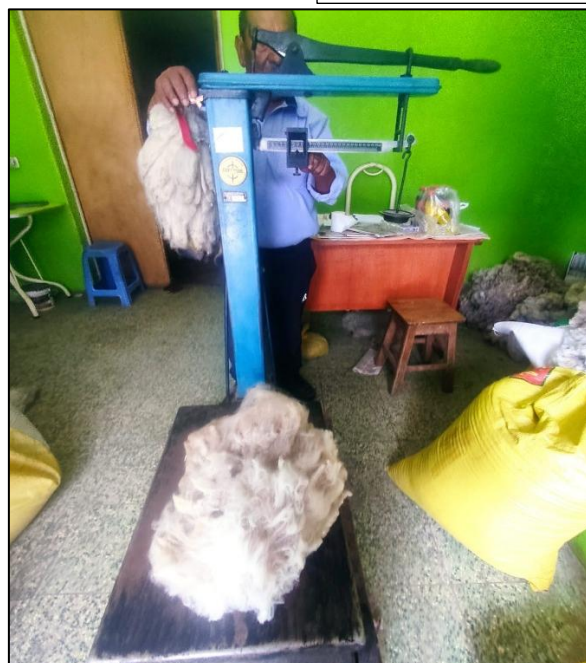
**Anexo 20:** Establecimiento de comercialización de la lana de ovino



Vista de almacenamiento de la lana de ovino



Vista de almacenamiento de la lana de ovino



Compra de la lana de ovino

**Nota:** Las imágenes muestran el estado real del almacenamiento y comercialización de la lana de ovino en un establecimiento comercial ubicado en el Jr. Jauregui (-15.493069954071089, -70.13866132855135) de Juliaca, Puno. Se observa la acumulación en sacos y ambientes sin condiciones higiénicas estandarizadas, lo que favorece la proliferación microbiana y la disminución de la calidad del material.

**Anexo 21:** Operacionalización de variables


<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Técnica de recolección</b>
Variable Independiente: <b>Concentración del aceite esencial y tiempo de exposición aplicado en la lana de ovino</b>	Concentración del aceite esencial	Porcentaje de concentración (0.5%, 1.0%, 1.5%)	Soluciones preparadas con aceite esencial, balanza analítica, sistema de hidrodestilación.	Preparación de soluciones según protocolo establecido
	Tiempo de exposición	Tiempo de inmersión (15, 30, 60 minutos)	Agitador magnético, Cronómetro.	Control del tiempo durante la inmersión
Variable Dependiente: <b>Actividad antimicrobiana y resistencia mecánica de la lana de ovino tratada con aceite esencial de muña</b>	Inhibición del crecimiento bacteriano	Contador de las unidades formadoras de colonias bacterianas	Hisopado directo en agar Mueller-Hinton según norma CLSI M02-A12, regla milimétrica	Hisopado directo en agar (muestreo por contacto)
	Crecimiento bacteriano en muestras sin tratamiento aplicado	Registro visual del crecimiento bacteriano natural	Registro visual con cámaras o fotografías	Observación directa y documentación fotográfica
	Resistencia a la tracción (tenacidad)	Registro de los datos de tenacidad de la resistencia a la tracción	Ensayo de tracción con Dinamómetro textil	Ensayo de tracción física en laboratorio

Anexo 22: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA ( <i>Minthostachys mollis</i> ) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA - PUNO					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><b>Pregunta general</b></p> <p>¿El tratamiento con aceite esencial de muña (<i>Minthostachys mollis</i>), aplicado a la lana de ovino adquirida en establecimientos comerciales de Juliaca, tiene efecto en la reducción de la carga microbiana sin afectar negativamente su resistencia a la tracción?</p> <p><b>Preguntas específicas</b></p> <p>¿Qué concentración del aceite esencial de muña presenta mayor eficiencia de inhibición frente a las bacterias <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> presentes en la lana de ovino?</p> <p>¿Cómo influye el tiempo de exposición al tratamiento con aceite</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar el efecto del aceite esencial de muña (<i>Minthostachys mollis</i>) sobre la actividad antimicrobiana y la resistencia a la tracción de la lana de ovino adquirida en un establecimiento comercial de Juliaca.</p> <p><b>Objetivo específico</b></p> <p>- Determinar cuál de las concentraciones del aceite esencial de muña presenta mayor eficiencia de inhibición microbiana en la lana de ovino.</p> <p>- Determinar la influencia del tiempo de exposición al tratamiento con aceite esencial</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El tratamiento con aceite esencial de muña (<i>Minthostachys mollis</i>), aplicado a la lana de ovino adquirida en establecimientos comerciales de Juliaca, permite reducir la carga microbiana sin afectar negativamente su resistencia a la tracción.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>-La concentración del aceite esencial de muña (<i>Minthostachys mollis</i>) influye en la eficacia antimicrobiana frente a</p>	<p><b>Independiente:</b></p> <p>-Concentración del aceite esencial</p> <p>-Tiempo de exposición</p> <p><b>Dependientes:</b></p> <p>-Actividad antimicrobiana</p> <p>-Resistencia a la tracción de la lana de ovino con y sin el tratamiento aplicado del aceite esencial de muña</p>	<p><b>Concentración:</b></p> <p>0.5%, 1.0% y 1.5%</p> <p><b>Tiempo de exposición:</b></p> <p>15, 30 y 60 min</p> <p><b>Actividad antimicrobiana:</b></p> <p>Conteo de unidades formadoras de colonias</p> <p><b>Propiedad mecánica de la lana de ovino</b></p> <p>Resistencia a la tracción (tenacidad)</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <p>-Hisopado directo en agar Mueller-Hinton</p> <p>-Ensayo físico con dinamómetro</p> <p>Mediante la norma CLSI M02 – A12</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Placas Petri, medio Mueller-Hinton, contador de colonias bacterianas</p> <p>Dinamómetro textil</p> <p>Mediante la norma NTP ISO 2062:2015</p>


<p>esencial de muña sobre la resistencia a la tracción de la lana de ovino?</p>	<p>de muña en la resistencia a la tracción de la lana de ovino.</p>	<p>las bacterias presentes en la lana de ovino. -El tiempo de exposición al tratamiento con aceite esencial de muña (<i>Minthostachys mollis</i>) influye en la resistencia a la tracción de la lana de ovino.</p>			
---	---	--	--	--	--

**Anexo 23:** Análisis de compuestos químicos del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*)

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>                  LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad                  AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ</p>						
<b>RESULTADOS</b>						
Cusco, 10 de Febrero del 2025 <sup>09-B-258</sup>						
Atención	: Leydi Mashiel Yanqui Nina					
Tipo de Análisis	: Perfil de Compuestos orgánicos volátiles					
Método	: Cromatografía de Gases GC-MSD.					
Tipo de Muestra	: 1 frasco con 1mL de Aceite esencial de <i>Minthostachys mollis</i>					
Almacenamiento	: 4 °C.					
Recepción	: 01/02/25					
Entrega de informe	: 10/02/25					
Pico	Tiempo min	Compuestos orgánicos volátiles (VOC) Librería Nist 11	CAS	Qual	Area	Contenido Relativo %
1	3.39	2-Hexenal, (E)-	006728-26-3	97	0.24	0.1
2	4.77	L-(-)-alpha-pinene	007785-26-4	96	1.14	0.6
3	5.59	Sabinene	003387-41-5	94	2.35	1.3
4	5.68	(-)-beta-Pinene	018172-67-3	97	1.65	0.9
5	6.90	D-Limonene	005989-27-5	98	1.48	0.8
6	6.99	Eucalyptol	000470-82-6	99	10.75	6.0
7	7.09	trans-.beta.-Ocimene	003779-61-1	96	0.19	0.1
8	7.37	1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	003338-55-4	98	0.92	0.5
9	8.82	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	000078-70-6	96	5.12	2.9
10	9.15	1-Octen-3-yl-acetate	002442-10-6	90	9.95	5.6
12	10.76	l-Menthone	014073-97-3	98	4.76	2.7
13	11.15	Isopulegone	029606-79-9	80	19.16	10.8
14	11.61	.alpha.-Terpineol	000098-55-5	80	0.78	0.4
15	11.74	Myrtenal	000564-94-3	87	0.09	0.1
16	13.27	Pulegone	015932-80-6	98	100	56.2
17	15.64	Myrtenyl acetate	001079-01-2	87	0.21	0.1
18	15.79	1,3,8-p-Menthatriene	018368-95-1	87	0.32	0.2
20	17.45	(-).beta.-Bourbonene	005208-59-3	91	0.39	0.2
21	18.49	Caryophyllene	000087-44-5	99	2.5	1.4
22	19.47	Humulene	006753-98-6	99	0.14	0.1
23	20.27	(E)-germacrene D	023986-74-5	97	3.77	2.1
24	20.39	Phenylethyl pivalate	067662-96-8	72	0.11	0.1
25	20.73	Bicyclogermacrene	067650-90-2	78	5.59	3.1
26	20.95	.alpha.-Farnesene	000502-61-4	94	0.3	0.2
27	21.52	laevo-verbenone	001196-01-6	90	3.41	1.9
28	22.90	alpha-amorphene	000483-75-0	93	0.51	0.3

Qual = Porcentaje de coincidencia con la base de datos Nist 11  
 CAS = Numero para identificar la molécula

Nota: Los resultados expresa en contenido relativo de compuestos orgánicos volátiles en % presentes en la muestra, se reporta solo la coincidencia mas del 70% (Qual) con la base de datos espectrales de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11)

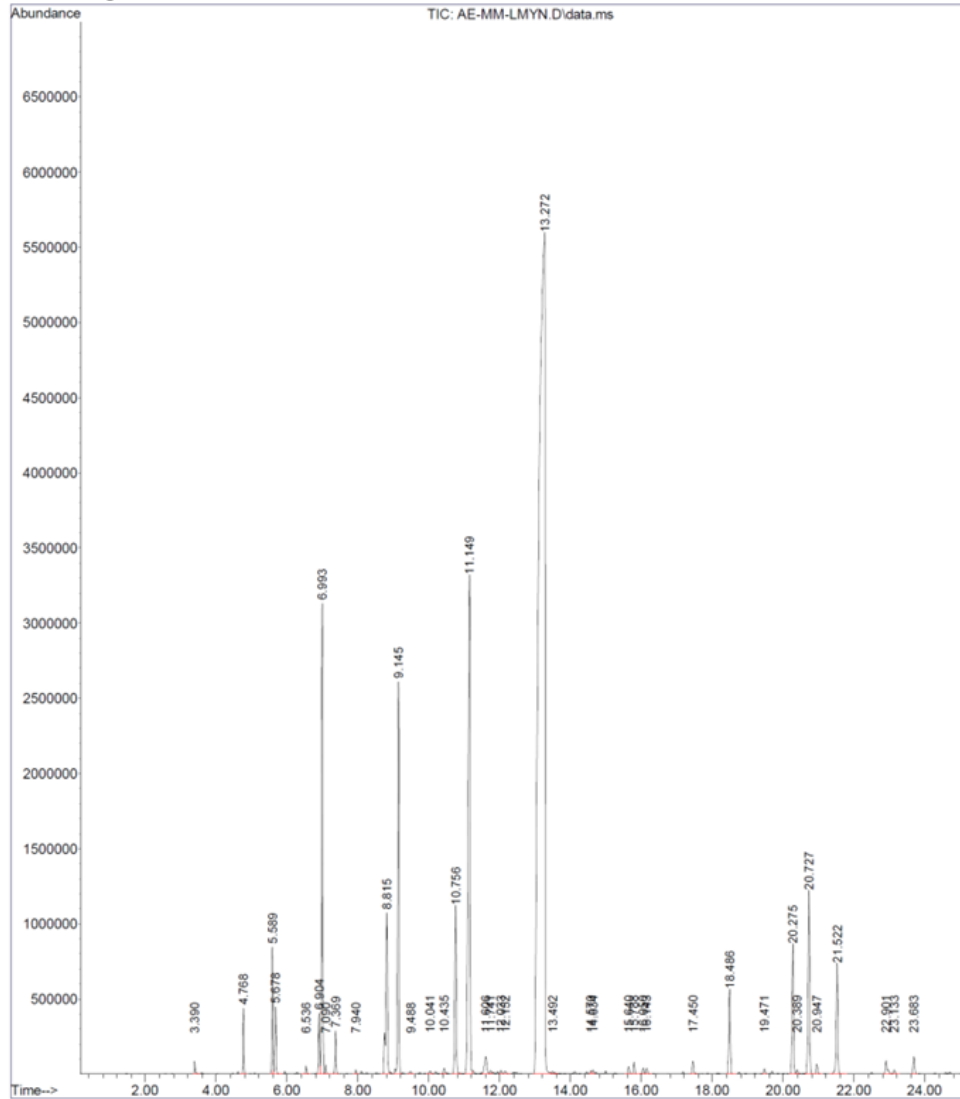


Químico, Jorge Choquenaira Pari  
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
 Espectrometría – UNSAAC.



### RESULTADOS

Cromatograma



*[Handwritten Signature]*

Químico. Jorge Choquenaira Pari  
Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
Espectrometría – UNSAAC.  
CQP - 914



FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES  
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN  
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES: *Sucasaca Quispe Alexander.*  
1.2. GRADO ACADÉMICO: Ingeniero Textil y de Confecciones  
1.3. INSTITUCIÓN DONDE LABORA: Universidad Nacional de Juliaca  
1.4. NOMBRE DEL EQUIPO: Dinamómetro textil, balanza de precisión.  
1.5. TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: Evaluación del aceite esencial de muña (*Minthostachys Mollis*) en la actividad antimicrobiana y propiedades físicas de la lana de ovino, Juliaca – Puno, 2025.

II. DETALLE TÉCNICO DE LOS ANÁLISIS

Ensayo de resistencia de fibras (lana de ovino sin y con tratamiento aplicado)

PARÁMETRO	DETALLE
Muestra	Lana de ovino tratada con 0.5%, 1% y 1.5% de aceite de muña en diferentes tiempos de 15, 30 y 60 minutos de exposición.
Pruebas	Se puso 6 hebras de 60 cm de lana de ovino de cada concentración y tiempo por separado de las muestras con y sin tratamiento aplicado con el aceite esencial de muña con un total de 180 pruebas.
Norma base	ISO 2062:2015 – Determinación de las propiedades de tracción en fibras textiles
Equipo utilizado	Dinamómetro textil
Variable medida	Fuerza máxima (N) y porcentaje de elongación
Unidad derivada	Tenacidad = $(N \times 1000) / \text{Título tex de la muestra}$
Cantidad de réplicas	3 repeticiones por tratamiento

### III. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Por favor, marque con una "X" la opción correspondiente según su juicio experto.

CRITERIO	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Muy Bueno (4)	Excelente (5)
CLARIDAD			X		
COHERENCIA			X		
OBJETIVIDAD			X		
PERTINENCIA AL OBJETIVO				X	
ORGANIZACIÓN				X	
SUFICIENCIA				X	
ACTUALIDAD CIENTÍFICA				X	
CONSISTENCIA METODOLÓGICA				X	
APLICABILIDAD DEL INSTRUMENTO			X		
VIABILIDAD PRÁCTICA			X		
Subtotal			15	20	
Total				=	35

Valoración cuantitativa: 35 / 14  
 Valoración cualitativa: Bueno  
 Opinión aplicable: Aplicable / Mejoran

Lugar y fecha: Juliaca, 15 de Julio, 2025

Nota:

ESCALA DE VALORACIÓN	
Deficiente	De 1 a 9 (no valida reformar)
Regular	De 10 a 12 (no valida, modificar)
Bueno	De 12 a 15 (valido, mejorar)
Muy bueno	De 15 a 18 (valido, mejorar)
Excelente	De 18 a 20 (valido, mejorar)



Alexander Socasaca Quispe  
 ING. TEXTIL Y DE COMERCIO  
 CIP 338266

Experto de laboratorio

Tesista investigador



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES**  
**FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**  
**JUICIO DE EXPERTOS**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES:** Mamani Mamani Percy Waldir.  
**1.2. GRADO ACADÉMICO:** Ingeniero Textil y de Confecciones  
**1.3. INSTITUCIÓN DONDE LABORA:** Universidad Nacional de Juliaca  
**1.4. NOMBRE DEL EQUIPO:** Incubadora modelo IC 55 ECO de nombre INCUCCELL, autoclave, calentador tipo plancha de laboratorio, agitador magnético, microscopio, contador de colonias, placas Petri, pipetas graduadas, matraz, probetas, algodón gasa, pabito, agitadores magnéticos.  
**1.5. TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:** Evaluación del aceite esencial de muña (*Minthostachys Mollis*) en la actividad antimicrobiana y propiedades físicas de la lana de ovino, Juliaca – Puno, 2025.

**II. DETALLE TÉCNICO DE LOS ANÁLISIS**

**Ensayo microbiológico en Unidades Formadoras de colonias**

<b>Parámetro</b>	<b>Detalle</b>
Muestra	Lana de ovino tratada con aceite esencial de muña (concentraciones de 0.5%, 1% y 1.5%)
Norma base	Técnica de siembra por hisopado sobre agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12
Método de aplicación	Lana de ovino sin lavar, lana de ovino lavada tratada e inoculada directamente sobre la superficie del agar
Duración de incubación	48 horas a 37 °C
Equipo utilizado	Incubadora, autoclave
VARIABLES REGISTRADAS	Número de colonias bacterianas visibles en placa Petri de cada prueba realizada
Cantidad de réplicas	3 repeticiones por tratamiento
Observaciones	Se manipuló con guantes estériles, sin contaminación cruzada

### III. CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Por favor, marque con una "X" la opción correspondiente según su juicio experto.

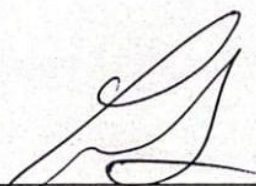
CRITERIO	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Muy Bueno (4)	Excelente (5)
CLARIDAD			X		
COHERENCIA			X		
OBJETIVIDAD			X		
PERTINENCIA AL OBJETIVO			X		
ORGANIZACIÓN			X		
SUFICIENCIA			X		
ACTUALIDAD CIENTÍFICA				X	
CONSISTENCIA METODOLÓGICA				X	
APLICABILIDAD DEL INSTRUMENTO			X		
VIABILIDAD PRÁCTICA			X		
Subtotal			24	8	
Total					32

Valoración cuantitativa: 32 / 12.8  
 Valoración cualitativa: Bueno  
 Opinión aplicable: Aplicable / Mejorar

Lugar y fecha: Juliana, 15 de Julio, 2025

Nota:

ESCALA DE VALORACIÓN	
<b>Deficiente</b>	De 1 a 9 (no valida reformar)
<b>Regular</b>	De 10 a 12 (no valida, modificar)
<b>Bueno</b>	De 12 a 15 (valido, mejorar)
<b>Muy bueno</b>	De 15 a 18 (valido, mejorar)
<b>Excelente</b>	De 18 a 20 (valido, mejorar)



Experto de laboratorio  
Percy Waldir Mamani Mamani



Tesista investigador

**INFORME N°0023-2025/UNAJ/L-DACB/LB/EB-HHAG**

**PARA** : Ms.Sc. SERAPIO CALSINA CUEVAS  
**JEFE DE LABORATORIO DEL DACB - UNAJ**  
**DE** : Blgo. HOWARD HECTOR ARCANA GUERRA  
**ESPECIALISTA EN BIOLOGÍA – LABORATORIOS DE BIOLOGÍA / DACB - UNAJ**  
**ASUNTO** : SOLICITUD DE TESIS LEYDI MASHIEL YANQUI NINA  
**REFERENCIA** : SOLICITUD REGISTRO 2025-0000831  
**SOLICITUD DE FECHA 05 DE DICIEMBRE DEL 2024**  
**FECHA** : Juliaca, 24 de julio del 2025

Mediante la presente, tengo el agrado de dirigirme a Ud., con el propósito de informarle lo siguiente:

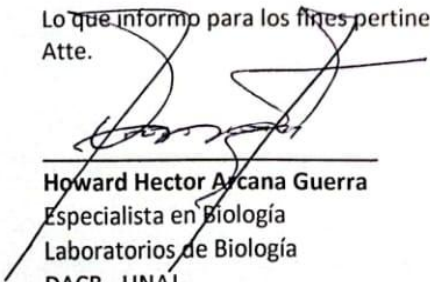
1. Le tesista **LEYDI MASHIEL YANQUI NINA**, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y Confecciones, mediante solicitud presentada el **05 DE DICIEMBRE DEL 2024** por mesa de partes de la UNAJ, accede al Laboratorio de Biología II (SLO1LA15) del Departamento Académico de Ciencias Básicas, donde ejecutó el proyecto de investigación titulado: "EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA (*Mintostachys mollis*) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA PUNO".
2. Con fecha 10 de julio del 2025 la tesista presenta una solicitud con **REGISTRO 2025-0000831**, en la que solicita: Emisión de ficha de validación o ficha de resultados de trabajo de investigación de tesis.
3. En relación a lo señalado, se presenta resumen de criterios de atención en laboratorio.

Parámetro	Detalle
Muestra 0	Lana de ovino sin lavar y sin tratamiento alguno
Muestra (tratamiento 1)	Lana de ovino tratada con aceite esencial de muña: concentración de 0.5%
Muestra (tratamiento 2)	Lana de ovino tratada con aceite esencial de muña: concentración de 1%
Muestra (tratamiento 3)	Lana de ovino tratada con aceite esencial de muña: concentración de 1.5%
Medio de cultivo	Agar Mueller-Hinton, siguiendo los lineamientos de la norma CLSI M02-A12
Método de aplicación	Lana de ovino sin lavar, lana de ovino lavada tratada e inoculada directamente sobre la superficie del agar
Duración de incubación	48 horas a 37 °C
Equipo utilizado	Incubadora bacteriológica
Variables registradas	Número de UFC (Colonias bacterianas) visibles en placa Petri de cada prueba realizada
Cantidad de réplicas	3 repeticiones por tratamiento
Aislamiento de cepas puras	Con el objetivo de evaluar la actividad antimicrobiana del aceite esencial de muña, se aislaron cepas bacterianas de interés, específicamente <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas spp.</i> , a partir de colonias desarrolladas en placas Petri con agar Mueller-Hinton. Estas colonias provinieron de muestras iniciales que consistían en lana ovina previamente tratada mediante tres diferentes aplicaciones de aceite esencial de muña
Prueba de susceptibilidad	La prueba de susceptibilidad antimicrobiana se realizó siguiendo los lineamientos establecidos por la norma CLSI M02-A12. Para ello, se empleó la técnica de hisopado con hisopo estéril para inocular uniformemente la superficie del agar Müller-Hinton. Posteriormente, se aplicaron discos de sensibilidad antimicrobiana con aceite esencial de muña en la superficie del agar, y se incubaron las placas bajo condiciones apropiadas. La interpretación de las zonas de inhibición indica que el aceite esencial de muña es eficaz para inhibir el crecimiento bacteriano para las muestras de esta investigación de tesis.
Observaciones	Se siguieron los protocolos de manipulación y bioseguridad para muestras microbiológicas, evitando contaminación cruzada.

4. En anexos se detalla uso de laboratorio, uso de equipos y conteos efectuados a cultivos bacterianos sometidos a diferentes tratamientos en porcentajes de aceite esencial de muña.
5. Se adjunta una copia de informe para dar cumplimiento y atender la solicitud **2025-0000831**.

Lo que informo para los fines pertinentes.

Atte.

  
**Howard Hector Arcana Guerra**  
Especialista en Biología  
Laboratorios de Biología  
DACB - UNAJ

**ANEXOS**

**TABLA 1.-** Resumen de asistencia a laboratorio. Se puede verificar fichas de atención en archivos de la Oficina de Coordinación de Laboratorio de Biología del Departamento Académico de Ciencias Básicas.

NOMBRE: Yanqui Nina Leydi Mashiel		ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA TEXTIL Y CONFECCIONES	
NOMBRE DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MUÑA ( <i>Mintostachys mollis</i> ) EN LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LANA DE OVINO, JULIACA - PUNO"			
FECHA	DÍA	HORARIO	HORAS UTILIZADAS DE LABORATORIO
27/01/2025	lunes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
28/01/2025	martes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
30/01/2025	jueves	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
4/02/2025	martes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
14/02/2025	viernes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
17/02/2025	lunes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
19/02/2025	miércoles	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
21/02/2025	viernes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
24/02/2025	lunes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
26/02/2025	miércoles	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
28/02/2025	viernes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
3/03/2025	lunes	02:10 pm a 03:42 pm	1.5
<b>TOTAL</b>			<b>18</b>

**TABLA 2.-** Reporte de usos de equipos, instrumentos y material de laboratorio. (No incluyen insumos ya que el laboratorio no los proporciona, cada tesista adquiere sus insumos de acuerdo al volumen de preparación por placa y cantidad de repeticiones a efectuar)

TESISTA USUARIO: Yanqui Nina Leydi Mashiel		LABORATORIO: SLO1LA14 - 401	
N°	ITEM	CANTIDAD	TIEMPO DE USO
1	Incubadora bacteriológica	2	240 horas
2	Autoclave	2	18 horas
3	Calentador tipo plancha con agitador	2	12 horas
4	Agitador magnético	2	12 horas
5	Balanza analítica	1	12 horas
6	Microscopio compuesto	1	8 horas
7	Destilador eléctrico	1	15 horas
8	Placas petri de 100 mm x 10 mm	80	240 horas
9	Matraz Erlenmeyer de 500 ml	6	18 horas
10	Matraz Erlenmeyer de 250 ml	6	18 horas
11	Asa de cultivo bacteriológica	2	6 horas
12	Tubo de ensayo 160 mm x 15 mm con tapa rosca	36	84 horas
13	Gradillas de plástico para 60 tubos	4	85 horas
14	Probeta graduada de 250 ml	2	18 horas
15	Probeta graduada de 100 ml	2	18 horas
16	Pinzas metálicas quirúrgicas	2	18 horas
17	Tijeras quirúrgicas metálicas	2	18 horas

**TABLA 3.-** Reporte de resultados del conteo de UFC (Unidades Formadoras de Colonia), por repetición y tratamiento efectuado

TESISTA USUARIO: Yanqui Nina Leydi Mashiel				LABORATORIO: SLO1LA14 - 401 - Microbiología	
Repeticiones	Muestra	Concentración de tratamiento	Tiempo de reposo	Conteo UFC antes de aplicar tratamiento	Conteo UFC luego de aplicar tratamiento
<b>MC</b>	<b>0</b>	<b>Control</b>		<b>&gt;500</b>	<b>245</b>
R1	1	0.5	15	400	12
R1	2	0.5	30	480	0
R1	3	0.5	60	400	2
R1	4	1	15	80	4
R1	5	1	30	180	2
R1	6	1	60	150	20
R1	7	1.5	15	320	0
R1	8	1.5	30	330	2
R1	9	1.5	60	310	0
R2	10	0.5	15	408	2
R2	11	0.5	30	410	35
R2	12	0.5	60	350	18
R2	13	1	15	330	0
R2	14	1	30	320	5
R2	15	1	60	230	0
R2	16	1.5	15	320	10
R2	17	1.5	30	220	20
R2	18	1.5	60	330	20
R3	19	0.5	15	380	2
R3	20	0.5	30	368	2
R3	21	0.5	60	280	0
R3	22	1	15	340	0
R3	23	1	30	270	0
R3	24	1	60	290	0
R3	25	1.5	15	230	0
R3	26	1.5	30	250	6
R3	27	1.5	60	280	6



UW