



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



**“CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE
HUARACCO HEMBRA (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*),
PARA EL LAVADO DE HILOS DE ALPACA, DISTRITO DE MACUSANI”**

Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

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

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina



JULIACA, 2025



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



**“CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE
HUARACCO HEMBRA (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*),
PARA EL LAVADO DE HILOS DE ALPACA, DISTRITO DE MACUSANI”**

Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

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

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina



JULIACA, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

INDUSTRIALES

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



**“CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE
HUARACCO HEMBRA (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*), PARA
EL LAVADO DE HILOS DE ALPACA, DISTRITO DE MACUSANI”**

Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

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

Asesor: M.Sc. Luz Delia Quina Quina

Juliaca, 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Alca, C.E. (2026). “*Concentración de saponina en extracto de raíz de Huaracco hembra (Austrocylindropuntia lagopus malyanus), para el lavado de hilos de alpaca. Distrito de Macusani*”. (Tesis de ingeniería) Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca

AUTOR: Carmen Elizabeth Choquehuanca Alca

TITULO: Concentración de saponina en extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*), para el lavado de hilos de alpaca. Distrito de Macusani.

PUBLICACION: Juliaca, 2026.

Descripción: Cantidad de páginas (114pp).

NOTA: Tesis de la escuela profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones – Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 04-000036-04/CH567.

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: M.Sc. Luz Delia Quina Quina.

PALABRAS CLAVE: Detergente ecológico, Hilo de alpaca, Índice afrosimétrico, Limpieza sostenible, Saponinas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

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

**“CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE
HUARACCO HEMBRA (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*), PARA
EL LAVADO DE HILOS DE ALPACA, DISTRITO DE MACUSANI”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Presentada por:

Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa

PRESIDENTE DE JURADO



Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

JURADO (secretario)



2° MIEMBRO

Mtra. Roxana Tacuri Robles

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



**ASESOR DE TESIS
M.Sc. Luz Delia Quina Quina**

Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus...*

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid::3117:597677851

Fecha de entrega

5 Jun 2026, 3:11 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 Jun 2026, 3:18 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

CONCENTRACIÓN DE SAPONINA EN EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA (*Austrocylindrop...*).pdf

Tamaño del archivo

3.9 MB

114 páginas

24.245 palabras

143.504 caracteres



Firmado digitalmente por: HUANCA
SUAQUITA JHON RICHARD
DNI: 40618674
Motivo: Day V° B°
Fecha: 05.06.2025 18:12:01 -05:00




13% 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

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  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 quienes han sido mi refugio, mi fuerza y mi mayor motivación a lo largo de este camino.

A la persona que me enseñó con su ejemplo el valor de la perseverancia, el esfuerzo y el amor incondicional; gracias por ser la luz que guía cada uno de mis pasos.

A quienes compartieron conmigo alegrías, desafíos y aprendizajes, brindándome siempre palabras de aliento y la confianza necesaria para seguir adelante.

A quien estuvo presente en los momentos más importantes de esta etapa, ofreciendo comprensión, apoyo y compañía sincera, convirtiéndose en un impulso constante para alcanzar esta meta.

Este logro también les pertenece, porque de una u otra forma han sido parte esencial de cada esfuerzo, aprendizaje y satisfacción que hoy culminan en estas páginas.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme la vida, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

De igual manera, agradezco profundamente a mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en mi desarrollo, brindándome apoyo constante, motivación y confianza a lo largo de este proceso.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a mis docentes y asesor de tesis por su orientación, conocimientos y acompañamiento, los cuales fueron esenciales para la elaboración y culminación del presente trabajo de investigación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

FICHA CATALOGRÁFICA.....	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.3.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1.JUSTIFICACIÓN GENERAL	4
1.4.2.JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	5
1.4.3.JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	6
1.4.4.JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	8
1.4.5.JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	8
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	9

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES.	11
2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	13
2.2.BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1. SAPONINA.....	16
2.2.2. DETERGENTES ECOLÓGICOS.....	19
2.2.3. HUARACCO HEMBRA.....	21

2.2.4. ALPACA (VICUGNA PACOS).....	24
2.2.5. FIBRA DE ALPACA.....	26
2.2.6. RAÍZ	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	30
3.2. DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	32
3.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	32
3.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	32
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.4.1. POBLACIÓN.....	33
3.4.2. TIPO DE MUESTREO.....	33
3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.5.1. TÉCNICAS.....	34
3.5.2. INSTRUMENTOS.....	34
3.5.3. MATERIALES.....	35
3.5.4. EQUIPOS.....	36
3.6. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.....	37
3.6.1. TÉCNICAS.....	37
3.6.2. INSTRUMENTOS.....	38
3.7. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE RECOLECCIÓN DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA.....	39
3.8. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA.....	44
3.8.1. LAVADO DE RAÍZ.....	44
3.8.2. PROCESO DE PREPARACIÓN DEL EXTRACTO.....	45

3.8.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DEL EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO.....	46
3.9. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SAPONINA PRESENTE EN EL EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO	46
3.10. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CUANTIFICACIÓN DE SAPONINA EXTRACTO Y LAVADO DE HILO DE ALPACA.	48
3.10.1. DETERMINACIÓN DE SAPONINA MEDIANTE ÍNDICE AFROSIMÉTRICO	48
3.10.2. TEST AFROSIMÉTRICO.....	49
3.10.3. LAVADO DE HILOS DE ALPACA CON EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA.....	50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS.....	53
4.1.1. RESULTADOS DE LA CUANTIFICACIÓN DE SAPONINA MEDIANTE ÍNDICE AFROSIMÉTRICO.....	53
4.1.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DEL TEST AFROSIMÉTRICO (PERSISTENCIA DE ESPUMA).	57
4.1.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL HILO DE ALPACA DESPUÉS DEL LAVADO.	59
4.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS HILOS DE ALPACA LAVADA CON EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA	61
4.1.5. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA PARA REMOCIÓN DE SUCIEDAD Y GRASAS.....	63
4.2. SUPUESTOS DEL ANÁLISIS	68
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	71
5.1.1. CONCLUSIÓN INTEGRADORA FINAL.....	71
5.2. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de resumen de diferencias de saponinas triterpénicas y saponinas esteroideas	23
Tabla 2 Clasificación de la fibra de alpaca.	27
Tabla 3 Número de réplicas y unidades experimentales.	34
Tabla 4 Equipos utilizados para las pruebas de laboratorio.	36
Tabla 5 Instrumentos utilizados para la recolección de la muestra.	38
Tabla 6 Resultados del nivel de utilidad de Huaracco hembra.	41
Tabla 7 Relación entre hemólisis y tipo de saponina.	47
Tabla 8 Medida de la altura de espuma de cada tubo de ensayo.	54
Tabla 9 Resumen fisicoquímico del extracto y análisis estadístico de la espuma.	56
Tabla 10 Valoración de persistencia de espuma.	58
Tabla 11 Evaluación cualitativa del hilo de alpaca después del lavado.	62
Tabla 12 Datos del proceso de lavado utilizado para el análisis estadístico.	64
Tabla 13 Diferencia de pesos de antes y después del lavado de hilo de alpaca.	66
Tabla 14 Resumen del lavado antes – después y contraste estadístico.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura general de una saponina.	17
Figura 2 Mapa provincia de Carabaya (INEI).	22
Figura 3 Fotografía izquierda alpaca de raza suri. Derecha alpaca de raza huacaya.	25
Figura4 Partes de una raíz.	29
Figura5 Ubicación de laboratorio de Ingeniería textil y de confecciones.	30
Figura 6 Austrocyliodropuntia malyanus en la izquierda y Austrocyliodropuntia floccosa a la derecha.	39
Figura9 Huaracco hembra con crecimiento de menor altura.	43
Figura7 Raíz de Huaracco hembra (Austrocyliodropuntia lagopus).	42
Figura8 Huaracco hembra con crecimiento de mayor altura.	43
Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de preparación del extracto.	46
Figura 11 Diagrama de lavado de hilo de alpaca.	50
Figura 12 Relación entre volumen de extracto y la altura de espuma.	57
Figura 13 Peso del hilo de alpaca antes y después del lavado.	64
Figura14 Izquierda hilo de alpaca sin lavar y a la derecha hilo de alpaca lavada.	65
Figura 15 Remoción promedio de impurezas según temperatura.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha de validación de ficha de recolección de datos.	80
Anexo 2 Ficha de validación de ficha de recolección de datos.	81
Anexo 3 Ficha de validación de ficha de recolección de datos.	82
Anexo 4 Ficha de recolección de muestra en el campo.	83
Anexo 5 Ficha de recolección de datos y evaluación de altura de espuma.	84
Anexo 6 Ficha de registro de datos y evaluación de persistencia de espuma.	85
Anexo 7 Ficha de recolección de datos y evaluación en el proceso de lavado.	86
Anexo 8 Operacionalización de variables.	87
Anexo 9 Matriz de consistencia.	88
Anexo 10 Ubicación geográfica del Distrito de Macusani en la Provincia de Carabaya.	89
Anexo 11 Comunidad Campesina Ccatacancha, Zona Occocucho.	89
Anexo 12 Selección y recolección de muestras de Raíz de Huaracco hembra.	90
Anexo 13 Preparación de extracto de raíz de huaracco.	91
Anexo 14 Análisis de la medición de espuma (índice y test afrosimétrico).	92
Anexo 15 Preparación y acondicionamiento de muestras de hilo de alpaca.	93
Anexo 16 Diferencia de color del hilo de alpaca antes y después de lavado.	94
Anexo 17 Instrumento vacío de recolección de muestra en.	95
Anexo 18 Instrumento vacío de recolección de datos de altura de espuma.	95
Anexo 19 Instrumento vacío de recolección de datos y evaluación de persistencia de espuma.	96

Anexo 20 Instrumento vacío de recolección de datos y evaluación en el proceso de lavado.....	96
---	----

RESUMEN

La investigación “Concentración de saponina en extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*), para el lavado de hilos de alpaca, distrito de Macusani” buscó determinar la cantidad de saponina presente en la raíz de Huaracco hembra y evaluar su eficiencia como alternativa biodegradable y ecológica a los detergentes comerciales para el lavado de hilos de alpaca. El estudio se desarrolló con enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño experimental de laboratorio. En la fase de caracterización se evaluaron seis tubos de ensayo con volúmenes crecientes de extracto y, para la fase aplicada, se analizaron seis observaciones de lavado en tres temperaturas (30 °C, 40 °C y 50 °C), con dos observaciones por temperatura. Los resultados evidenciaron un índice afrosimétrico promedio de 0.055 cm/gr y una concentración estimada de 0.052 % de saponina. Asimismo, se observó una relación positiva y alta entre el volumen de extracto y la altura de espuma ($r = 0.991$; $gl = 4$; $p = 0.00013$), además de una persistencia de espuma en un intervalo de tiempo de 30 a 40 minutos en todas las pruebas. En la prueba de lavado se utilizaron 150 ml de extracto; el peso promedio del hilo disminuyó de 81.20 g a 78.38 g, con una remoción media de 2.82 g de impurezas; la comparación antes-después mostró diferencia estadísticamente significativa ($t = 8.14$; $gl = 5$; $p = 0.00046$). De manera complementaria, el análisis de varianza de una vía indicó diferencias globales entre temperaturas ($F = 14.23$; $gl = 2$ y 3 ; $p = 0.02945$). Se concluye que, aunque la concentración de saponina fue baja, el extracto de raíz de Huaracco hembra presentó actividad detergente suficiente y constituye una alternativa ecológica viable para el lavado de fibras de alpaca.

Palabras clave: Detergente ecológico, hilo de alpaca, índice afrosimétrico, limpieza sostenible, saponinas.

ABSTRACT

The research titled “Saponin Concentration in the Root Extract of Female Huaracco (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) for Washing Alpaca Threads in the District of Macusani” aimed to determine the concentration of saponin present in the root extract of female Huaracco and evaluate its effectiveness as a biodegradable and eco-friendly alternative to commercial detergents for washing alpaca threads. The study was conducted using a quantitative, applied, and experimental laboratory design. In the characterization phase, six test tubes with increasing volumes of extract were evaluated, and in the applied phase, six washing observations were analyzed, distributed across three temperatures (30 °C, 40 °C, and 50 °C), with two observations per temperature. The results showed an average afrosymmetric index of 0.055 cm/g and an estimated saponin concentration of 0.052%. Furthermore, a strong positive correlation was observed between extract volume and foam height ($r = 0.991$; $df = 4$; $p = 0.00013$), along with persistent foam lasting 30 to 40 minutes in all test tubes. In the washing test, an average of 150 ml of extract was used, and the average yarn weight decreased from 81.20 g to 78.38 g, with an average removal of 2.82 g of impurities. The before-and-after comparison showed a statistically significant difference ($t = 8.14$; $df = 5$; $p = 0.00046$). Additionally, a one-way analysis of variance indicated overall differences between temperatures ($F = 14.23$; $df = 2$ and 3 ; $p = 0.02945$). It is concluded that, although the saponin concentration was low, the extract of Huaracco hembra root exhibited sufficient detergent activity and constitutes a viable ecological alternative for washing alpaca fibers.

Keywords: ecological detergent, alpaca yarn, afrosymmetric index, sustainable cleaning, saponins.

INTRODUCCIÓN

Cotidianamente la humanidad se enfrenta a la realización de tareas de limpieza debido a nuestro modo de vida, exigencias que llevan al uso de un producto que sea eficaz y que permita que esas tareas se puedan realizar de una manera más fácil y rápida (Carrillo, 2012), en la limpieza, generalmente se tiende a considerar como impurezas o suciedad solamente a materias tales como tierra, pesticidas, microorganismos, grasas. Carbohidratos, etc. Incluso modernamente se incluye también la contaminación superficial o profunda con radioactivos. Sin embargo, el hecho de que una superficie se considere como impureza no depende, en general, de su estructura química o física sino de su presencia inoportuna (Sapag Hagar, 1976).

Se estima que la humanidad ha venido utilizando jabones desde más o menos 5000 años, si se tiene en cuenta la práctica de usar conjuntamente para limpieza aceite de oliva y carbonato de potasio en forma de ceniza de vegetales (Sievers, 1963); la producción de jabón fue muy común en Italia y en España. En Italia se elaboraron jabones mezclando sebo de cabra con cenizas de haya que proporcionaba el álcali (Leon, 2004).

En los detergentes abundan los fosfatos, que son la mayor fuente de contaminación del ecosistema, lo cual deriva directamente en el 42 % de las enfermedades de los humanos y animales. El mayor problema con los detergentes es que conlleva una contaminación excesiva de los ecosistemas acuáticos (Alvarado, 2008), por tal razón se plantea el uso de detergentes ecológicos que son más respetuosos con el medio ambiente y con nuestra salud (Ecologicos, 2024).

La naturaleza, en su vasta generosidad, nos proporciona innumerables recursos y servicios vitales que funciona como una fuente continua de sustento, una chispa para nuestra creatividad y una fuente de bienestar físico y mental, un ejemplo fascinante de este potencial natural es la planta de Huaracco hembra, sus propiedades únicas la convierten en una alternativa prometedora frente a los detergentes sintéticos comerciales, sin embargo, el uso de esta planta como agente de limpieza es, en gran medida, un secreto bien guardado por la falta de información sobre sus beneficios específicos para la limpieza limita su aplicación práctica. Esta brecha de conocimiento nos lleva a plantear una pregunta crucial. ¿La concentración de saponina del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) es adecuada y eficiente para el lavado de hilos de alpaca, distrito de Macusani? el presente

estudio busca llenar este vacío para lo cual investigaremos a fondo las capacidades de limpieza de la raíz de Huaracco hembra, para ello, emplearemos diversos métodos para medir la cantidad de saponina.

El trabajo se divide en capítulos que detallan a continuación, en el capítulo I, esta sección aborda el planteamiento del problema, analizando la situación actual y la realidad del tema de estudio. Establece las bases de la investigación, los antecedentes y las limitaciones, lo que permite comprender su alcance y viabilidad.

En el capítulo II, este apartado reúne el marco teórico de la investigación, presentando una revisión exhaustiva de antecedentes por apartados y temas relevantes a nivel internacional, nacional y regional. Incluye directamente relacionados con el objetivo del trabajo, los cuales permiten definir y delimitar el problema, proporcionando un marco de referencia sólido para el análisis del tema.

En el capítulo III se describen los materiales y métodos empleados. La investigación se desarrolla con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con diseño experimental de laboratorio. Se detalla la población de estudio, la muestra seleccionada, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos y el procedimiento metodológico seguido para la preparación del extracto, la cuantificación afrosimétrica y el ensayo de lavado de hilo de alpaca. El propósito es obtener información objetiva, medible y confiable que permita cuantificar la saponina extraída de la raíz de Huaracco hembra y comprobar experimentalmente su comportamiento detergente.

En la investigación, se utilizó una muestra de 279 gramos obtenida de la raíz de Huaracco hembra, recolectada mediante un muestreo no probabilístico basado en características específicas. La recolección se realizó de forma directa y cuidadosa, mediante observación de entorno y extracción manual de la planta, preservando la integridad de la muestra. Posteriormente, esta fue analizada en laboratorio utilizando diversos materiales, registrando de manera rigurosa los datos en fichas de control.

En el capítulo IV, en esta sección se describe los resultados y la discusión, se presentan hallazgos del análisis y pruebas realizadas para la medición de la saponina presente en el Huaracco hembra. La discusión de los resultados compara los hallazgos en relación con los antecedentes contrastándolos con la información previa expuesta en este estudio.

En el capítulo V, en esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio, las cuales se elaboran de acuerdo con los objetivos planteados y las recomendaciones abordan sugerencias para posteriores investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo entero los detergentes actualmente ofrecen una eficiencia muy buena en cuanto a lavado y han dado respuesta a necesidades específicas con productos especiales para prendas delicadas y eliminando los blanqueadores para ropa de color. Sin embargo, se ha comprobado que los compuestos presentes en ellos perjudican el medio ambiente, en las últimas décadas, la polémica en torno a los detergentes gira alrededor de si estos tienen o no componentes de fosfatos, todos los detergentes contienen fosfatos para evitar que las partículas de suciedad vuelvan a la ropa, por desgracia, estos tienen un gran impacto ecológico. La presencia de fosfatos en las aguas provoca el crecimiento de algas sin control alguno que al ser descompuestos por microorganismos consumen gran parte del oxígeno del agua, lo que a su vez provoca la muerte de especies acuáticas y los ríos quedan contaminando (Varela & Soares, 2010).

Según (Arriola, 2017), los detergentes de sulfato de alquilbenceno lineal (LAS) son utilizados en grandes cantidades en la sociedad moderna, industrias y hogares; estos pasan a las aguas superficiales a través de escorrentías y desbordamientos combinados de alcantarillas, entre otras fuentes; sin embargo, se desconoce su destino final.

Esta problemática se presenta porque después del confinamiento se ha incrementado de forma exponencial el uso de desinfectantes y detergentes como un recurso de vital importancia para combatir el virus, por lo que, según IPSOS, la categoría de productos de limpieza tuvo un despegue importante desde hace dos años, lo que ha presentado nuevos retos para la industria (IPSOS, 2021).

La necesidad de reducir el impacto ambiental de los productos empleados en el lavado de fibras, como los detergentes, se ha incrementado en el contexto actual de preocupación por la conservación del medio ambiente. En este sentido, la presente investigación se orienta al aprovechamiento de avances tecnológicos y prácticas sostenibles para el desarrollo de un

agente de limpieza que no solo garantice la adecuada remoción de impurezas en fibras naturales, sino que también contribuya a la disminución de su huella ambiental, promoviendo alternativas más amigables con el entorno (Zuniga, 2024).

A partir de lo expuesto en los párrafos anteriores, surge la necesidad de proponer una solución más amigable con el planeta y los detergentes ecológicos se presentan como una alternativa superior a los productos comerciales convencionales, siendo no solo más económicos a largo plazo, sino que también resultan mucho menos agresivos para la piel humana y su impacto ambiental es significativamente menor, estos beneficios han impulsado su estudio, arrojando resultados muy positivos y un claro ejemplo son los detergentes vegetales.

La investigación actual se enfoca en cuantificar la presencia de saponina analizando el extracto de la raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*), para ello, se emplean métodos como el método del índice afrosimétrico y el test de espuma, con el objetivo de confirmar su eficiencia para lavar hilo de alpaca blanca, teniendo la meta de validar los detergentes naturales que buscan una limpieza efectiva y segura, este enfoque representa un avance importante abriendo puertas a prácticas de lavado más sostenibles, puesto que, la reducción de productos químicos es un paso crucial que favorece la salud de las personas protegiendo el ecosistema acuático, los detergentes comerciales a menudo contienen fosfato y estos contaminan ríos y lagos causando contaminación y dañando el ecosistema acuático, a diferencia los detergentes ecológicos evitan estos problemas debido a que utiliza ingredientes biodegradables proveniente de fuentes vegetales, la raíz de saqta es el claro ejemplo, siendo eficaz para producir espuma y por ende tiene propiedades limpiadoras para fibras naturales. El Huaracco hembra es una planta similar y viable para el lavado de fibras naturales, la raíz contiene compuestos de tipos saponinico; sin embargo no se cuenta con datos precisos sobre su concentración, por ello la investigación se orienta a comprobar y cuantificar la presencia de saponinas en la raíz, así también su aplicación en la industria textil, principalmente en la limpieza de fibras de alpaca que son fibras delicadas que requieren un tratamiento especial, debido a que la suciedad y grasas naturales son difíciles de eliminar sin dañar las fibras, los detergentes ecológicos ofrecen una alternativa suave y preserva la calidad; la investigación validara la hipótesis proporcionando datos concretos y demostrando la viabilidad de estas alternativas que serán un aporte valioso para la sostenibilidad.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

a) Problema general

- ¿La concentración de saponina del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) y la eficiencia del extracto permiten la remoción de suciedad y grasas en el lavado de hilos de alpaca?

b) Problemas específicos

- ¿La concentración de saponina contenida en el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) puede ser determinada mediante el método del índice afrosimétrico?
- ¿La espuma que produce el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) es persistente durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos?
- ¿El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) mejora la blancura, suavidad y olor del hilo de alpaca después del lavado?
- ¿Es eficiente el extracto de raíz de Huaracco hembra para la remoción de suciedad y grasas en el proceso de lavado de hilos de alpaca?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

a) Objetivo general

- Determinar la concentración de la saponina del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) y verificar la eficiencia del extracto de raíz de Huaracco hembra para la remoción de suciedad y grasas en el lavado de hilos de alpaca.

b) Objetivos específicos

- Determinar la concentración de saponina en el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) mediante el método de índice afrosimétrico.
- Observar la persistencia de espuma presente en el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos.

- Evaluar el efecto del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) sobre la blancura, suavidad y olor del hilo de alpaca después del lavado.
- Determinar la eficiencia del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) para la remoción de grasas y suciedad en el proceso de lavado de hilo de alpaca.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación general

La presente investigación se centra en el análisis de las propiedades de limpieza de fibras del Huaracco hembra para su posterior desarrollo como detergente natural, puesto que, como manifiesta (Zela, 2014), el uso de detergentes en el lavado de fibras naturales, como la lana de ovino, influye significativamente en la calidad final del material textil. Su estudio evidencia que la aplicación de detergentes convencionales, especialmente en determinadas concentraciones, puede afectar la solidez del color y provocar alteraciones en las propiedades de la fibra, debido a las acciones químicas entre los agentes tensoactivos y los componentes naturales del material.

Entender las propiedades del extracto de Huaracco hembra como agente de limpieza es fundamental, esto nos ayuda a predecir como actuara al lavar hilo de alpaca y al examinar estas características, podemos descubrir sus puntos fuertes y débiles, por ejemplo, aún falta mucha información sobre las capacidades generales de esta planta siendo este conocimiento crucial que permite crear y mejorar productos de limpieza que podrían utilizar esta planta como uno de sus ingredientes, pero para ello deberá cumplir con altos estándares de calidad.

El Huaracco hembra es una planta con potencial para la limpieza de prendas elaboradas con fibras naturales delicadas como el hilo de alpaca que merece atención especializada y la clave está en las propiedades intrínsecas de la raíz de Huaracco, para ello el primer paso necesario es realizar un estudio detallado que permita la comprensión profunda del comportamiento del extracto en el proceso de lavado, así evitar errores en el desarrollo óptimo de su aplicación; la falta de datos completos sobre la planta es un reto debido a que no siempre es fácil encontrar estudios exhaustivos, sin embargo, se podría investigar su capacidad para disolver grasas o analizar el efecto sobre las fibras de alpaca para lo cual se

hacen las siguientes preguntas ¿es suave?, ¿podría dañar las fibras?, conocer estas propiedades ayudaría a mejorar sus características, si la planta es muy suave buscar potenciar su poder de limpieza y si es muy fuerte buscar suavizar su acción, la información sobre el Huaracco hembra es una guía para la innovación en la industria del lavado de fibras naturales que permite que las empresas desarrollen nuevas soluciones basadas en recursos naturales que cada día son más importantes, puesto que las personas prefieren productos ecológicos y el Huaracco hembra ofrece una alternativa respetuosa con el medio ambiente.

Según Maguiña (2018) a nivel mundial se observa una inclinación a la preservación del medio ambiente y hacia el consumo de productos que sean respetuosos con el entorno. Según este concepto, la preocupación por el medioambiente y la sostenibilidad, entre otros factores, está moldeando la decisión de los consumidores como de las empresas a partir de su atención a valores éticos y morales.

1.4.2. Justificación teórica

La información sobre detergentes ecológicos es muy valiosa, (Quispe, 2014) sostiene que “son muchas las iniciativas orientadas al cuidado del ambiente, sean a nivel del país o región, con la finalidad de concientizar y sensibilizar a los pobladores respecto a la importancia de la conservación del medio ambiente”. En los últimos años, se ha iniciado un trabajo arduo en la labor orientada a formar la conciencia ecológica”.

Según (Romero et al., 2015), en los últimos años, ha surgido una tendencia sostenible, donde se buscan productos con el menor impacto negativo para nuestro ecosistema”. Tal es el caso de los productos biodegradables. Por tanto, se hace uso de las saponinas presentes en algunas plantas y raíces, como es el caso de la quinua (Aurich, 2019), la saponina se encuentra en la parte externa de la quinua y se obtiene vía húmeda, dejando remojar la quinua por unas horas, luego de ello se separa el grano de quinua con el agua utilizada para el lavado, la planta conocida como jaboncillo (*Sapindus saponaria*) posee características similares a los detergentes convencionales, ya que contiene compuestos con capacidad limpiadora que facilitan los procesos de lavado (Andres et al., 2008).

Numerosas investigaciones han demostrado que las saponinas de origen vegetal representan una alternativa eficaz para la limpieza de fibras naturales, debido a sus propiedades tensoactivas que permiten remover grasas y suciedad sin afectar la estructura del material textil. Estudios realizados con especies como *Sapindus saponaria* evidencian que los

extractos ricos en saponinas presentan una adecuada formación de espuma, lo cual favorece su uso como detergente natural, destacando además su carácter biodegradable y su bajo impacto ambiental (Coz, 2022).

Asimismo, investigaciones orientadas a la formulación de detergentes líquidos a partir de fuentes vegetales como *Manihot esculenta* han confirmado la efectividad de las saponinas en la limpieza de tejidos; estos compuestos actúan como agentes surfactantes, reduciendo la tensión superficial del agua y facilitando la eliminación de suciedad adherida a las fibras. Lo que los convierte en una alternativa adecuada para el tratamiento de materiales textiles, especialmente aquellos de origen natural.

Para determinar si la raíz de Huaracco hembra posee las cualidades necesarias para funcionar como un agente de limpieza de fibras, se realizaron a cabo rigurosos estudios en un entorno controlado de laboratorio, uno de los aspectos fundamentales evaluados fue su capacidad para generar espuma estable y de adecuada persistencia, considerada un indicador relevante de su eficiencia en procesos de limpiezas de fibra, ya que favorece el contacto prolongado del agente activo con la superficie a tratar.

Asimismo, se analizó su eficiencia en la remoción de contaminantes específicos, empleando hilos de alpaca como material de ensayo. Las pruebas realizadas permitieron verificar la presencia de saponinas en la raíz de Huaracco hembra, así como evaluar su capacidad para eliminar grasas y suciedad, prestando especial atención al factor de confort durante su aplicación.

1.4.3. Justificación practica

La investigación se fundamenta en necesidades prácticas, su propósito principal es demostrar la eficiencia en la eliminación de suciedad y grasas presentes en hilo de alpaca, mediante el proceso de lavado, al investigar esto se abre una vía prometedora para el desarrollo de un detergente verdaderamente ecológico buscando validar que existen en la naturaleza fuentes vegetales ricas en saponina, siendo estas sustancias capaces de eliminar la suciedad de manera efectiva; el objetivo por tanto, es ofrecer una nueva alternativa de limpieza con bases completamente naturales beneficiando especialmente a las microempresas textiles, así también, apoyar a asociaciones artesanales debido a que estos grupos tienen un fuerte enfoque en la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente,

centrando el estudio en confirmar la presencia y utilidad de plantas y raíces con contenido de saponina.

Los resultados esperados buscan evidenciar que existen opciones viables, estas opciones sustituirían los métodos convencionales de lavado de hilo de alpaca abordando en la investigación necesidades específicas del sector textil dedicado a la transformación de fibras de alpaca en el sector urbano, el estudio puede ofrecer soluciones concretas ayudando a la preservación del medio ambiente mediante el uso de detergentes naturales reduciendo la contaminación del agua, disminuyendo los químicos sintéticos considerando la viabilidad económica de estas alternativas naturales para ser accesibles para los pequeños negocios buscando un futuro equilibrado entre la producción y la protección ambiental.

De acuerdo a las pruebas realizadas en los laboratorios de la escuela profesional de ingeniería textil y de confecciones, para cuantificar el contenido de saponina en el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyliodropuntia lagopus malyanus*), indica que dicho extracto posiblemente contenga saponina en un nivel considerable y a la vez eficiente para la remoción de grasas y suciedad en hilo de alpaca sin afectar negativamente la finura ni la suavidad al tacto. Las pruebas de lavado a diferente temperatura demuestran que el lavado independientemente a la temperatura del agua, remueven las suciedad y grasas eficazmente así también las grasas, tanto en máquinas lavadoras como el lavado artesanal, se obtiene el mismo resultado en la remoción, con la diferencia de que en el lavado artesanal o a mano se evita la resequedad de la piel de la persona, puesto que en las zonas altoandinas se tiene el severo problema de heladas lo que produce la resequedad agrietamiento de la piel, más aún cuando se tiene contacto con el agua.

El proceso de lavado es practicado por generaciones en el sector rural, utilizando detergentes que son muy dañinos para el medio ambiente, por este motivo se produce la búsqueda de un sustituto de detergente ecológico no dañino siendo una alternativa prometedora que surge al investigar alternativas ecológicas que buscan opciones más eficientes, la investigación actual se enfoca en las propiedades de la Raíz de Huaracco hembra utilizando un diseño no experimental que nos permite un estudio profundo del tema generando nuevos conocimientos científicos que sentaran las bases para futuras investigaciones enfocándonos en la creación de detergentes ecológicos.

1.4.4. Justificación metodológica

La presente investigación busca cualificar las propiedades de limpieza que posee la Raíz de Huaracco hembra, para ser considerado una posible alternativa para el lavado de hilo de alpaca, para lo cual mediante un análisis de métodos de extracción y cuantificación de saponina se optó por el uso del método de índice afrosimétrico debido a que es un método rápido y eficiente así como ecológico, no requiere extracciones complejas y este método está reconocido en literatura científica siendo mencionado en investigaciones etnobotánicas, farmacológicas y en estudios de detergentes naturales como un método válido para estimaciones; en conclusión el método del índice afrosimétrico es especialmente beneficioso cuando se busca cuantificar saponinas de manera rápida, accesible y ambientalmente responsable.

El método afrosimétrico estándar fue desarrollado inicialmente por Kosiol (1991), en la búsqueda de una técnica para extraer y determinar la presencia de saponinas en granos de quinua, se evaluaron más de 5000 genotipos de quinua, con resultados significativos, sin embargo, con el paso de los años, esta metodología se ha modificado para adaptarla a las condiciones ambientales y necesidades de los agricultores (Morillo et al., 2022).

El test afrosimétrico está basado en las propiedades de las saponinas de disminuir la tensión superficial del agua, formándose una espuma estable, cuya altura está relacionada con el contenido de saponinas (Gomez et al., 2025).

1.4.5. Justificación económica

La presente investigación tiene relevancia económica porque propone sustituir parcialmente el uso de detergentes sintéticos comerciales por el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*), un recurso vegetal disponible localmente en Macusani.

En el proceso artesanal de lavado de hilo de alpaca, los detergentes comerciales representan un costo recurrente para productores y asociaciones textiles. Estos productores deben adquirirse en el mercado, lo que implica gastos constantes y dependencia externa, afectando la rentabilidad del proceso productivo.

En contraste, el Huaracco hembra es una planta de crecimiento natural en la zona altoandina, considerada incluso como maleza, por lo que su materia prima no genera costos de adquisición significativos. El proceso de extracción es simple, no requiere tecnología industrial compleja ni insumos químicos adicionales, lo que reduce considerablemente el costo operativo del lavado,

Desde un enfoque comparativo:

- **Detergente comercial:** costo monetario directo + dependencia de mercado + impacto ambiental.
- **Detergente de Huaracco hembra:** costo mínimo de recolección + procesamiento básico + recurso local disponible.

Por lo tanto, el uso del extracto vegetal representa una alternativa económica viable para pequeños productores, ya que disminuye costos de producción en la etapa de lavado y mejora la rentabilidad sin comprometer la calidad del hilo.

En consecuencia, la investigación no solo valida la eficiencia técnica del extracto, sino que también demuestra su potencial como insumos de bajo costo para fortalecer la sostenibilidad económica del sector textil artesanal en las zonas altoandinas.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

- El estudio se enfocó en evaluar las propiedades de limpieza de la solución de Raíz de Huaracco hembra (*Austrocyliindropunotia lagopus malyanus*), esta investigación de centro específicamente en aspectos clave que determinan su efectividad como agente limpiador, se examinan con detalle el nivel de saponina presente en la solución, otra propiedad fundamental evaluada fue la persistencia de espuma que buscaba determinar si la espuma generada es estable y duradera; y por último se midió la capacidad de la solución para eliminar suciedad y grasas de manera eficiente.
- La investigación se centró en las propiedades más importantes de la planta, estas propiedades son claves para su uso como agente de limpieza, la selección se basó en una revisión exhaustiva de la literatura científica y se analizaron las dimensiones que la investigación previa señaló como relevantes; la principal limitación surgió al buscar estudios anteriores, la planta en cuestión es poco conocida y esto dificulta

encontrar información preexistente y la escasez de datos anteriores fue una limitación importante, otro obstáculo fue la recolección de la raíz de Huaracco hembra puesto que está cubierta de espinas afiladas, esto representa un riesgo durante la cosecha por ello fue necesario el uso de equipo de protección y se emplearon trajes de seguridad resistentes, también se necesitaron herramientas adecuadas para garantizar la seguridad durante el proceso.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. *Antecedentes nacionales.*

Paccosonco et al. (2025), en la Universidad Nacional de Juliaca, desarrollaron la tesis “Obtención de detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca-2024”. El estudio fue experimental, de enfoque cuantitativo, y trabajó con 252 muestras de fibra de alpaca. Los autores reportaron que el tratamiento con 100 g de soda cáustica y 50 mL de glicerina alcanzó un pH de 6.70 y mostró el mejor rendimiento de lavado, con diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza, por lo que concluyeron que los insumos vegetales evaluados constituyen una alternativa técnicamente viable para la limpieza de fibra de alpaca.

Zela (2024), también en la Universidad Nacional de Juliaca, realizó la investigación “Efectos de los detergentes convencionales en la solidez de color en prendas lavadas de lana de ovino en el distrito de Juliaca – 2023”. El estudio presentó un enfoque cuantitativo y un alcance explicativo, trabajando con 180 muestras distribuidas en tres concentraciones de detergente (0,05; 0,10 y 0,20 g/mL). El análisis estadístico se realizó con un nivel de significancia de 0,05, un tamaño de efecto de $f = 0,297$ y una potencia de 0,95. Los resultados evidenciaron que a bajas concentraciones la pérdida de color es mínima, mientras que a concentraciones altas se produce un mayor blanqueamiento y degradación del color, atribuido al incremento de la alcalinidad de los detergentes. En conclusión, el uso de detergentes convencionales influye significativamente en la solidez de color de las prendas de lana de ovino

Velásquez (2025), en la Universidad Nacional de Juliaca, desarrolló la tesis “Efecto de la *Colletia spinosissima* en el proceso de lavado de la lana de ovino, Puno 2022”. El estudio evaluó la obtención de extracto, evidenciando que el método hidroalcohólico presentó mayor rendimiento, alcanzando aproximadamente 320 ml de extracto, en comparación con 100 ml obtenidos por el método Soxhlet. Asimismo, se observó que la eficiencia en la

limpieza de fibras de suciedad en condiciones optimizadas, mientras que en condiciones menos favorables se registraron valores cercanos al 0.8 %. Estos resultados evidencian una mejor significativa en la capacidad en la capacidad de limpieza asociada al extracto.

Coz (2022), en la Universidad de Huánuco, investigó la “Influencia de la elaboración del detergente biodegradable de Jipuchi (*Sapindus saponaria*) en la responsabilidad ambiental del distrito de Santa María del Valle-Huánuco - 2022”. La investigación fue de diseño cuasiexperimental y de nivel descriptivo, orientado a la elaboración de un detergente biodegradable y a la evaluación de sus características fisicoquímicas, tales como pH, densidad, fosfatos y tensioactivos. Asimismo, se analizó la eficiencia del detergente y su impacto en la responsabilidad ambiental, el autor concluye que la elaboración de detergente a partir de Jipuchi constituye una alternativa viable y ambientalmente favorable, evidenciando su potencial para contribuir a la reducción del impacto de los detergentes convencionales en el contexto local.

Huamán y Shuan (2018), en la Universidad Nacional del Callao, desarrollaron la tesis “Obtención de saponina de la corteza de quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante extracción hidroalcohólica”. El estudio empleó un diseño experimental factorial para evaluar concentración del solvente, tamaño de partícula y relación sólido-líquido. Los resultados permitieron establecer como condiciones óptimas una mezcla etanol/agua al 50 %, una relación de 20 ml de solvente por gramo de muestra y un tamaño de partícula menor a 200 μm , alcanzando un rendimiento de extracción de 75.75 %, lo que aporta una referencia metodológica importante para estudios de cuantificación de saponinas.

Burga y Sangay (2018), en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, realizaron el estudio “Comparación de la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* ‘quinua’ y *Quillaja saponaria* ‘choloque’”. Para la identificación y cuantificación emplearon reacciones colorimétricas, prueba de formación de espuma, método afrosimétrico y método espectrofotométrico. Los autores hallaron 0.49 % de saponinas en quinua y 0.87 % en choloque por método afrosimétrico, así como 0.55 % y 0.91 %, respectivamente, por espectrofotometría, con diferencias significativas ($p < 0.05$), concluyendo que ambas especies son fuentes cuantificables de saponinas y que el choloque presenta mayor concentración.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

Gong et al. (2018), en China, desarrollaron un estudio orientado a optimizar la extracción de saponinas de semillas de *Camellia sinensis* var. *assamica* y aplicar el extracto en la formulación de un detergente natural. Mediante metodología de superficie de respuesta establecieron condiciones óptimas de extracción y formularon un detergente con buena capacidad emulsificante y de remoción de residuos, además de baja toxicidad aguda. El trabajo confirmó que las saponinas de origen vegetal pueden incorporarse eficazmente en productos de limpieza con desempeño comparable e incluso superior al de algunos detergentes comerciales.

Wisetkomolmat et al. (2020), en Tailandia, evaluaron el potencial surfactante de extractos obtenidos de *Litsea glutinosa* y analizaron una vía alternativa de producción sostenible a partir de tejidos vegetales. Los autores confirmaron la presencia de saponinas y reportaron una capacidad espumante con altura de espuma de aproximadamente 6 a 8.5 cm, así como una eficiencia de detergencia cercana al 60 – 70 % en comparación con un surfactante sintético de referencia, estos resultados evidencian un comportamiento surfactante moderado, concluyendo que la especie estudiada constituye una fuente promisoría de tensioactivos naturales para aplicación de limpieza.

Wojciechowski et al. (2021), en Polonia, caracterizaron extractos acuosos de varias especies vegetales ricas en saponinas, entre ellas quinoa y *Saponaria officinalis*, evaluando tensión superficial, espuma y estabilidad. Los resultados mostraron que los extractos con mayor abundancia de saponinas presentaron mejor desempeño espumante con una altura de espuma superior a 5 cm y una estabilidad mantenida durante varios minutos. El estudio corroboró que las saponinas vegetales poseen propiedades fisicoquímicas adecuadas para ser consideradas biosurfactantes de interés industrial.

Dabestani et al. (2021), analizaron las propiedades interfaciales de extractos vegetales ricos en saponinas, como la raíz de *Acanthophyllum glandulosum* (Chubak). Los resultados evidenciaron una reducción de la tensión superficial del agua desde valores cercanos a 72 mN/m hasta aproximadamente 30–35 mN/m a bajas concentraciones, además de presentar alta capacidad de adsorción en la interfaz y formación de películas con elevada elasticidad. Asimismo, se reportó una estabilidad significativa de la espuma durante varios minutos, lo que confirma su comportamiento como agente tensioactivo. Estos hallazgos sugieren que

estos extractos poseen un alto potencial como biosurfactantes naturales para aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y de limpieza.

En esa misma línea, Lunder et al. (2023), en Eslovenia, desarrollaron una emulsión basada en extracto de *Sapindus mukorossi* combinada con carvacrol, destinada al lavado ecológico de textiles. Los resultados evidenciaron una eficiencia de limpieza superior al 80 % frente a suciedades estándar, así como una reducción significativa de la carga microbiana, alcanzando niveles mayores al 90 % en comparación con detergentes comerciales y el extracto utilizado de forma individual. Asimismo, se observó un adecuado desempeño en condiciones de lavado a bajas temperaturas (30–40 °C), manteniendo su capacidad detergente y desinfectante. Estos hallazgos demuestran la viabilidad del sistema como una alternativa sostenible para aplicaciones textiles.

Por otro lado, García et al. (2024), en Perú y Brasil, investigaron saponinas obtenidas de residuos de quinua, evaluando sus propiedades como agente surfactante y detergentes. En pruebas realizadas sobre tejidos de lana, el extracto mostró niveles de remoción de aceite de palma comparables a los detergentes comerciales, además de superar el 65 % de eficiencia en la eliminación de manchas de café en distintos tipos de tela. Estos hallazgos respaldan su uso potencial en el desarrollo de detergentes ecológicos.

En conjunto, la evidencia científica disponible, tanto a nivel nacional como internacional demuestra que diversas especies vegetales con contenido de saponinas presentan resultados favorables en su cuantificación y aplicación en detergentes biodegradables, así como en el lavado de fibras textiles. No obstante, no se han identificado investigaciones enfocadas específicamente en la cuantificación de saponinas en la raíz de Huaracco hembra (*Austrocyliodropuntia lagopus malyanus*) ni en su aplicación directa en el lavado de hilo de alpaca en el contexto de Macusani, lo que justifica el desarrollo del presente estudio.

El agua siempre se ha considerado por la organización Mundial de la Salud (OMS) como contaminada cuando su composición o estado natural se ven modificados de tal modo que pierde las condiciones aptas para los usos a los que estaba destinada, puesto que el agua es considerada como un recurso natural que debe preservarse de una mala utilización o privatización por parte de colectivos o de individuales, y ya en el año 1879 se establecía la “ley de aguas”, derogada posteriormente por la entrada en vigor de la ley 25/1985, de 2 de agosto (Rodríguez, 2009), el proceso de lavado de fibras en la industria textil presenta una

de las principales fuentes de contaminación ambiental, debido a la generación de aguas residuales con alta carga de contaminantes, tales con detergentes, grasas y compuestos químicos. Estas descargas afectan significativamente los ecosistemas acuáticos, ya que incrementan la demanda bioquímica de oxígeno y deterioran la calidad del agua generando impactos negativos en la biodiversidad (Brañez et al., 2018)

En el contexto de la industria dedicada al lavado de fibras, el uso de detergentes convencionales constituye una práctica ampliamente extendida debido a su eficiencia en la remoción de suciedad y grasas. Sin embargo, estos productos contienen diversos compuestos químicos que, tras su utilización son vertidos en efluentes industriales, generando impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, así como a las comunidades cercanas que dependen de estos recursos hídricos para sus actividades diarias. Entre sus componentes más relevantes están los tensoactivos, responsables de la formación de espuma y de la acción limpiadora, pero que a su vez presenta un alto potencial de toxicidad ambiental, especialmente cuando no son tratado antes de su descarga (Romero et al., 2015).

Así mismo, (Falconi, 2018) menciona que la presencia de tensioactivos en el medio ambiente puede ocasionar diversas consecuencias, sobre las membranas celulares y proteínas debido a la actividad superficial que presentan como: inhibidores de bacterias, hongos y otros habitantes del ecosistema del suelo, según Hernández-Baranda et al., (2023) sostiene que en varios países, el uso de aguas grises domesticas contaminadas con detergentes para el riego agrícola se ha generalizado, lo que podría suponer un riesgo significativo para la salud de suelo y el crecimiento vegetal, en consecuencia, se ha prestado cada vez más atención a la evaluación del impacto de los detergentes en desarrollo de los cultivos.

Cabe destacar que, la contaminación de las aguas por desechos industriales domésticos y agrícolas ha sido una de las situaciones más preocupantes en los últimos años, pues esta lleva consigo la transmisión de gran número de enfermedades y desaparición de la fauna, característica de dicho ecosistema. Dentro de los múltiples contaminantes que llegan a las corrientes de agua están los detergentes (R. & P., 1978), los detergentes en el agua, son contaminantes y disminuye el poder auto depurador de los ríos, dificultando la actividad bacteriana, además, estos agentes interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras, incrementan el pH, causan eutrofización, debido a los altos niveles de fósforos procedentes de la hidrólisis de los tripolifosfato, que es el principal

ingrediente de los tensioactivos (Delgado y otros, 2011), que a su vez por los componentes químicos del detergente disminuyen la tensión superficial (Romero, 2019).

La implementación de sistemas automatizados de lavado de fibras permite en parte mejorar la eficiencia del proceso, optimización el uso de agua, energía e insumos químicos. Esto contribuye a la estandarización del proceso y a la reducción del impacto ambiental, promoviendo un manejo más racional de los recursos dentro de la industria textil (Ponce, 2019).

Ante esta situación expuesta párrafos arriba, (Caiza, 2015) sostiene que los detergentes comerciales se encuentran entre los contaminantes de naturaleza orgánica a nivel mundial; por lo tanto, la elaboración de detergentes con características biodegradables reduciría en gran medida el daño que es causado a las fuentes de agua más aun cuando es un producto que se emplea con gran frecuencia diariamente en casi todos los hogares (Alvarado, 2008).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Saponina.

Las saponinas, son heterósidos que constan de una parte glucídica y de una genina que puede ser de naturaleza esteroide o triterpenica. Los azúcares más frecuentes constituyentes de los dos tipos de saponinas son glucosa, arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa, y en las saponinas triterpenicas también es frecuente el ácido glucurónico (López et al., 2022).

Por consiguiente, las soluciones acuosas de saponina al ser agitadas forman una espuma estable y abundante, hecho este que dio origen etimológicamente, al nombre genérico de estas sustancias provenientes del latín **sapon** (jabón) (Foy et al., 2005), las propiedades anfífilicas se derivan de la estructura que contiene una aglicona derivada de isoprenoides (una sapogenina) unida a una o más cadenas de azúcar mediante un enlace éter o éster (Juang, 2020) las saponinas son un tipo de metabolito secundario ampliamente estudiado por sus reconocidas propiedades biológicas. Gran parte de las investigaciones en fitoquímica están dirigidas a encontrar nuevas fuentes naturales de saponinas con aplicación medicinal (Ahumada y otros, 2016).

Durante mucho tiempo las saponinas fueron consideradas compuestos químicos de escasa relevancia, y muchas veces desvalorizadas, porque fueron asociadas como una de las causas de los procesos de empastes o timpanismo (Fernández, 2020), las saponinas pueden utilizarse

como mecanismo de defensa en las plantas, porque poseen importantes propiedades biológicas de actividad antimicrobiana, nematicida, inmunológicas, así como agentes plaguicidas puesto que produce un sabor amargo y posee factores anti nutricionales (Casas & Cristancho, 2022), diversas plantas son consideradas fuente de saponina y estas pueden localizarse en semillas, frutos, hojas, tallos y **raíces**. Usualmente las saponinas se encuentran formado parte de una matriz compleja con otros compuestos como azúcares, polifenoles, proteínas y lípidos. La cantidad de saponinas depende de una variedad de factores como la especie de planta, su edad, condiciones climáticas y presencia de patógenos o depredadores (Góngora-Chi, 2023).

La estructura general de una saponina:

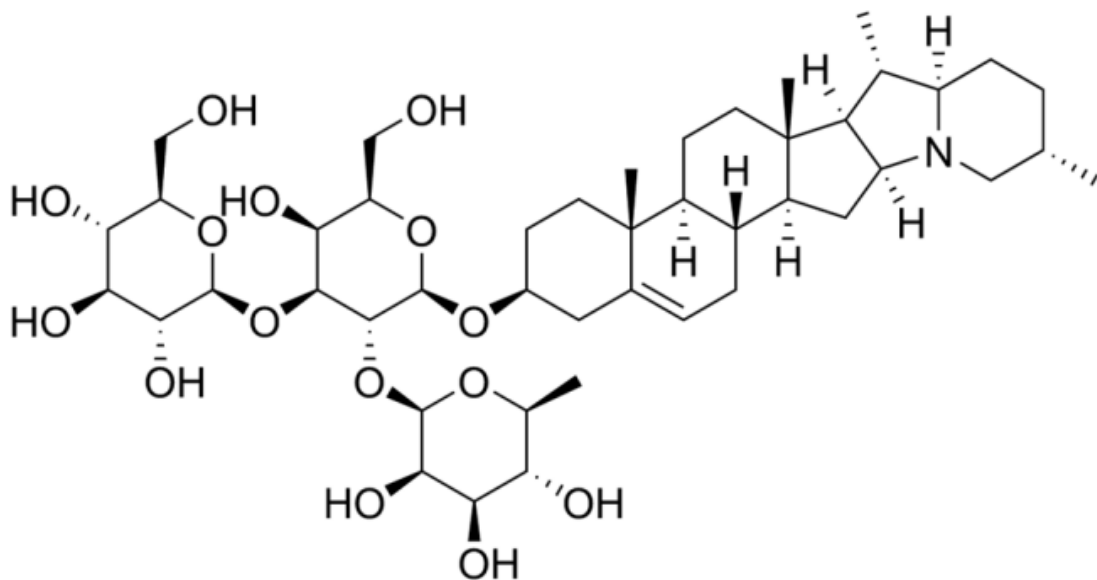


Figura 1

Estructura general de una saponina.

FUENTE:(López et al., 2022).

El análisis de tipos de saponinas nos muestra dos grandes grupos, siendo la estructura molecular de una saponina de tipo esteroidal:

1. **Aglicona (genina):** en el caso de las saponinas esteroidales, el núcleo central es un esqueleto de **ciclopentanoperhidrofenantreno** que suelen tener **27 átomos de carbono**.

2. **Sistema de anillos:** generalmente presente una estructura de tipo **espirostan** (con anillos adicionales de furano y pirano unidos al núcleo esteroidal).
3. **Cadena de azúcares:** se observa la unión de uno o varios azúcares usualmente en la posición C-3 el anillo.

Estructura molecular de una saponina de tipo triterpenica:

1. **Aglicona (genina):** a diferencia de las esteroidales las triterpenicas poseen un esqueleto de **30 átomos de carbono**.
2. **Sistema de anillos:** la mayoría de estas saponinas tienen una estructura **Penta cíclica (cinco anillos)** siendo el tipo oleanano es el más común en la naturaleza.
3. **Ubicación:** este tipo de saponinas es muy abundante en plantas dicotiledóneas, como la soja, la alfalfa, el regaliz y la mayoría de leguminosas.

Según la revista cubana de plantas medicinales, (2015) la especie *Sapindus saponaria* L. se encuentra ampliamente distribuida en el continente americano. La abundante presencia de saponina que la caracteriza, le confiere un elevado valor farmacológico, por lo que determinar la concentración de este metabolito y la presencia de otros en las diferentes partes de la planta, permitirá desarrollar futuras evaluaciones biológicas.

Asimismo, Hernández et al., (2005) sostiene que la extracción de saponinas a partir de diversos materiales biológicos ha sido reportada, bajo múltiples procedimientos, sin embargo, dada la naturaleza en gran manera polar de estos compuestos, todos los métodos coinciden en la extracción en caliente o frío, con agua o alcoholes de bajo peso molecular, sobre salen el uso de metanol, etanol, butanol y mezclas de diferentes proporciones de estos alcoholes y agua tanto en caliente como en frío.

Mientras que, Velásquez & Vélez, (2020) mencionan que la extracción de saponinas con solventes a alta presión es una técnica alternativa a las técnicas convencionales de extracción, la cual permite obtener tiempos más cortos de extracción, menores consumos de disolventes y mayores rendimientos en la extracción, además las saponinas se pueden utilizar para elaborar diversos productos agroindustriales, como jabones, champús, detergentes, cerveza y biopesticidas (Morillo et al., 2022).

2.2.2. *Detergentes ecológicos.*

El primer agente limpiador fabricado por el hombre fue el jabón, cuya manufactura ha sido descrita en las tablas de lagas procedente de los sumerios en el año 2.5000 a.c. Según (Dorado, 1996), las tablas sumerias son especialmente notables puesto que presentan de manera detallada el procedimiento de fabricación del jabón. Incluyendo las cantidades de las materias primas utilizadas (aceites y cenizas de madera), así como su aplicación a la limpieza de textiles.

Según (Vaz, 2004), la relevancia de los agentes de limpieza no fue plenamente reconocida hasta el siglo II d.C., cuando el medico griego galeno recomendó su uso no solo por su eficiencia en la higiene corporal y de las prendas, sino también por sus beneficios terapéuticos. En la actualidad, este interés ha evolucionado hacia el desarrollo y uso de detergentes ecológicos, los cuales buscan mantener la eficiencia en ellos procesos de limpieza reduciendo el impacto ambiental. En este sentido Paladines, (2023) señala que la creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente ha impulsado la adopción de productos sostenibles, promoviendo una mayor conciencia y responsabilidad en la sociedad respecto al uso de alternativas menos contaminantes.

Hoy en día la industria de los detergentes se ha desarrollado a tal grado que la composición de la mayoría de productos formulados ha cambiado de manera sorprendente en un muy corto periodo de tiempo. Una de las preocupaciones actuales al respecto, es que los ingredientes que compongan los detergentes sean “amigables” con el medio ambiente, es decir, que al momento de ser desechados se descompongan de manera rápida sin generar ningún tipo de impacto negativo (Silva Rodríguez, 2004).

El Parlamento Europeo y el Consejo, (2024) sostiene que el nivel adecuado de saponinas de un detergente ecológico depende del tipo de uso y de una fuente de saponina. Sin embargo, existen valores de referencias usados en investigaciones y certificaciones de detergentes ecológicos (Rai et al., 2021).

Tipo de uso:

- Uso doméstico (ropa, vajilla manual): la concentración de saponinas en el producto es de 0.5% - 2%.
- Uso semi – profesional (restaurantes pequeños, hoteles ecológicos): 2% - 5%.

- Uso profesional intensivo (empresas de limpieza, industria alimentaria): 5% - 8%.

Para que un detergente ecológico sea eficaz para personal de limpieza profesional, el nivel mínimo recomendado es entre 4% y 6% de saponina activas totales, proporcionando suficiente poder tensioactivo, comparable a los detergentes sintéticos de baja intensidad, manteniendo la biodegradabilidad y baja toxicidad (Novoa, 2025).

A partir de lo expuesto, se evidencia la existencia de múltiples opciones ecológicas, siendo estas alternativas que promueven la salvaguarda de nuestro entorno natural. De entre ellas surgen algunas soluciones para reemplazar el jabón y los detergentes convencionales y estas opciones incorporan componentes biodegradables que no contienen fosfatos o elementos que sean perjudiciales para la limpieza del hogar, a continuación, se mencionan algunas alternativas:

Fruto del jaboncillo: los frutos de *Sapindus Saponaria* poseen un alto contenido de saponinas (alrededor del 30 %), sustancias que al contacto con el agua crea una espuma la cual se puede usar como detergente ecológico, natural y biodegradable (Manzanero, 2016) al humedecerse y estrujarse la cascara, estos tienen la capacidad de producir espuma similar al del jabón.

Raíz de saqta: la saqta es un recurso natural oriundo de la sierra peruana, que cuenta con propiedades de detergencia que podría ser utilizado en los productos de limpieza como el shampoo (Nicho & Peña, 2019), también se usa como jabón natural para lavar lana de alpaca antes de hilarla (Gadea, 2019), cuando esta planta se tritura y sumerge en agua, libera de manera espontánea una espuma densa y abundante que constituye el agente limpiador principal.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*): es una planta propia de la región andina, su cultivo puede soportar condiciones adversas como heladas, viento, sequía etc. Desde hace cientos de años se la utiliza como alimento, y existen varios estudios que muestran sus propiedades beneficiosas como por ejemplo antimicrobianas y antioxidantes. Pero existen otras utilidades que se están estudiando, como la extracción saponina a partir de sus tallos, utilizando el proceso a presión de agua caliente (PHWE) obteniendo resultados alentadores, sin embargo, no se ha intentado extraer la saponina con los residuos del proceso de escarificación (Villacrés Álvarez y otros, 2019).

Otra especie en cuestión es el agave (*Sisalima perrina*), una planta con fibras duras, que representan el 3-5% de su peso y se utilizan para elaboración de sogas, el 95-97% restante se conoce como desecho de sisal, que hace años no tenía uso, pero se descubrió que contiene saponinas esteroidales que pueden usarse potencialmente en formulaciones de alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, así como para la biorremediación del suelo. Por otro lado, la problemática de los detergentes es su formulación, la cual incluye intercambiadores de iones, álcalis (carbonato de sodio), silicatos de sodio anticorrosivos, estabilizadores de espuma de amida, carboxilo metil celulosa para la formación de suspensiones de partículas de suelo, blanqueadores, suavizantes de tejidos, enzimas, abrillantadoras ópticas, fragancias y sulfato de sodio como diluyente (Villacrés Alvarez et al., 2019).

2.2.3. *Huaracco hembra (Austrocyllindropuntia lagopus malyanus).*

La especie *Austrocyllindropuntia lagopus*, perteneciente a la familia Cactaceae, forma parte de un grupo de plantas adaptadas a condiciones áridas de alta montaña, caracterizadas por su capacidad de almacenamiento de agua y resistencia a factores ambientales extremos. Estas adaptaciones morfológicas y fisiológicas han permitido su distribución en diversas regiones, despertando el interés científico por su potencial aplicación en distintos ámbitos (Guillot et al., 2008).

Pocas personas han viajado a los alrededores de Macusani con la intención específica de observar su flora de cactus. El pueblo se encuentra en una parte remota de los andes peruanos, al norte del lago Titicaca, a una altitud de más de 4000 m. Las montañas de más de 6000 m y están cubiertas de nieve durante todo el año. El área tiene una densidad de población muy baja, ya que el clima es demasiado frío para la mayoría de los cultivos alimentarios. La actividad humana se limita principalmente al área dentro y alrededor del pueblo, con su mina de uranio y los mercados que venden lana de alpaca, mundialmente por sus excelentes propiedades de aislamiento térmico (Ivor Crook et al., 2003).

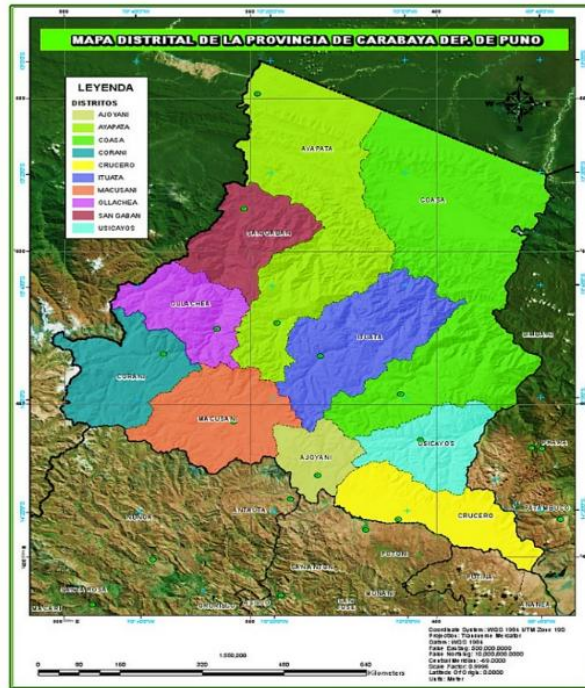


Figura 2

Mapa provincia de Carabaya (INEI).

FUENTE: Imagen tomada de la página de la municipalidad provincial de Carabaya.

La planta de nombre científico *Austrocylindropuntia lagopus malyanus* y comúnmente denominado por los pobladores como Huaracco hembra, perteneciente a la familia de cactus, sub familia opuntioideae Schumann, esta sub familia se diferencia por tener tallos suculentos, aplanados, cilíndricos o globosos, sin costillas, hojas reducidas o modificadas, sin nervaduras, flores simples, solitarias, rotáceas, semillas con arillo funicular, areolas con espinas barbadas (gloquidioso quepos) y polen diferente. En esta subfamilia ha habido algunos cambios importantes. debido a los estudios de ADN han vuelto a ser validos los géneros *Austrocylindropuntia*, *Brasilipuntia* y *Cylindropuntia*, que la IOS incluía en *Opuntia*, cambios que recoge Anderson (2001) y posteriormente Hunt y col, (2006), las especies peruanas de segmentos esféricos han sido separadas de *Tephrocactus* ahora se incluyen en *Cumulopuntia*. Hay que añadir el género *Tunilla*, donde se encuentra el airampo, con semillas y polen diferentes, estos seis géneros citados son los que tenemos en el Perú, hay 9 géneros más que no mencionamos porque no se encuentran en Perú.

Baconismo: *tephrocactus malyanus rausch*

Sinónimo: *Austrocylindropuntia malyanus (rausch) Ritter.*

El nombre de la subespecie honra al Ing. Gerhard Maly que acompaño a W. Rausch al Perú en 1970. Semejante a la especie en habito, pelos, espinas, gloquidios y caracteres de las hojas, difiera en tener segmentos más angostos, lo que permite un crecimiento más apretado, las flores más pequeñas, 1.5 a 2 cm., amarillas, enterradas en la lana y fruto alargado, rosa-violeta. Distribución Macusani, puno, 4500 msnm, La Paz, Bolivia (Ostolaza, 2014).

La especie de cactus como *Austrocyllindropuntia lagopus*, perteneciente a la familia Cactaceae, el sistema radicular se caracteriza por ser mayormente poco profundo y extensamente ramificado, lo que permite la captación eficiente de agua y nutrientes en suelos áridos y con precipitaciones esporádicas. Estas raíces principales se extienden lateralmente para aprovechar la humedad disponible tras breves lluvias, mientras que, en algunos casos pueden desarrollar pocas raíces principales más robustas para anclaje y almacenamiento de recursos favoreciendo su supervivencia y eficiencia fisiológica (Dubrousky, 2002).

Tabla 1

Cuadro de resumen de diferencias de saponinas triterpénicas y saponinas esteroidales.

CARACTERISTICAS	SAPONINAS TRITERPÉNICAS	SAPONINAS ESTEROIDALES
Núcleo	Triterpeno (C30)	Esteroides (C27)
Plantas frecuentes	Dicotiledónea	Monocotiledóneas
Espuma	Más estable	Menos estable
Aplicaciones	Cosméticos, antioxidantes, antimicrobianos	Precusores hormonales

FUENTE: tomado de (Hostettmann et al. 1995).

La especie *A. lagopus* como todos los cactus son plantas dicotiledóneas, es decir, poseen dos cotiledones en la semilla, tejido vascular organizado en anillos y otras características típicas de las dicotiledóneas, como hojas modificadas en espinas y crecimiento secundario limitado, asimismo produce una espuma estable en un intervalo de tiempo de 30 a 40 minutos y su uso principal es para el lavado de fibras naturales, por tanto, se considera una fuente de saponinas triterpénicas.

2.2.4. Alpaca (*Vicugna pacos*).

Cualquiera que haya vivido durante algún tiempo en las partes altas de los andes, donde las alpacas son parte importante de la economía campesina, poco a poco se da cuenta que ellas también juegan un papel importante en varios mitos y rituales. Eso no causa sorpresa cuando se recuerda que las influencias externas, especialmente las del campo tecnológico son muy ligeras (Gow & Gow, 1975).

Choque et al., (2021), menciona que, por definición la raza es un grupo grande de individuos dentro de una especie y que tienen un origen en un tronco común, en un ambiente geográfico determinado y que pueden ser distinguidos por sus características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, respaldadas por genes (cualitativos y cuantitativos) heredables por su descendencia dentro de límites de variabilidad. En definición general la alpaca tiene la especialidad para producir fibra y se distingue dos razas bien definidas sobre la base de las características morfológicas y fisiológicas; la raza huacaya en apariencia exhibe fibra corta y rizada mientras que la raza suri tiene fibras largas y rectas.

La distribución poblacional de ambas razas no es equitativa. Según el censo agropecuario del 2012, el suri representa la precaria cantidad del 13.05 % de la población y las huacaya el 82.86 %. Sin embargo, en estas estadísticas no se incluyen a las de color, especialmente de la raza suri, porque se cree equivocadamente que las alpacas son solo blancas y de la raza huacaya, desconociendo que ambas razas existen la presencia de una biodiversidad de colores que alcanzan a más de 20 tonalidades que van desde el blanco hasta el negro pasando por la gama de cafés y también grises (Enríquez Salas, 2015).



Figura 3

Fotografía izquierda alpaca de raza suri. Derecha alpaca de raza huacaya.

FUENTE: Elaboración propia.

La industria textil considera a la fibra de alpaca como una fibra especial y, las prendas que se confeccionan con ellas, están clasificadas como artículos de lujo (Wang, 2003). una de las características productivas de la fibra de alpaca es el peso del vellón sucio (PVS) y diámetro medio de fibra (DMF) siendo el comercio en función a su cantidad y calidad; vellones más pesados y fibra finas valen más que vellones menos pesados y de fibra gruesa, de este modo el peso del vellón constituye un variable importante que es necesario tener en cuenta en programas de mejora genética de alpacas (Quispe et al., 2013).

La artesanía textil, es un sector socioeconómico estratégico para el crecimiento de la economía de la región Puno, que esta conformad por unidades productivas que producen hilos de alpaca 100 % natural, así mismo elaboran prendas y accesorios la cual genera ingresos económicos para las familias artesanas, además permite mejorar el precio de la fibra de las alpacas de color en el mercado local (Lencianas & Guevara, 2020).

Según Grigg et al., (2004)el vello de los camélidos sudamericanos tiene muchas funciones, entre ellos: a) evita la perdida de agua cutánea, b) permite el camuflaje mediante la coloración, c) favorece la termorregulación, asimismo, autores de la revista RENPYS mencionan que después de la esquila, el vellón de alpaca suele contener suciedad (Freire y otros, 2024), grasas (excreción de las glándulas sebáceas), suint (excreción de las glándulas sudoríparas), impurezas inorgánicas (arcillas y arena), impurezas orgánicas (orina,

excremento, componentes orgánicos de la tierra), materia vegetal y agua. La fibra de alpaca contiene las mismas impurezas, pero en diferente proporción (Saldaña, 2017), lo que afecta al factor confort.

En esta época las propiedades relacionadas con el confort se han enriquecido en la prenda, el conjunto de accesorios y la interacción con esa fisiología del cuerpo humano, teniendo incidencia especial el medio que lo rodea. Es importante destacar la variedad de modelos matemáticos desarrollados con relación a los fenómenos y su medición, estando unos más obsoletos que otros, desde el famoso Fanger a mediados del siglo pasado, hasta los modelos de Hurrell de finales de siglo. Además de la estandarización de normas para la medición de esas variables que categorizan en alguna medida la biomecánica de la prenda. Pero el concepto de confort no se ha desarrollado solo para textiles o prendas, éste se ha ampliado a otros escenarios de conocimiento tales como el diseño de construcciones, la ingeniería de vehículos terrestres y aeroespaciales, entre otros (Baena & Baquero Margarita, 2003).

2.2.5. Fibra de alpaca.

(Díaz, 2023), mencionan en la revista de innovación y transferencia productiva que el hilo rustico es obtenido a partir de la fibra de alpaca en brosa mediante los procesos en la transformación primaria los cuales son: escarmenado, lavado, cardado e hilado, dicha secuencia de procesos consiste en la realizar la limpieza de fibra, uniformizas y retorcer. La transformación de la fibra es realizada por los productores y transformadores primarios de fibra de alpaca utilizando instrumentos de madera prehispánicos y en forma manual. en la actualidad, son muy pocos los productores de hilo rustico de fibra de alpaca.

Debido a que la gran mayoría de las familias criadoras de alpaca vende la fibra esquila en bruta y algunos de ellos se dedican a la elaboracion de prendas artesanales por tradición, las cuales son ofertadas en ferias comunales y distritales, y en algunos casos son vendidas a turistas. Sin embargo, son muy pocos los productos que venden y de muy baja calidad, ya que no cuentan con máquinas familiares para poder obtener una mayor cantidad hilado y de mejor calidad (Díaz, 2023).

En la revista Aynibolivia, artículo titulado *Propiedades de la fibra de alpaca, 2015*, se menciona que la fibra de alpaca tiene muchas cualidades y por ello se ha convertido en la favorita de vendedores, diseñadores y clientes, veamos algunas de sus ventajas:

- La fibra de alpaca es muy fina, puede llegar a los 19 micrones de finura.
- La fibra de alpaca es tres veces más fuerte que el de la oveja y siete veces más caliente.
- La fibra de alpaca tiene excelentes cualidades aislantes y térmicas por tener bolsas de aire microscópicas en el interior eso también la hace más liviana pero aún muy caliente.
- La fibra de alpaca tiene un brillo sedoso que se mantienen pese a la producción, teñido o lavado. La fibra de alpaca no contiene grasa, aceite o lanolina.
- La fibra de alpaca no retiene el agua y puede resistir a la radiación solar
- La fibra de alpaca es resistente logrando prendas muy durables y de cuidado fácil, siendo un ahorro para las personas y mayor cuidado para nuestro ambiente.
- La fibra de alpaca es hipo alérgico por su gran finura.
- La fibra de alpaca tiene más de 22 colores naturales (café y grises)
- La fibra de alpaca no sólo se hila se la puede a fieltar obteniendo hermosos paños y fieltro manual de alpaca

Concretamente, la calidad de la fibra de alpaca se evalúa mediante micronaje, esta medida indica el diámetro de cada fibra individual, un menor número de micronaje se traduce directamente en una fibra más fina y notablemente más suave al tacto, siendo la clasificación la siguiente:

Tabla 2

Clasificación de la fibra de alpaca.

Clasificación	Símbolo	Micronaje
Baby	BI	17 a 23
Superfina	FS	23,1 a 26,5
Superfine media	FSM	26,5 a 29
Huariza	HZ	29,1 a 31,5

FUENTE: Elaboracion en base al artículo (*Propiedades de la fibra de alpaca*, 2015)

2.2.6. Raíz

La Real Academia de la lengua española define como **raíz** al órgano de las plantas que crecen generalmente en dirección inversa a la del tallo, se desarrolla en tierra o en otros medios, absorbe de estos o de aquella las materias necesarias para el crecimiento y desarrollo del vegetal y le sirve de sostén (Sánchez et al., 1940).

La raíz de las plantas es un órgano complejo y vital que realiza múltiples funciones esenciales para la vida de la planta. Además de fijar y anclar la planta al suelo, las raíces absorben agua y minerales del sustrato, los cuales son transportados a través de xilema hacia las partes aéreas de la planta; también almacenan reservas de nutrientes y pueden interactuar simbióticamente con microorganismos del suelo para facilitar la captación de recursos (Ryan et al., 2016), la raíz se compone de las siguientes partes:

Cuello: es la región situada al nivel de la superficie del suelo que conecta el tallo con la raíz. Esta zona cumple una función estructural y fisiológica fundamental, ya que permite la transición de los tejidos conductores entre la raíz y el tallo, asegurando que el agua, los nutrientes y los productos de la fotosíntesis circulen de manera eficiente.

Raíz principal o cuerpo: también llamada raíz primaria es la estructura subcutánea central de la planta a partir de la cual se originan las raíces secundarias o laterales. Su función principal es anclar la planta al suelo y servir como conducto para transportar agua y minerales hacia el tallo y las hojas. Además, la raíz principal puede almacenar nutrientes que serán utilizados en periodos de escasez o durante la germinación y desarrollo inicial de la planta.

Pelos absorbentes: son prolongaciones del epitelio radical presente principalmente en las raíces secundarias. Su función es aumentar la superficie de contacto de la raíz con el suelo, facilitando la absorción de agua y minerales esenciales para el metabolismo de la planta. Estos pelos son transitorios y muy sensibles a las condiciones del suelo, lo que les permite adaptarse rápidamente a cambios de humedad y disponibilidad de nutrientes.

Cofia: es una estructura protectora que cubre la zona meristemática de la raíz, es decir, la región donde se genera nuevas células que permiten el crecimiento en longitud. Su forma de casquete permite que la raíz avance en el suelo sin daño alguno.

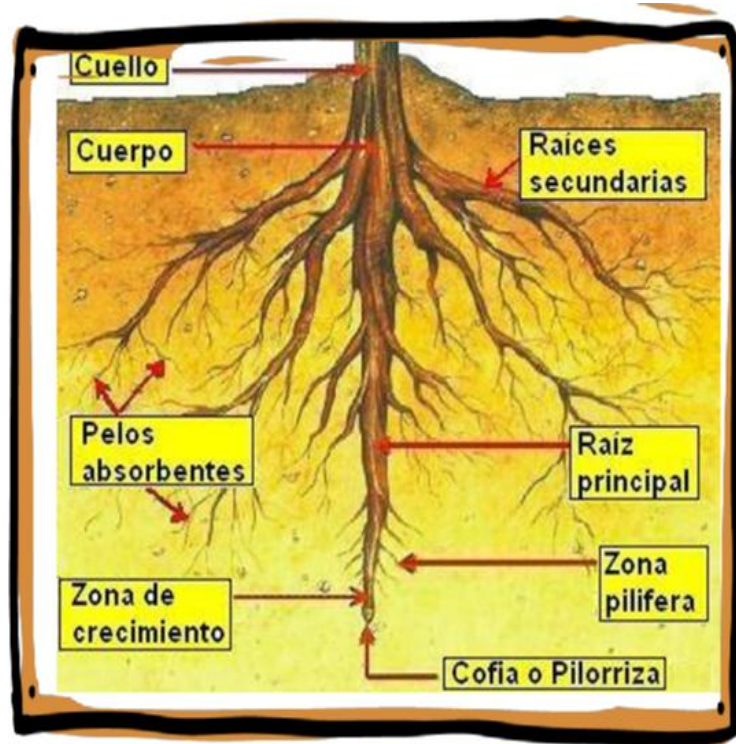


Figura4

Partes de una raíz.

FUENTE: (Sánchez et al., 1940).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La ejecución de la recolección de muestras de raíz de Huaracco hembra se llevó a cabo en la provincia de Carabaya. Distrito de Macusani, provincia de Carabaya, ubicado en la zona sur-oeste de dicha provincia, perteneciente al departamento de Puno. Macusani es la capital del distrito homónimo de la provincia de Carabaya, se encuentra a una altitud media aproximada de 4315 a 4528 m.s.n.m., es reconocida a nivel nacional e internacional por su destacada actividad de crianza de alpacas de alta calidad, motivo por el cual es denominada la “CAPITAL ALPAQUERA DEL PERÚ Y DEL MUNDO”, sus coordenadas geográficas centrales de la ciudad son aproximadamente 14°04´S y 70°25´O.

Las pruebas de ensayo y recopilación de datos para este estudio de investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la Facultad de Procesos Industriales, sede Ayabacas de la Universidad Nacional de Juliaca ubicado en el Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, Región Puno.

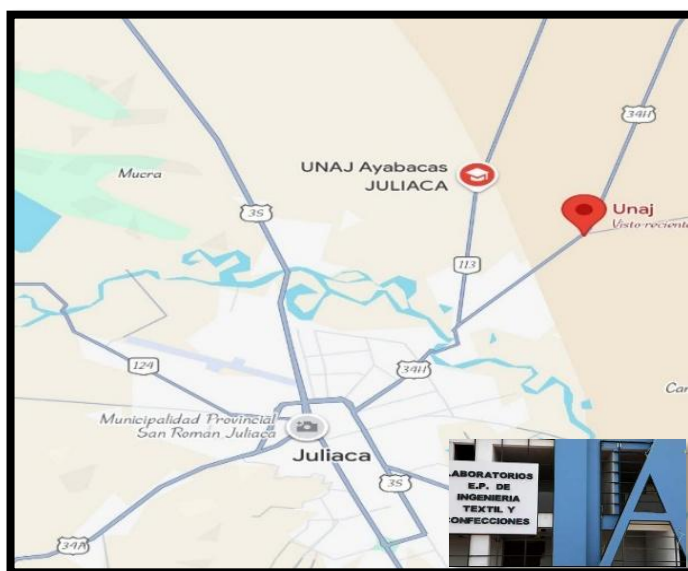


Figura5

Ubicación de laboratorio de Ingeniería textil y de confecciones.

3.2. DISEÑO METODOLÓGICO

3.2.1. Tipo de investigación

Este estudio corresponde al tipo de investigación aplicada. La presente investigación es de tipo aplicada, ya que tiene como finalidad resolver un problema práctico mediante el uso del conocimiento científico, específicamente en la evaluación del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) como agente detergente natural en el lavado de hilos de alpaca. Según (Hernández Sampieri et al., 2014), la investigación aplicada se orienta a la utilización del conocimiento para la solución de problemas concretos, buscando generar resultados que puedan ser implementados en contextos reales. En este sentido, el estudio no solo describe las propiedades del extracto, sino que también analiza su eficiencia en condiciones experimentales, contribuyendo al desarrollo de alternativas sostenibles para la limpieza de fibras textiles.

3.2.2. Enfoque de investigación

Para la siguiente investigación se optó un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la medición de variables como la concentración de saponinas, la altura de espuma y la variación de peso del hilo, utilizando análisis estadísticos para evaluar el comportamiento del extracto bajo condiciones controladas de laboratorio.

3.2.3. Nivel de investigación

El estudio presenta un nivel descriptivo - explicativo, debido a que, en una primera etapa, describe las propiedades fisicoquímicas del extracto como la formación de espuma y la concentración de saponinas y en una segunda etapa, explica la relación de causa – efecto entre variables manipuladas (volumen del extracto y temperatura de lavado) y las variables de respuesta, como la eficiencia de la limpieza y la reducción de peso del hilo.

3.2.4. Diseño de investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental de laboratorio, en el que se manipularon de manera controlada las variables independientes, como el volumen del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) y la temperatura de lavado (30 °C, 40 °C y 50 °C), con el propósito de evaluar su efecto sobre las variables dependientes, tales como la altura y persistencia de espuma, la reducción de peso del hilo y las

características cualitativas de blancura, suavidad y olor. Asimismo, se mantuvieron condiciones homogéneas en todas las unidades experimentales, permitiendo comparar los tratamientos y establecer relaciones de causa-efecto en un entorno controlado.

3.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis general

El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) presenta una concentración cuantificable de saponina y evidencia suficiente de eficiencia para la remoción de grasas y suciedad en el lavado de hilos de alpaca, distrito de Macusani.

3.3.2. Hipótesis específicas

- La raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) presenta una concentración de saponina significativa determinada mediante el método de índice afrosimétrico.
- La espuma generada por el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) es persistente y estable durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos.
- El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) mejora la blancura, suavidad y reduce el olor del hilo de alpaca después del lavado.
- El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) produce una reducción significativa del peso del hilo de alpaca después del lavado.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por los especímenes de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) localizados en la zona de Occocucho, perteneciente a la comunidad campesina de Ccatacancha, distrito de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, seleccionada por su abundante disponibilidad de la especie vegetal requerida para la investigación. Asimismo, en la fase aplicada, la población estuvo representada por las madejas de hilo de alpaca blanca empleadas en las pruebas de lavado de laboratorio, al constituir el material sobre el cual se evaluó el efecto del extracto en la remoción de suciedad y grasas.

3.4.2. Tipo de muestreo

La muestra fue de tipo no probabilística, seleccionada mediante un muestreo intencional o por conveniencia, debido a que esta permite seleccionar las muestras que no necesariamente representativa de la población estudiada, sino que son muestras escogidas para poder aplicar el instrumento y el experimento a realizar (Hernández Sampieri et al., 2014).

Fueron seleccionados especímenes de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) disponibles en la zona de estudio que cumplieran con las condiciones requeridas para los ensayos de laboratorio y madejas de hilo de alpaca blanca. Estas selecciones respondieron a criterio de accesibilidad y control experimental, garantizando la homogeneidad del material y la viabilidad de las pruebas realizadas.

Para ello se tomó una cantidad de 279 gramos de raíz principal de Huaracco hembra para la preparación del extracto (se preparó 1000 ml de extracto para el análisis de saponina y proceso de lavado), la caracterización del extracto se trabajó con seis unidades experimentales en el índice afrosimétrico y seis unidades experimentales en el test afrosimétrico. Para la prueba de lavado se utilizaron tres muestras de hilo de alpaca, una por cada temperatura de trabajo (30 °C, 40 °C y 50 °C), totalizando tres unidades experimentales y seis mediciones de peso en el esquema antes-después.

Tabla 3

Número de réplicas y unidades experimentales.

Prueba de análisis	Numero de tratamientos	repeticiones	Total, de unidades
Prueba de índice afrosimétrico	6	2	12
Test afrosimétrico	6	2	12
Prueba de lavado de hilo de alpaca	3	2	6
Total, de unidades experimentales			30

FUENTE: Elaboración propia.

3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

La recopilación de datos se efectuó a través de un riguroso proceso de observación directa, siendo este método permitido documentar de forma exhaustiva los resultados obtenidos en las pruebas, se aplica la prueba afrosimétrico que mide la capacidad de generar espuma, el test afrosimétrico por su parte, evalúa la calidad de dicha espuma analizando su estabilidad y duración de su presencia, estos indicadores son cruciales para entender el comportamiento del material durante el lavado, además, se considera la blancura del hilo de alpaca, esta medición es fundamental para la apreciación estética del producto final, dichas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de lavado de hilos de la escuela profesional de ingeniería textil y de confecciones.

3.5.2. Instrumentos

Las herramientas empleadas en la investigación se fundamentan en pruebas de laboratorio estandarizadas, estas pruebas fueron desarrolladas en la Universidad Nacional de Juliaca. El objetivo principal de este estudio fue evaluar las propiedades de limpieza intrínsecas del Huaracco hembra buscando determinar su potencial como agente de limpieza para el lavado de hilo de alpaca.

Para cuantificar y analizar la presencia de saponina en el extracto de raíz de Huaracco hembra, se aplicó el método de índice afrosimétrico, este método permitió medir con precisión la cantidad de saponina, la presencia de saponina en dicho extracto sugiere que la raíz de Huaracco hembra podría ser un sustituto natural y ecológico de detergentes sintéticos, además, se analizaron otras propiedades relevantes del Huaracco hembra que se relacionan directamente con el lavado, investigando su capacidad para eliminar suciedad y grasas en hilo de alpaca, permitiendo describir el comportamiento de este en el proceso de lavado.

- **Ficha de registro:** estas fichas fueron creadas con un propósito muy claro. Su diseño obedece a la necesidad de optimizar y facilitar el registro detallado de datos de cada prueba realizada, así mismo permitió la interacción entre los parámetros de evaluación, se documentaron los datos obtenidos con exactitud.
- **Validación de instrumentos:** especialistas en lavado textil de hilos de alpaca fueron los encargados de evaluar cada detalle de la ficha de registro, quienes otorgaron un puntaje promedio de 14.03. Este puntaje indica que la ficha de registro es válida, también prueba que es adecuada para la recolección de datos, dichos datos se centran en el test afrosimétrico (persistencia de espuma), índice afrosimétrico (propiedad espumante), además la ficha cubre el nivel de limpieza de hilo de alpaca (aquí se mide la eliminación de suciedad y grasas como suciedad o residuos naturales).

3.5.3. *Materiales*

Los materiales utilizados son: bolsas de polietileno, guantes, etiquetas, mascarillas, fichas de registro, lapiceros, cinta, embaces, y papel absorbente.

Estos materiales fueron utilizados en el campo y en laboratorio.

a) **Insumos**

- Agua destilada.
- Agua sin destilar.
- Extracto de raíz de Huaracco hembra.

3.5.4. Equipos

Tabla 4

Equipos utilizados para las pruebas de laboratorio.

1) EQUIPOS	2) DESCRIPCIÓN
PROBETA GRADUADA	Es un cilindro de vidrio o plástico, alto y estrecho, con una base para mantenerse en pie y una escala graduada en su superficie para medir volúmenes de líquidos con precisión, midiendo la cantidad exacta del agua utilizada para la preparación del extracto.
TUBOS DE ENSAYO	Son tubos de cristal, cerrados por uno de sus extremos, usados para el análisis de la cantidad de saponina, así también la medición de la altura de espuma y su persistencia.
GRADILLAS	Es una herramienta que forma parte del material de laboratorio, y es utilizada para sostener y almacenar gran cantidad de tubos de ensayo, utilizadas en laboratorios de investigación.
BALANZA DIGITAL	Son instrumentos de pesaje electrónico que permiten determinar con precisión el peso de la raíz de Huaracco hembra y del hilo de alpaca, garantizando mediciones exactas y confiables mediante el uso de una balanza digital.
VASOS PRECIPITADOS	Conocido también como vaso Beaker, es un recipiente cilindro de vidrio borosilicato fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, se utilizara en estas pruebas

<< Continuación >>

	para la medición de extracto de raíz de Huaracco hembra para el lavado.
GERINGAS DESECHABLES	Es un instrumento medico estéril de un solo uso, fabricado generalmente de plástico, que se empleara para la medición exacta de extracto de raíz de Huaracco hembra antes de ser agregado a los tubos de ensayo.
LAPTOP CELULAR	Es una computadora personal que se utilizara para el procesamiento de datos en softwares para desarrollar la tesis.
TERMÓMETRO	Es un instrumento utilizado para controlar la temperatura del agua para el lavado.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

3.6.1. Técnicas

La metodología de recolección de datos empleada en este estudio fue la recolección de muestra manual obteniendo muestras de raíz de la especie *Austrocylindropuntia lagopus malyanus*, conocida como Huaracco hembra, la recolección manual si bien es laboriosa ofrece un control sin igual sobre la calidad de los especímenes, realizando la recolección de manera cuidadosa inspeccionando visualmente la limpieza y tamaño de las raíces recolectadas, dicha recolección se llevó a cabo en campos del distrito de Macusani, exactamente en la zona denominada occocucho de la comunidad campesina de ccatacancha. El acopio de hilo de alpaca, se hizo en el distrito de Macusani, provincia de Carabaya.

Criterios de inclusión

- Especímenes de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) en buen estado de conservación
- Material vegetal libre de contaminación o deterioro

- Muestras recolectadas en la zona de estudio (Occocucho)
- Madejas de hilo de alpaca blanca homogénea
- Material apto para ensayos de laboratorio

Criterios de exclusión

- Especímenes vegetales con daños, descomposición o presencia de impurezas
- Material contaminado o alterado químicamente
- Muestras que no provengan de la zona de estudio
- Hilos de alpaca con manchas previas o suciedad no controlada
- Material que pueda interferir en la evaluación de los resultados

3.6.2. Instrumentos

Tabla 5

Instrumentos utilizados para la recolección de la muestra.

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
TRAJE DE SEGURIDAD DESECHABLE	También conocido como “mono” desechable de un solo uso, este se utilizó para evitar la impregnación de los pelos y espinas que crecen la planta de Huaracco hembra.
LAMPA RECTA	Es un instrumento de labranza similar a una azada, utilizada en este trabajo para la remoción de la parte superior del Huaracco hembra, además de remover la tierra de alrededor de la raíz.

FUENTE: Elaboracion propia

3.7. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE RECOLECCIÓN DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA



Figura 6

Austrocyllindropuntia malyanus en la izquierda y *Austrocyllindropuntia floccosa* a la derecha.

FUENTE: (Ostolaza, 2014)

Las investigaciones sobre las cualidades del Huaracco hembra como agente limpiador han arrojado resultados concluyentes, los datos preliminares derivados del análisis de muestra indican que la masa total de la raíz recolectada es de 279 gramos, este hallazgo representa un punto de partida crucial para comprender el potencial de limpieza de esta planta, la cantidad específica de 279 gramos se obtiene tras un cuidadoso proceso de recolección y pesaje siendo esto significativo ya que permite una evaluación inicial de la viabilidad del Huaracco hembra para aplicaciones prácticas, en cuanto a la recolección se hizo en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, Distrito de Macusani, exactamente de la zona denominada occocucho. En esta zona se observan dos variedades de Huaracco hembra la

primera y con más abundancia Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*) y la segunda en menor cantidad Huaracco hembra macho (*Austrocyllindropuntia floccosa*).

La investigación para identificar la sección más útil de la raíz de Huaracco hembra, se basó en un muestreo cuidadoso recolectando aproximadamente diez plantas de Huaracco hembra enteras, el foco del muestreo fue la raíz completa extendiéndose desde el nivel del suelo hacia abajo.

Se observó que la raíz principal se extiende hasta una profundidad de veinticinco centímetros aproximadamente, esta medida se tomó desde el “cuello” de la planta que es la zona de transición entre el tallo y la raíz hasta la “cofia”, la profundidad exacta de la raíz puede variar entre individuos, estas variaciones en la profundidad se atribuyen a factores ambientales como las condiciones del suelo, asimismo, la cantidad de tierra en el sitio de crecimiento de la planta afecta la extensión de su sistema radicular.

Durante la extracción meticulosa de la planta se realizó una observación detallada de su sistema radicular identificando claramente una estructura predominante, la raíz principal de la cual emergían múltiples ramificaciones denominadas raíces secundarias a lo largo de estas estructuras, se constató la presencia de finos y numerosos pelos absorbentes que juegan un papel importante en la nutrición vegetal captando agua y nutrientes esenciales del suelo para la función vital para el crecimiento y la salud general de la planta.

Para la presente investigación tuvo un enfoque que se centró específicamente en la raíz principal, se seleccionó esta parte para la preparación del extracto y el posterior análisis de sus propiedades, basando la elección en criterios de calidad y conveniencia para el proceso de comprobación, puesto que la raíz principal presenta un mayor grosor en comparación con las secundarias, su apariencia visual es consistentemente más limpia siendo estas características la hacen ideal para obtener resultados confiables en la investigación que en contraste con las raíces secundarias a menudo mostraban características que complicaban su uso con sus condiciones de sequedad y la presencia excesiva de pelos absorbentes.

En la raíz principal del Huaracco hembra (*Austrocyllindropuntia lagopus malyanus*), se ha clasificado en tres segmentos distintos, esta división se fundamenta en características morfológicas y funcionales específicas de cada porción de la raíz principal, la subdivisión en estas tres partes permite un análisis más detallado, el siguiente cuadro proporciona una descripción detallada de cada uno de estos segmentos:

Tabla 6*Resultados del nivel de utilidad de Huaracco hembra.*

PROFUNDIDAD DE LA RAÍZ	0-10 cm	10-25 cm	25 cm a +
	1° Segmento	2° Segmento	3° Segmento
Utilidad	Esta parte de la raíz tiene <u>baja utilidad.</u>	Parte de la planta que tiene <u>mayor utilidad.</u>	Se compone principalmente de la cofia el cual no tiene <u>ninguna utilidad.</u>
Descripción	Conocida como cuerpo o base, es la zona fundamental donde se establece la conexión directa con la raíz principal unión de la planta, contiene impurezas y en muchos casos tubos de tierra y partes en descomposición o secos.	Esta es la raíz principal media, siendo esta la más sana y limpia, la cual es la parte con mayor presencia de líquido viscoso al remojo y la que se utilizó para las pruebas y análisis necesarios.	Se considera en este segmento a la parte de la raíz principal más delgada, conocida como cofia o piloriza, la cual contiene mayor cantidad de pelos absorbentes, lo cual hace que no tenga utilidad para las pruebas.

FUENTE: Elaboración propia en base a mediciones y observación directa.

Durante el proceso de rastreo para identificar la raíz principal, se observó una diferencia significativa en la calidad de las raíces entre dos tipos de crecimiento de la planta de Huaracco hembra, las plantas que demostraron un crecimiento vertical limitado como se muestra en la figura 9, presentaron raíces más aptas para su aprovechamiento este tipo de ejemplares son de desarrollo reciente, por ello, sus raíces carecen de daños visibles y no presentan signos de deterioro.

En contraste, las plantas de Huaracco hembra que adoptaron un hábito de crecimiento similar a los hongos como se muestra en la figura 8, muestran raíces de menor calidad siendo estos ejemplares de mayor antigüedad y su entorno alberga pequeños animales como lagartos y ratones, estos animales utilizan las plantas como refugio y la actividad de estos animales exponen las raíces a la intemperie haciendo que con el paso del tiempo provoque daños en la raíz principal, finalmente la raíz principal entro en un estado de revisión.



Figura 7

Raíz de Huaracco hembra (Austrocylindropuntia lagopus).

FUENTE: Elaboración propia.



Figura9

Huaracco hembra con crecimiento de mayor altura.

FUENTE: Elaboración propia.



Figura9

Huaracco hembra con crecimiento de menor altura.

Tras la cuidadosa excavación y retiro de la tierra circundante, se logró la extracción del espécimen de raíz de Huaracco hembra, el siguiente paso crítico en el protocolo de análisis implicó la limpieza exhaustiva de esta muestra, para ello se empleó un chorro de agua a presión, este método asegura la eliminación completa de cualquier articulación de suciedad adherida, evitando la contaminación que podría alterar los resultados posteriores.

Posterior a la limpieza de la raíz de Huaracco hembra se observó que este producía espuma en poca cantidad, pero persistente, esta persistencia sugiere una reacción química natural posiblemente ligada a compuestos saponínicos presentes en la planta, estos compuestos actúan como tensioactivos y generan burbujas estables al contacto con el agua. Este hallazgo resalta la importancia de documentar tales reacciones que ayudan a entender las propiedades de la planta.

3.8. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO HEMBRA

Esta investigación se enfoca en un diseño no experimental, lo que permitió medir la concentración de saponinas en el extracto de raíz de Huaracco hembra sin alterar su estructura natural. Además, se evaluó su eficiencia en el lavado de hilo de alpaca, aspecto relevante dentro del ámbito textil.

El estudio es de nivel exploratorio - descriptivo, ya que busca recopilar información detallada sobre las características y comportamiento del extracto. Este enfoque permitió obtener datos confiables que contribuyen a comprender el fenómeno estudiado y servir como base de futuras investigaciones.

3.8.1. *Lavado de raíz*

Tras la minuciosa recolección de las raíces, se emprendió un riguroso proceso de limpieza con el objetivo de erradicar por completo cualquier residuo terroso adherido teniendo especial atención en surcos y cavidades que presenta la raíz de la plata de Huaracco hembra, para lograr remover la tierra e impurezas se empleó abundante agua a chorro frotando suavemente con un cepillo para desincrustar las impurezas, este lavado intensivo garantizaba la eliminación de tierra, lodo y otras impurezas, cada raíz fue tratada individualmente secándolo con papel adsorbente para el posterior traslado al lugar de preparación de extracto, el lavado es importante para la calidad final del producto, una raíz limpia asegura la pureza en análisis posteriores, también previene la contaminación en etapas de procesamiento.

Acondicionamiento

El proceso inicial para preparar la solución de raíz de Huaracco hembra implica rallar la misma realizando la acción con un rallador manual con el fin de obtener hebras o particular diminutas, alternativamente la raíz puede ser triturada, para ello se utiliza un molinillo de mano, ambas técnicas desintegran la raíz facilitando la extracción de sus componentes, la acción mecánica rompe las paredes celulares y libera los compuestos de interés.

3.8.2. *Proceso de preparación del extracto*

- **Preparación de la solución:** una vez que las raíces de Huaracco hembra fueron finalmente ralladas o trituradas, se procedió a pesar hasta un exacto de 279 gramos, se introduce cuidadosamente en un volumen controlado de 1 litro de agua, para asegurar una extracción adecuada de los compuestos deseados la mezcla fue removida de forma intermitente durante un lapso de 10 minutos, la remoción ocasional facilitó la dispersión de la raíz triturada en el líquido permitiendo que el agua interactúe de manera efectiva con la superficie expuesta de la raíz, obteniendo una solución representativa.
- **Filtrado:** una vez transcurrido el lapso de tiempo previamente establecido para la maceración o infusión, se procedió a la etapa de filtración con el objetivo de separar el líquido deseado de los componentes sólidos residuales, se empleó un método de colado cuidadoso lo que permitió la extracción del componente líquido, obteniendo una sustancia de naturaleza viscosa lo que indica la concentración de compuestos disueltos extraídos de la materia prima original, posteriormente este líquido concentrado fue transferido a un recipiente adecuado, allí pasó un tiempo de reposo durante 10 días completos.

3.8.3. Diagrama de flujo del proceso de preparación del extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*).



Figura 10

Diagrama de flujo del proceso de preparación del extracto.

FUENTE: Elaboración propia.

3.9. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SAPONINA PRESENTE EN EL EXTRACTO DE RAÍZ DE HUARACCO (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*).

Las saponinas son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal y se caracterizan por su capacidad de producir espuma en soluciones acuosas debido a sus propiedades tensioactivas. Estas moléculas están formadas por una parte no azucarada denominada aglicona o sapogenina y una o más cadenas de azúcares unidas mediante enlaces glucosídicos. De acuerdo con investigaciones recientes realizadas por (Nguyen et al., 2020) las saponinas se clasifican principalmente en función de la estructura química de su aglicona en dos grandes grupos:

Saponinas triterpénicas: presentan un esqueleto químico formado por 30 átomos de carbono derivados del 2,3-oxidosqualeno. Este tipo de saponinas es el más común en las plantas y se encuentra frecuentemente en especies utilizadas con fines medicinales y detergentes naturales.

Saponinas esteroideas: se caracterizan por poseer un núcleo esteroideo compuesto por 27 átomos de carbono generalmente se encuentran en plantas monocotiledóneas y presentan diversas actividades biológicas y farmacológicas.

Las saponinas como compuestos anfipáticos poseen la capacidad de interactuar con los lípidos de la membrana celular, especialmente con el colesterol presente en los eritrocitos, lo que provoca la desestabilización de la membrana y la consecuente hemólisis. Estudios recientes han demostrado que la actividad hemolítica de las saponinas puede variar en función de las condiciones del medio, como la tonicidad, lo que influye en la velocidad y magnitud de la ruptura celular. En este sentido, el ensayo de hemólisis se considera una herramienta útil para evaluar la actividad biológica de las saponinas presentes en extractos vegetales (Paarvanova et al., 2023).

La prueba de hemólisis permite inferir el tipo de saponina de manera directa basándose en la intensidad de la actividad hemolítica observada, sin embargo, no constituye un método definitivo para su identificación estructural, por lo que se sugiere una prueba más especializada.

Tabla 7

Relación entre hemólisis y tipo de saponina.

TIPO DE SAPONINA	ACTIVIDAD HEMOLITICA	INTERPRETACION
Esteroidales	Alta	Mayor afinidad por el colesterol – más hemólisis
Triterpénicas	Baja o moderada	Menor interacción – menos hemólisis

FUENTE: Elaboración en base a (Paarvanova et al., 2023)

Los análisis realizados sugieren que el extracto de Huaracco hembra podría contener saponinas triterpénicas, compuestos caracterizados por presentar estructura derivadas de esqueletos triterpénicos y propiedad tensoactiva responsable de la formación de espuma, sin embargo, estos resultados son de carácter preliminar. Asimismo, considerando las características botánicas de la planta y su clasificación, es posible establecer una aproximación a su composición.

3.10.METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CUANTIFICACIÓN DE SAPONINA DEL EXTRACTO Y LAVADO DE HILO DE ALPACA.

3.10.1. Determinación de saponina mediante índice afrosimétrico

Para la cuantificación de saponina se utilizó el método de medición de la espuma (afrosimétrico) y se basa en que las saponinas disueltas en agua y agitadas forman una espuma estable (Montes et al., 2018), por su facilidad y buena correlación, la altura de esta espuma correlaciona con el contenido de saponinas del extracto.

El índice afrosimétrico, expresa el volumen en centímetros cúbicos en que esta disuelto un gramo de material saponinico para producir espuma de un centímetro de altura en un tubo de 16 mm de diámetro que contiene 10 ml, de solución. Este método de evaluación de saponinas está basado en las propiedades físico-químicas que presentan las soluciones acuosas de saponinas, de disminuir la tensión superficial de los líquidos acuosos, provocando abundante espuma por agitación, esta medida es preciso efectuarla en determinadas condiciones para que pueda tomarse como base analítica (Yarleque et al., 2019). Para poder determinar la cantidad de saponina se procedió a seguir los siguientes pasos:

- Se tomo 6 tubos de ensayo de 16 mm de diámetro, rotulados en orden numérico
- Cada tubo de ensayo se procedió a llenar con la solución de la siguiente manera: tubo N° 01 con 5 ml de solución; N° 02 con 6 ml de solución; N° 03 con 7 ml de solución; N° 04 con 8 ml de solución; N° 05 con 9 ml de solución y N° 06 con 10 ml de solución.
- Se procedió a rellenar los tubos de ensayo con agua destilada hasta llegar a los 10 ml.

- Se agitó durante treinta segundos y dejó en reposo a los tubos de ensayo por 5 minutos, al cabo de los cuales se observó en que tubo de ensayo la espuma es más alta.
- Se mide la espuma al 0.1 más cercano (medida convencional).
- Con los datos obtenidos se procede a hacer el cálculo respectivo.

CÁLCULOS:

El tubo de ensayo que exhibió la mayor altura fue seleccionado para el análisis, esta selección se basó en un criterio visual directo observando una diferencia en la cantidad de espuma generada entre los distintos tubos de ensayo, siendo esta distinción visual como único factor decisivo en la elección del espécimen, posterior a ello la medida se utiliza como base para el cálculo del índice afrosimétrico.

$$\text{mg} \frac{\text{saponina}}{\text{peso}} \text{ fresco} = \frac{0.0646 * (\text{altura de espuma en cm}) - 0.001}{\text{peso de la muestra en gramos}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$\% \text{ de saponina} = \frac{0.646 * (\text{altura de espuma en cm}) - 0.104}{\text{peso de la muestra en gr} * 10} \quad \text{Ec. 2}$$

Fuente: (Montes et al., 2018)

La cuantificación es crucial, este análisis determina su concentración siendo un valor superior al 0.5 % clasificado como un nivel alto, por el contrario, cualquier porcentaje por debajo de ese umbral se considera bajo, esta distinción es fundamental para aplicaciones específicas; realizando a cabo análisis cuantitativos y métodos rigurosos con el objetivo principal de determinar la concentración exacta y porcentaje ponderal de saponina, estos se encuentran presentes en la solución derivada de la raíz de la planta de Huaracco hembra para lograr esto, se aplicaron dos fórmulas de cálculo distintas, ambas ecuaciones empleadas de forma paralela lo que permite una validación cruzada de los resultados obtenidos.

3.10.2. Test afrosimétrico

El tubo de ensayo que exhibió la mayor altura de espuma tras la ejecución de la prueba de índice afrosimétrico, fue seleccionado para el análisis posterior, siendo este tubo de ensayo sometido a una evaluación detallada de la resistencia de la espuma que se registró con precisión, midiendo el tiempo transcurrido en minutos para cuantificar la estabilidad de la

espuma, empleando un sistema de clasificación basado en cruces, cada cruz asignada representa un intervalo de tiempo específico durante la cual la espuma se mantiene visiblemente estable; este método permitió una comparación objetiva de la tenacidad de la espuma entre diferentes muestras, el sistema de cruces simplifica la clasificación y facilita la comparación de resultados, los tiempos que implican la obtención de una cruz se muestran a continuación:

- 5 - 20 min = +
- 20 - 25 min = ++
- 30 - más = +++

3.10.3. Lavado de hilos de alpaca con extracto de raíz de Huaracco hembra.

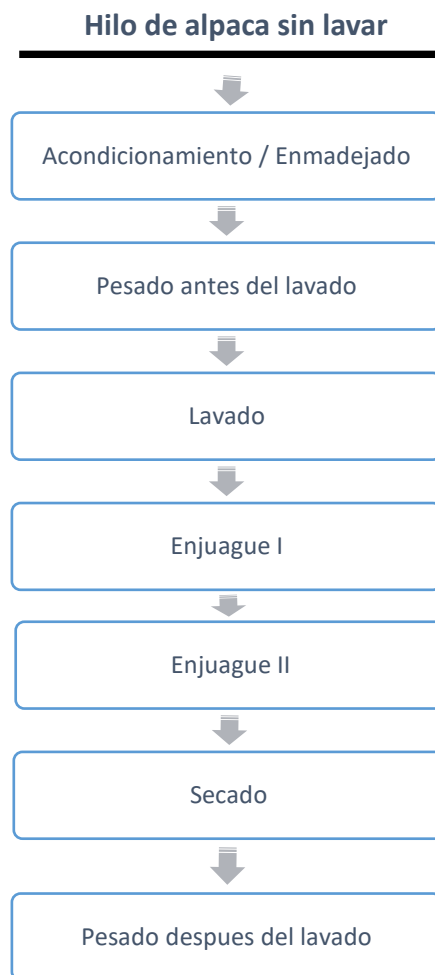


Figura 11

Diagrama de lavado de hilo de alpaca.

FUENTE: Elaboración en base (Ponce Wong, 2019)..

DESCRIPCIÓN DE ETAPAS:

- **Acondicionamiento / Enmadejado:** con la lana hilada forman las madejas de acuerdo a la pesa (Duque et al., 2005), para comenzar el proceso de lavado del hilo de alpaca este se enrolla en madejas, cada madeja pesada aproximadamente 81 gramos, este peso es fundamental para los pasos posteriores y necesarios para esta investigación.
- **Pesado antes del lavado:** esta etapa ocurre al inicio del proceso de lavado, refiriéndonos específicamente a la fase de prelavado, un pasaje preciso es crucial por lo cual las basculas digitales son la herramienta adecuada debido a que ofrecen una precisión superior garantizando la consistencia en cada madeja.
- **Lavado:** es un proceso de lavar en agua caliente y detergente, busca eliminar todo rastro de polvo, tierra y grasa de la fibra (Sotacuro, 2021); siguiendo el proceso establecido anteriormente, cada muestra se colocó cuidadosamente en una solución de extracto de Huaracco hembra (*Austrocyliodropuntia lagopus malyanus*), esta solución sirvió como medio para remojo, este líquido se preparó previamente macerado los carices de Huaracco hembra en un ambiente controlado. El experimento se diseñó para evaluar el impacto de las variaciones de las condiciones térmicas en las muestras, por lo tanto, se implementaron tres gradientes de temperatura distintos: la primera precisa de 50 grados Celsius, la segunda en 40 grados Celsius y finalmente la tercera muestra se sometió a la temperatura más baja de la serie, 30 grados Celsius, cada muestra permaneció sumergida durante diez minutos removiendo ocasionalmente para asegurar una exposición uniforme al extracto y evitar la posible aglomeración del material vegetal en las muestras, tras finalizado el tiempo de remojo cuse procedió al lavado con el objetivo de eliminar meticulosamente cualquier residuo adherido.
- **Enjuague I y II:** esta etapa del proceso consiste en eliminar completamente cualquier resto de jabón, detergente y cualquier residuo del ciclo de lavado, el objetivo es garantizar la limpieza total de los materiales logrando mediante múltiples enjuagues con agua fresca y limpia, ajustando el número de enjuagues para garantizar la eliminación completa de todas la suciedad, grasas y residuos del extracto utilizado; el enjuague inicial se realizó con agua a 30 grados Celsius, esta temperatura un tanto más alta ayuda a descomponer y eliminar eficazmente las partículas de jabón o detergente que pudieran haberse adherido

a los materiales, a continuación se realizó un segundo enjuague con agua a temperatura ambiente, este paso garantiza la eliminación de cualquier partícula restante de jabón o detergente, aplicando uniformemente a todas las muestras y tras completar la secuencia de enjuague se procedió a drenar cuidadosamente el exceso de agua presionando suavemente.

- **Secado:** el secado es un proceso físico que elimina el líquido de un sólido, este líquido suele ser agua, tras lavar las muestras se realizó un prensado suave y para este paso se utilizaron toallas de papel que absorbieron el exceso de agua, posterior a ello se trasladaron las muestras preparadas colocándolos en un lugar que tenga una buena exposición solar directa durante un aproximado de tres horas, puesto que es clave para un secado eficaz.
- **Pesado después del lavado:** tras el proceso de secado cada madeja se volvió a pesar, este segundo pesaje proporcionó una masa precisa después del tratamiento, al comparar este nuevo peso con el peso inicial registrado antes del lavado pudimos determinar con precisión la cantidad exacta de grasas y suciedad eliminadas con el lavado.
- **Observación de limpieza y blancura:** esta observación visual implicó una comparación directa, observamos detenidamente el hilo en su estado original y luego la examinamos después de haberla lavado, esta evaluación comparativa nos permitió ver cualquier cambio, realizamos esta prueba para determinar la idoneidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de la cuantificación de saponina mediante índice afrosimétrico

Hipótesis específica 1:

H₁: La raíz de Huaracco hembra (*Austrocylandropuntia lagopus malyanus*) presenta una concentración de saponina significativa determinada mediante el método de índice afrosimétrico

Decisión:

El índice afrosimétrico (IA) se aplicó como técnica de cuantificación indirecta de saponina. Las mediciones arrojaron un valor promedio de IA = 0.055 cm/gr, equivalente a 0.052 % de saponina, lo que confirma una concentración cuantificable de compuestos tensioactivos en el extracto de raíz de Huaracco hembra.

Se aplicó la correlación de Pearson porque ambas variables fueron cuantitativas y se analizaron en pares ordenados. Los datos utilizados fueron: volumen de extracto (X) = 5, 6, 7, 8, 9 y 10 mL; altura de espuma (Y) = 1.3, 1.5, 1.8, 2.1, 2.2 y 2.4 cm. Con n = 6 pares, el coeficiente de correlación se obtuvo mediante la expresión $r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2]}}$, resultando $r = 0.9907$. El grado de libertad fue $gl = n - 2 = 4$. Para contrastar la significancia de r se utilizó la transformación $t = r\sqrt{[(n - 2)/(1 - r^2)]}$, obteniéndose $t = 14.5863$. Con $gl = 4$, el p-value bilateral fue $p = 0.00013$. Por ello, la correlación fue positiva, muy alta y estadísticamente significativa.

Resultados:

Tabla 8

Medida de la altura de espuma de cada tubo de ensayo.

Tubo de ensayo	Agua (mL)	Extracto (mL)	Altura de espuma (cm)
01	5	5	1.3
02	4	6	1.5
03	3	7	1.8
04	2	8	2.1
05	1	9	2.2
06	0	10	2.4

La tabla 8 resume las medidas de la altura de prueba de espuma este experimento se diseñó para medir la cantidad de saponina en la planta, la prueba se realizó en tubo de ensayo, identificando el tubo de ensayo N° 06 que mostro una altura de espuma considerable a diferencia de los otros tubos de ensayo, este resultado indica una concentración significativa de saponina con una altura de espuma de 2.4 cm.

Utilizando la ecuación 1 que se basa en la altura de espuma:

$$\text{mg} \frac{\text{saponina}}{\text{peso}} \text{ fresco} = \frac{0.0646 * (\text{altura de espuma en cm}) - 0.001}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

Reemplazamos:

$$\text{mg} \frac{\text{saponina}}{\text{peso}} \text{ fresco} = \frac{0.0646 * (2.4 \text{ cm}) - 0.001}{2.79 \text{ gr}}$$

$$\text{mg} \frac{\text{saponina}}{\text{peso}} \text{ fresco} = 0.05521146953 \text{ cm/gr}$$

$$\text{mg} \frac{\text{saponina}}{\text{peso}} \text{ fresco} = 0.055 \text{ cm/gr}$$

Este cálculo proporcionó un valor específico siendo un método estándar para esta determinación de la cantidad de saponina, los resultados indican que la presencia de saponina en la muestra es de 0.055 cm/gr contrario a la densidad lineal.

Posterior a ello aplicamos la ecuación 2 para obtener el porcentaje de saponina que contiene la planta:

$$\% \text{ de saponina} = \frac{0.646 * (\text{altura de espuma en cm}) - 0.104}{\text{peso de la muestra en gr} * 10}$$

$$\% \text{ de saponina} = \frac{0.646 * (2.4 \text{ cm}) - 0.104}{2.79 \text{ gr} * 10}$$

$$\% \text{ de saponina} = 0.05184229391$$

$$\% \text{ de saponina} = 0.052 \%$$

La ecuación 2 arrojó un porcentaje de 0.052% de saponina, este valor complementa la información de la ecuación 1. Ambos cálculos permiten una evaluación completa de la cantidad de saponina presente.

Tabla 9*Resumen fisicoquímico del extracto y analisis estadístico de la espuma.*

PARÁMETROS	VALOR OBTENIDO
Índice afrosimétrico	0.055
Concentración de saponina (%)	0.052
Altura máxima de espuma (cm)	2.4
Tipo de análisis	Correlación de Pearson
Coefficiente de correlación (r)	0.9907
Grados de libertad (gl)	4
p-value exacto	0.00013

Desde el punto de vista estadístico, la altura de espuma mostró una tendencia lineal creciente conforme aumentó el volumen de extracto ensayado. El valor de r provino de relacionar los volúmenes 5, 6, 7, 8, 9 y 10 mL con las alturas 1.3, 1.5, 1.8, 2.1, 2.2 y 2.4 cm. Con estos seis pares se obtuvo $r = 0.9907$, $gl = 4$ y $p = 0.00013$, lo que refuerza la validez del método afrosimétrico para esta investigación.

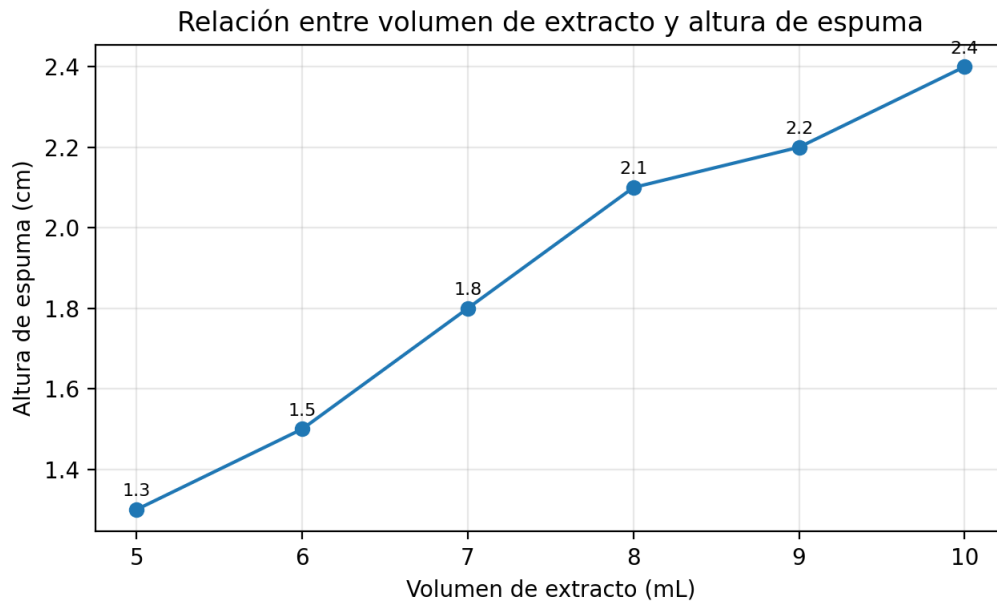


Figura 12

Relación entre volumen de extracto y la altura de espuma.

La tendencia creciente observada confirma que, a mayor volumen de extracto de raíz de Huaracco hembra, mayor altura de espuma. Esta relación fue positiva y muy alta ($r = 0.9907$; $gl = 4$; $p = 0.00013$). El p-value evidencia una asociación lineal estadísticamente significativa entre ambas variables.

4.1.2. Resultados del cálculo e interpretación del test afrosimétrico (Persistencia de espuma).

Hipótesis específica 2:

H₁: La espuma generada por el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) es persistente y estable durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos.

Decisión:

Durante la aplicación del test afrosimétrico se registró que la espuma permaneció visible y consistente dentro de un parámetro de tiempo de 30 a 40 minutos en todos los tubos de ensayo, clasificándose como de alta estabilidad. Debido a que todas las observaciones

presentaron la misma categoría de respuesta (+++), esta variable se interpretó de manera descriptiva y la evidencia fue consistente con la hipótesis alterna.

La duración prolongada de la espuma indica la existencia de una concentración funcional de saponinas capaz de mantener la emulsión y favorecer la remoción de suciedad. En esta variable no se reportó p-value porque no hubo variabilidad entre observaciones: todos los tubos mostraron la misma categoría de persistencia (+++). Por tanto, no correspondió aplicar una prueba de contraste y la interpretación se sostuvo en evidencia descriptiva consistente.

Resultados:

Las evaluaciones del desempeño se organizaron de forma secuencial, después de completar la evaluación inicial de la espuma conocida como método de índice afrosimétrico, el siguiente paso consistió en determinar la durabilidad de dicha espuma, para ello, se implementó el test afrosimétrico siendo este procedimiento se centra en medir el tiempo que la espuma mantiene su estructura. La observación de la persistencia se cuantifica mediante un sistema de cruces, se invita al lector a consultar la tabla 9 para una comprensión detallada de los resultados obtenidos.

Tabla 10
Valoración de persistencia de espuma.

N° DE TUBO DE ENSAYO	5-20 MIN	20-25 MIN	30 MIN A MÁS	TOTAL
N° 01	+	+	+	+++
N° 02	+	+	+	+++
N° 03	+	+	+	+++
N° 04	+	+	+	+++
N° 05	+	+	+	+++
N° 06	+	+	+	+++

Interpretación:

Las pruebas de laboratorio arrojaron resultados consistentes respecto a la espuma generada por el extracto de raíz de Huaracco hembra, observándose persistencia y estabilidad durante todo el intervalo de tiempo entre 30 a 40 minutos, lo que respalda su potencial como agente limpiador de fibra natural.

4.1.3. Resultados de la evaluación cualitativa del hilo de alpaca después del lavado.

Hipótesis específica 3:

H₁: El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) mejora la blancura, suavidad y reduce el olor del hilo de alpaca después del lavado.

Decisión:

La evaluación cualitativa del hilo antes y después del lavado mostró mayor blancura, menor aspereza y disminución del olor característico. Debido a que estas variables se registraron mediante observación estructurada y comparación sensorial, su interpretación fue descriptiva.

En consecuencia, la evidencia observacional fue consistente con la hipótesis alterna, aunque no se realizó contraste inferencial para esta variable.

Se observó aclaramiento del tono del hilo, mejor tacto y reducción del olor inicial, sin evidenciar daño visible en la fibra.

Resultados:

Las características visuales constituyen un criterio preliminar importante para evaluar la calidad y estabilidad de un detergente ecológico, ya que permite identificar de manera directa propiedades físicas asociadas a su composición natural y su funcionalidad como agente de limpieza (Rai et al., 2021).

a) Coloración natural

Un detergente ecológico debe presentar una tonalidad acorde a su origen vegetal, generalmente translúcida o ligeramente turbia. Los colores suelen ser suseos, como ámbar

claro, marrón tenue o verdoso ligero, dependiendo de la materia prima utilizada. La ausencia de coloración artificial intenso es un indicador de formulación natural.

b) Homogeneidad

Debe observarse una mezcla uniforme, sin separación de fases visibles. No debe presentar estratificación entre componentes líquidos ni formaciones de capas diferenciadas. La homogeneidad indica estabilidad en la formulación y correcta integración de los compuestos activos.

c) Formación y estabilidad de espuma

Un detergente ecológico debe generar espuma al ser agitado, debido a la presencia de agentes tensioactivos naturales como las saponinas. La espuma debe ser estable y persistente durante un tiempo razonable, lo que indica capacidad de reducción de tensión superficial. Sin embargo, no es necesaria una producción excesiva de espuma, ya que la cantidad no determina directamente la eficiencia de limpieza.

d) Ausencia de sedimentos anormales

El producto no debe contener partículas sólidas visibles ni sedimentos gruesos en suspensión. Puede presentar ligera turbidez natural propia de extractos vegetales, pero no debe evidenciar residuos que indiquen contaminantes o inadecuada filtración.

e) Olor natural y suave

El aroma debe ser característico del material vegetal utilizado, sin presencia de olores químicos fuertes ni fermentaciones. Un olor suave y natural indica estabilidad del extracto y ausencia de degradación del producto.

f) Textura adecuada

Debe presentar una viscosidad coherente con su concentración. No debe ser excesivamente acuoso si se trata de una solución concentrada ni artificialmente espeso por aditivos sintéticos. La fluidez debe permitir una aplicación sencilla durante el proceso de lavado.

Por tanto, los resultados visuales observados en el extracto como formación de espuma, ligera turbidez natural, homogeneidad y ausencia de residuos sintéticos son coherentes con

lo descrito en la literatura científica sobre detergentes basados en saponinas vegetales. En consecuencia, el extracto de raíz de Huaracco hembra no solo presenta evidencia empírica de capacidad detergente, sino que también cuenta con sustento teórico en investigaciones científicas que reconocen a las saponinas como tensioactivos naturales eficaces y ambientalmente sostenibles.

4.1.4. Evaluación de la calidad de los hilos de alpaca lavada convencionalmente con extracto de raíz de Huaracco hembra

- **Inspección visual:** Al examinar el hilo de alpaca en bruto y compararlo con muestras previamente sometidas a un proceso a un proceso de lavado, la diferencia cromática es inmediatamente perceptible, las fibras que no han pasado por el tratamiento de limpieza exhiben una tonalidad predominante amarillenta con matices pardo que le confiere un aspecto apagado siendo esta coloración natural, aunque intrínseca a la fibra virgen carece de la vivacidad que se espera en un producto acabado textil. En contraste, las hebras que han sido lavadas muestran una transformación radical en su apariencia, su color se aclara significativamente tendiendo hacia un blanco lo que sugiere una limpieza profunda.
- **Inspección de tacto:** Al examinar el hilo de alpaca antes de cualquier tratamiento, su superficie presentaba una aspereza palpable teniendo una sensibilidad rígida al tacto, una cualidad que sugiere una estructura fibrosa aun sin modificar, esta rigidez era una característica intrínseca de la fibra cruda, antes de los procesos de lavado; tras someter el hilo de alpaca al proceso de lavado, la transformación en su textura era evidente y significativa, la aspereza inicial se disipo dando paso a una suavidad notable y al deslizar los dedos sobre la fibra lavada, se percibe una diferencia clara; la superficie se sintió mucho más lisa y agradable. Esta suavidad mejorada no solo era una calidad sensorial, también implica una mayor flexibilidad y facilidad de manejo.
- **Inspección olfativa:** Tras la aplicación del procedimiento de limpieza, se registrara una notable atenuación de olor que inicialmente el sustrato presentó una intensidad

olfativa considerable, sin embargo, el post - tratamiento reveló una disminución significativa de esta característica; el olor fuerte que prevalece antes del lavado se reduce en gran medida, esta reducción indica la efectividad del método aplicado; la fragancia inicial persistente y penetrante, cedió su lugar a un aroma mucho más tenue siendo percibido de manera inmediata tras el proceso de lavado.

Tabla 11

Evaluación cualitativa del hilo de alpaca después del lavado.

PROPIEDAD	RESULTADO
Suavidad	Mejorada
Blancura	Incrementada
Olor	Reducido
Interpretación	Evidencia descriptiva favorable

Los resultados obtenidos evidencian una mejora integral en las propiedades del hilo de alpaca tras el proceso de lavado con el extracto, ya que se observa un incremento en la suavidad y la blancura, junto con una reducción perceptible del olor. Estos cambios indican que el extracto presenta una adecuada acción detergente y capacidad de remoción de suciedad y grasas, lo que favorece la calidad final del material tratado. En conjunto, la evidencia descriptiva sugiere un desempeño favorable del extracto como agente de limpieza, respaldando su potencial como alternativa natural en el lavado de fibras textiles.

4.1.5. Resultados de la determinación de eficiencia para remoción de suciedad y grasas.

Hipótesis específica 4:

H₁: El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) produce una reducción significativa del peso del hilo de alpaca después del lavado.

Decisión:

Para la comparación del peso del hilo antes y después del lavado se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas, ya que se analizaron seis pares de observaciones sobre la misma unidad de análisis antes y después del tratamiento. Los pesos antes del lavado fueron 81.13, 81.22, 81.20, 81.22, 81.22 y 81.20 g; los pesos después del lavado fueron 79.00, 78.07, 77.98, 79.79, 77.81 y 77.62 g. Las diferencias $d_i = \text{antes} - \text{después}$ fueron 2.13, 3.15, 3.22, 1.43, 3.41 y 3.58 g. A partir de estas diferencias se obtuvo una media $\bar{d} = 2.82$ g y una desviación estándar $sd = 0.8489$ g. El estadístico se calculó con $t = \bar{d} / (sd/\sqrt{n})$, con $n = 6$, resultando $t = 8.1375$. El grado de libertad fue $gl = n - 1 = 5$. Con $gl = 5$, el p-value bilateral fue $p = 0.00046$. En consecuencia, la reducción de peso después del lavado fue estadísticamente significativa.

Resultados:

Se realizó una medición precisa del peso de las madejas de hilo de alpaca antes de someterlos a un proceso de lavado, estos datos iniciales se registraron meticulosamente; después de completar el ciclo de lavado se procedió a una segunda pesada de las madejas secas, el objetivo de esta segunda medición fue determinar el efecto del lavado. Los resultados de estas pesadas se compilan y expone en la tabla 12, este procedimiento permite analizar la posible pérdida o ganancia de peso de la fibra de alpaca tras la exposición a la acción del agua y agentes de limpieza.

Tabla 12

Datos del proceso de lavado utilizado para el analisis estadístico.

Réplica	Temperatura (°C)	Peso antes (g)	Peso después (g)	Diferencia (g)
1	30	81.13	79.00	2.13
1	40	81.22	78.07	3.15
1	50	81.20	77.98	3.22
2	30	81.22	79.79	1.43
2	40	81.22	77.81	3.41
2	50	81.20	77.62	3.58

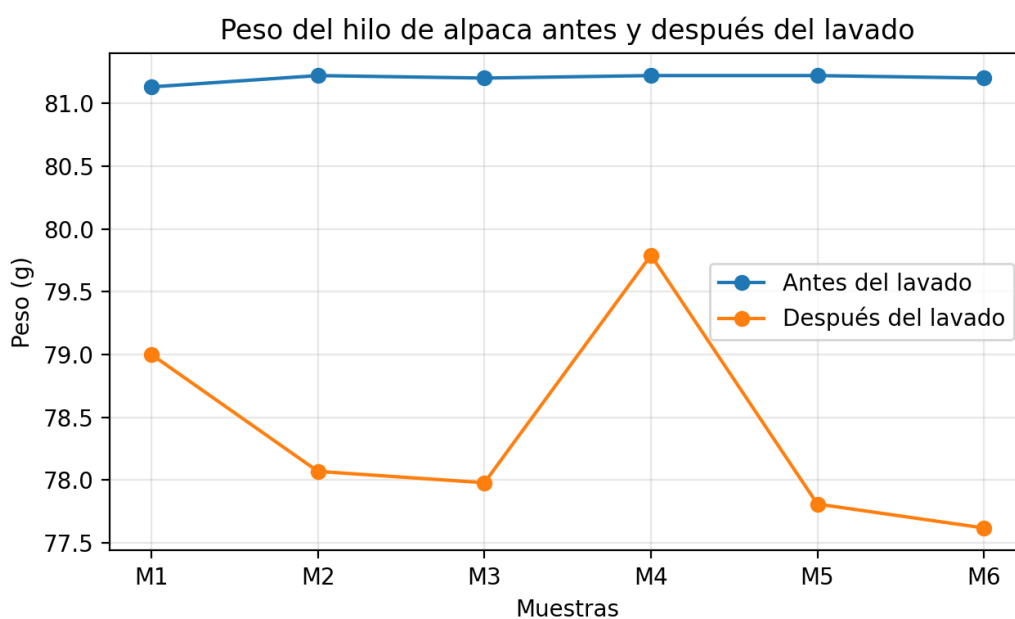


Figura 13

Peso del hilo de alpaca antes y después del lavado.

En las seis observaciones experimentales se aprecia una disminución del peso después del lavado, lo cual respalda la eliminación de impurezas del hilo de alpaca. La comparación pareada fue significativa ($t = 8.14$; $gl = 5$; $p = 0.00046$). Debido a que el p-value fue menor que 0.05, la reducción de peso se interpreta como un efecto estadísticamente significativo del lavado con extracto.

Al principio en la compra del hilo de alpaca color blanco sin lavar se observó que contenía residuos sólidos minúsculos debido a la zona del pastoreo de los camélidos sudamericanos, a parte del color con tendencia a pardo y con textura áspera debido a la tierra que estaba adherida al hilo, también contenía restos de estiércol, que, aunque sean en cantidades pequeñas afectan en la suavidad de la prenda.



Figura14

Izquierda hilo de alpaca sin lavar y a la derecha hilo de alpaca lavada.

Siguiendo la metodología planteada se realizó una prueba de lavado a temperaturas de 30 °C, 40 °C y 50 °C, con sus respectivos enjuagues y secado posterior. Inicialmente se registró el peso antes del lavado y, al concluir el proceso, se volvió a medir el peso final de cada muestra.

Tabla 13*Diferencia de pesos de antes y después del lavado de hilo de alpaca.*

N° DE MUESTRA	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	30 °C	40 °C	50 °C
PESO	1.78 gr.	3.28 gr.	3.4 gr.

Considerando las dos observaciones por temperatura, la reducción promedio de peso fue de 1.78 g a 30 °C, 3.28 g a 40 °C y 3.40 g a 50 °C. Este patrón sugiere que el incremento de temperatura favoreció la remoción de impurezas y quedó respaldado por un ANOVA de una vía con $F = 14.23$, $gl = 2$ y 3 , y $p = 0.02945$. Dado el tamaño muestral, la evidencia es preliminar y describe una diferencia global entre grupos.

Durante la fase de la prueba de lavado, se aplicaron diferentes regímenes de temperatura para evaluar la efectividad del proceso, la observación directa y el análisis posterior confirmaron áreas con residuos o suciedad remanente siendo notable el lavado logrando una transformación en las fibras. El resultado post-lavado evidencia un cambio cromático sutil pero definido, las fibras adquirieron un tono más blanco que es indicativo de la remoción de agentes contaminantes, paralelamente la textura de las fibras experimento una mejora significativa, lo que se tradujo en una sensación táctil considerablemente más suave; las fibras ahora libres de exceso de suciedad y grasas demuestran su idoneidad para aplicación en posteriores procesos de fabricación textil, su condición limpia y maleable las hace perfecta para la creación de una variedad de prendas de vestir.

Tabla 14*Resumen del lavado antes – después y contraste estadístico.*

PARÁMETROS	VALOR
Peso promedio inicial (g)	81.20
Peso promedio final (g)	78.38

<< Continuación >>

Reducción promedio de peso (g)	2.82
---------------------------------------	------

Prueba aplicada	Prueba t pareada
------------------------	------------------

Estadístico t	8.1375
----------------------	--------

Grados de libertad de t (gl)	5
-------------------------------------	---

p-value exacto de la prueba t	0.00046
--------------------------------------	---------

ANOVA aplicado	ANOVA de una vía
-----------------------	------------------

F del ANOVA	14.2282 (gl = 2 y 3)
--------------------	----------------------

p-value exacto del ANOVA	0.02945
---------------------------------	---------

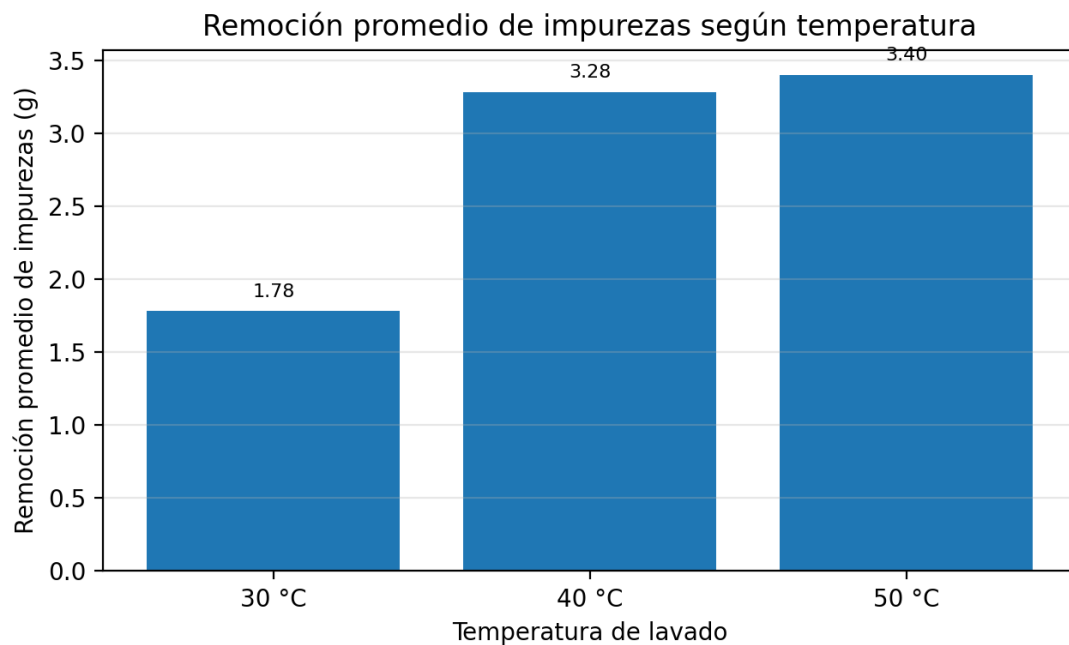


Figura 15

Remoción promedio de impurezas según temperatura

El análisis de varianza aplicado fue ANOVA de una vía, porque se comparó una variable cuantitativa de respuesta, la remoción de impurezas en gramos, entre tres niveles de un solo factor: la temperatura de lavado (30 °C, 40 °C y 50 °C). Los grupos analizados fueron: 30 °C = 2.13 y 1.43 g; 40 °C = 3.15 y 3.41 g; 50 °C = 3.22 y 3.58 g. Las medias grupales fueron 1.78, 3.28 y 3.40 g, respectivamente, y la media general fue 2.82 g. La suma de cuadrados entre grupos fue $SC_{entre} = 3.2592$ y la suma de cuadrados dentro de los grupos fue $SC_{dentro} = 0.3436$. Los grados de libertad fueron $g_{entre} = k - 1 = 3 - 1 = 2$ y $g_{dentro} = N - k = 6 - 3 = 3$. Los cuadrados medios fueron $CM_{entre} = 1.6296$ y $CM_{dentro} = 0.1145$. Finalmente, el estadístico F se obtuvo mediante $F = CM_{entre} / CM_{dentro} = 14.2282$, con $p = 0.02945$. Por tanto, el ANOVA mostró diferencias globales entre temperaturas; sin embargo, debido al tamaño muestral reducido, este resultado debe interpretarse como exploratorio.

4.2. SUPUESTOS DEL ANÁLISIS

Para la interpretación de resultados se consideraron los siguientes supuestos y criterios analíticos:

- Se asumió que las condiciones de ensayo, temperatura, tiempo de lavado, volumen de extracto y cantidad de muestra, se mantuvieron constantes durante todo el procedimiento experimental.
- Se consideró que el método afrosimétrico es adecuado para estimar indirectamente la presencia de saponinas y que la altura de espuma constituye un indicador de la actividad tensoactiva del extracto.
- Se asumió que la reducción de peso del hilo corresponde principalmente a la eliminación de impurezas adheridas a la fibra y no a un deterioro significativo del material.
- Se asumió independencia entre unidades experimentales y calibración adecuada de la balanza, probetas y recipientes empleados en laboratorio.
- En las diferencias de peso antes y después del lavado se verificó normalidad aproximada con Shapiro-Wilk ($W = 0.848$; $p = 0.152$), lo que permitió aplicar la prueba t para muestras relacionadas. Debido a que el p-value de Shapiro-Wilk fue mayor que 0.05, no se rechazó el supuesto de normalidad. Para la comparación entre temperaturas se empleó ANOVA de una vía; sin embargo, por el tamaño muestral

reducido, su interpretación se consideró exploratoria. Las evaluaciones cualitativas de blancura, suavidad y olor se interpretaron de manera descriptiva.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los resultados obtenidos en todas las pruebas muestran que el extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) tiene la capacidad de actuar como detergente ecológico. Desde la estadística inferencial, los valores obtenidos para la relación entre volumen y espuma ($r = 0.9907$; $gl = 4$; $p = 0.00013$), para la comparación de pesos antes y después del lavado ($t = 8.14$; $gl = 5$; $p = 0.00046$) y para el efecto global de la temperatura mediante ANOVA de una vía ($F = 14.23$; $gl = 2$ y 3 ; $p = 0.02945$) respaldan que los principales hallazgos cuantitativos no se explican por azar bajo un nivel de significancia de 0.05.
- La concentración de 0.052% puede parecer baja frente a otras especies, pero su efecto al contacto con el agua permite generar espuma estable y remover grasas eficientemente, lo que la convierte en una alternativa sostenible a los detergentes ecológicos.
- Además, el proceso de lavado con extracto natural reduce la contaminación hídrica, no genera residuos tóxicos y puede ser implementado por comunidades textiles artesanales en regiones altoandinas, alineándose con los principios de sostenibilidad y economía circular.
- El comportamiento del extracto de Huaracco hembra coincide con las observaciones de Velásquez & Vélez, (2020), quienes demostraron que las saponinas triterpénicas, aun en concentraciones inferiores al 0.1 %, mantienen una notable capacidad de reducción de la tensión superficial y de formación de espuma estable.
- De manera similar, Aurich, (2019), en su estudio sobre detergentes a base de saponina de quinua, reportó concentraciones entre 0.07% y 0.09%, las cuales fueron suficientes para obtener un lavado eficiente de textiles naturales.
- Estos valores son comparables a los obtenidos en el presente estudio, donde el extracto de Huaracco hembra, con 0.052%, logró resultados funcionales equivalentes en la limpieza y conservación de la fibra.
- Asimismo, la persistencia de espuma durante más de 30 minutos, registrado en el test afrosimétrico, es coherente con las observaciones de Romero et al., (2015) y Andres et al., (2008), quienes afirman que la estabilidad de la espuma es indicador

confiable del poder tensioactivo y detergente de los extractos saponinico. En el caso del Huaracco hembra, la espuma fue estable y homogénea y duradera, confirmando su capacidad emulsionante y potencial de aplicación como limpiador ecológico.

- Desde un punto de vista práctico y ambiental, los resultados de esta investigación ofrecen una alternativa viable, frente al uso de detergentes sintéticos en el lavado de fibras naturales, mientras que los detergentes industriales contienen tensioactivos como el ácido dodecibenceno sulfúrico lineal como contaminante persistente el extracto de Huaracco hembra presenta una biodegradabilidad superior y menor impacto ambiental. En este sentido, el presente proyecto aporta evidencia empírica que respalda el aprovechamiento sostenible de recursos vegetales altoandinos, fortaleciendo el enfoque de economía circular y el valor agregado local en los grupos textiles artesanales que trabajan con fibras naturales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El extracto de raíz de Huaracco hembra (*Austrocylindropuntia lagopus malyanus*) presentó una concentración estimada de saponina de 0.052 %, evidenciada por un índice afrosimétrico de 0.055 y una altura máxima de espuma de 2.4 cm. La relación entre el volumen de extracto y la altura de espuma fue positiva y alta ($r = 0.991$; $p < 0.001$), lo que confirma su actividad tensoactiva.
- La raíz de Huaracco hembra contiene una concentración cuantificable de saponinas determinada mediante el índice afrosimétrico; aunque este valor es bajo respecto a otras especies vegetales, resultó funcional para el lavado del hilo de alpaca.
- La espuma generada por el extracto fue persistente y estable durante más de 30 minutos en todos los tubos de ensayo, lo que respalda la estabilidad espumante del extracto como detergente natural.
- En la prueba de lavado, el peso promedio del hilo disminuyó de 81.18 g a 78.35 g, con una remoción promedio de 2.83 g de suciedad y grasas. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($t = 8.14$; $p < 0.001$), lo que demuestra la eficiencia del extracto para remover suciedad adherida a la fibra. El p-value menor que 0.05 confirma que la reducción de peso posterior al lavado fue real y no atribuible al azar.
- De manera complementaria, el hilo lavado presentó mejora en la blancura, suavidad y reducción del olor, sin evidenciar daño visible en la fibra. Por tanto, el extracto representa una opción eficiente, biodegradable y segura para el lavado artesanal de fibras naturales.

5.1.1. Conclusión Integradora Final

- Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis alterna y concluir que el extracto de raíz de Huaracco hembra posee actividad tensoactiva y espumante

suficiente, derivada de su contenido de saponinas. La investigación evidencia que este recurso vegetal puede constituirse en una alternativa ecológica viable para el desarrollo de detergentes naturales, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental generado por los productos sintéticos y fomentando el aprovechamiento de especies nativas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Estandarizar el proceso de extracción de saponinas de la raíz de Huaracco hembra, evaluando parámetros como temperatura, tiempo y solvente a fin de optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia del producto final.
- Promover proyectos comunitarios de recolección y aprovechamiento sostenible del Huaracco hembra, acompañado de capacitaciones técnicas para su transformación en productos de limpieza biodegradable.
- Evaluar el impacto ambiental en el uso del extracto mediante pruebas de biodegradabilidad y toxicidad acuática, asegurando que el producto final cumpla con normativa ecológica nacional e internacional.
- Fomentar investigaciones interdisciplinarias que integren química, botánica y tecnología textil, orientada a fortalecer la cadena de valor del hilo de alpaca y promover prácticas ecológicas en la industria artesanal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, A., Ortega, A., & Chito, D. y. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *revista colombiana de ciencias químico - farmaceuticas*, 438-469.
- Alvarado, K. P. (2008). *Bondados del fruto de jaboncillo (Sapindus saponaria) como un detergente biodegradable*. Colombia: Instituto Alexander Von Humboldt.
- Arriola, M. L. (21 de 12 de 2017). *repositorio UNAP*. determinación de contaminantes tensioactivos tipo ácido dodecibenceno sulfónico lineal en aguas del río Huatanay - Cusco: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6778>
- Álvarez Espinoza, K. S. (2018). Efecto desinfectante de las saponinas extraídas de la cáscara de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en superficies de producción de una industria láctea [Tesis de pregrado]. Universidad Inca Garcilaso de la Vega
- Burga Santisteban, W., & Sangay Cruzado, C. P. (2018). Comparación de la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque” [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urreló]. Repositorio Institucional UPAGU.
- Caiza, W. E. (julio de 2015). *Contaminación por detergentes - agentes nocivos olvidados- caso de estudio: el Río Granobles*. 2025. repositorio facultad de ciencias ambientales de la Universidad Internacional SEK: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1452/1/Contaminaci%C3%B3n%20por%20detergentes%20nocivos%20olvidados-Caso%20de%20estudio.El%20r%C3%ADo%20Granobles%281%29.pdf
- Coz Tolentino, H. (2022). Influencia de la elaboración del detergente biodegradable de Jipuchi (*Sapindus saponaria*) en la responsabilidad ambiental del distrito de Santa María del Valle-Huánuco - 2022 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH.
- Dabestani, M., Yeganehzad, S., & Miller, R. (2021). A natural source of saponin: Comprehensive study on interfacial properties of Chubak (*Acanthophyllum glandulosum*) root extract and related saponins. *Colloids and Surfaces A*:

Physicochemical and Engineering Aspects, 630, 127594.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127594>

Daniela, R. (17 de Septiembre de 2020). *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/investigacion-basica/>

Delgado, V., Hernandez, H., & Kuk, J. (2011). Distribucion espacial y temporal de poquetos (polychaeta: annelida) de la bahia de chetumal, Quintana Roo. *Avances de ciencia y tecnologia en Quintana Roo.*, 17-103 .

Díaz Jurado, J. M. (2023). Transformacion de fibra de alpaca en hilo rustico, mediante el prototipo de maquinas familiares con la Fabricacion digital de la industria 4.0. *REVISTA DE INNOVACION Y TRANSFERENCIA PRODUCTIVA*, 2-10.

Dorado, A. (1996). Detergentes. *Lerko Print, S.A.*, 208.

Ecologicos, D. (2024). que son los detergentes ecológicos. *Ecologia Verde*.

Falconi, E. Y. (2018). riesgo del uso de detergentes domesticos en la calidad del agua en poblaciones en transicion de los rural a lo urbano: Churin 2017. *Alternativa financiera: facultad de ciencias contables economicas y financieras-USMP*, 9(1), 4-5.

Freire, J., Vaca, M., & Almeida, M. (2024). lavado de fibra de alpaca (vicugna pacus) mediante compuestos biodegradables y carbonato de calcio. *RENYPYS Vol. 3, No. 1.*, 52-56.

Gadea Alcazar, G. H. (01 de julio de 2019). *Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. detergente eco amigable : saphi: <http://hdl.handle.net/10757-626571>

Góngora-Chi, G. J.-M.-F.-M.-C. (2023). metodos de extraccion, funcionalidad y bioactividad de saponinas de yucca: una revisión-biotecnia. *scielo mexico*, 147-155.

Hurtado Castillo, C. (abril de 2022). *universidad de lima*. lanzamiento de Fasty: una nueva marca de productos de limpieza: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/16317/Hurtado-Castillo_Lanzamiento-Fasty-

- Manzanero, M. D. (2016). uso del fruto del javoncillo (*sapindus saponaria*) como base de detergentes ecologicos. *Moleqla*, 14.
- Ostalaza Nano, C. (2014). sub familia opuntioideae Schumann austrocylindropuntia backeberg. En m. d. ambiente, *Todos los cactus del Perú* (págs. 152-162). Lima.Perú: FRANCO EIRL.
- Peña, Q. G. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpaca raza huacaya una revision de los rasgos de la fibra de alpaca huacaya. *SEMANTIC SCHOLAR*, 2-5.
- Paccosonco Grande, S., Quispe Beltrán, H. L., & Huanca Suaquita, J. R. (2025). Obtención de detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca-2024 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional UNAJ.
- R., G. P., & P., G. R. (1978). Niveles de contaminacion por detregntes y su influencia en las comunidades bénticas del rio Rionegro. *actualidades biologicas*, 27-36.
- Rodriguez, M. G. (2009). La contaminacion del agua. *cenoposiciones*, 9-10.
- Romero, B. (2019). Efecto de los tensioactivos en el medio ambiente. *Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial*, 5-15.
- Saldaña Perales, L. N. (2017). *Categorizacion, clasificacion y procesamiento industrial de la fibra de alpaca*. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3428/salda%c3%b1a-perales-lorena-natali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sapag Hagar, J. (1976). *Repositorio de la Universidad de Chile*. limpieza y detrgentes en la industrias alimentarias: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121419>
- Sievers, I. J. (1963). consideraciones acerca del problema de los detergentes en aguas residuales. *Boletin de la Oficina Saanitaria Panamericana*, 5. Boletin de la Oficina Sanitaria Panamericana.

- Varela, G. L., & Suares, G. T. (2010). *Determinación del perfil del cliente de la eco bola en la ciudad de Bogotá*. Bogotá.
- Vaz, D. A. (septiembre de 2004). *Repositorio de Universidad de Granada Facultad de ciencias*. Formulación Detergentes Biodegradables: Ensayo de lavado: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/856/15847093.pdf?sequence=1
- Villacrés Alvarez, M. G., Calderon Tapia, C. G., Cauja Moyon, L. M., & Arcos Guaman, T. M. (30 de enero de 2019). *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtención de detergente líquido usando saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) cabuya (*Sisalana perrine*) y su diseño de producción.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11191>
- Velásquez Mamani, M. L. (2025). Efecto de la *Colletia spinosissima* en el proceso de lavado de la lana de ovino, Puno 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional UNAJ.
- Wisetkomolmat, J., Suksathan, R., Puangpradab, R., Kunasakdakul, K., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., & Sommano, S. R. (2020). Natural surfactant saponin from tissue of *Litsea glutinosa* and its alternative sustainable production. *Plants*, 9(11), 1521. <https://doi.org/10.3390/plants9111521>
- Wojciechowski, K., Jurek, I., Góral, I., Campana, M., Geue, T., & Gutberlet, T. (2021). Surface-active extracts from plants rich in saponins – effect on lipid mono- and bilayers. *Surfaces and Interfaces*, 27, 101486. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2021.101486>
- Wang, X. . (2003). The Quality and processing performance of alpaca fibres: a report for the rural industries research and development corporation. *RIRDC Publication*, 132.
- Zulma, C. H. (19 de 07 de 2018). *repositorio UNAP*. tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación - floculación y adsorción.: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8347>

Zuniga, S. M. (05 de 2024). *FACULTAD DE POSGRADO SAN PEDRO SULA, HONDURAS*. Prefactibilidad para la fabricacion de detergente liquido a partir de aceite vegetal reutilizado.

Zela Pacori, J. E. (2024). Efectos de los detergentes convencionales en la solidez de color en prendas lavadas de lana de ovino en el distrito de Juliaca – 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional UNAJ.


ANEXOS

Anexo 4 Ficha de recolección de muestra en el campo.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACIONES DE PROPIEDADES DE LIMPIEZA DE LA RAIZ DE HUARACCO HEMBRA	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES	
DISTRITO	Macusani
COMUNIDAD	Comunidad Campesina de Occocucho
CELULAR	-
FECHA DE RECOLECCION	
REALIZADO POR:	Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca

CODIGO DE MUESTRA	MATERIAL	LONGITUD	OBSERVACIONES
01	Raíz de Huaracco hembra	25 cm	
02	Raíz de Huaracco hembra	23 cm	
03	Raíz de Huaracco hembra	27 cm	
04	Raíz de Huaracco hembra	35 cm	
05	Raíz de Huaracco hembra	37 cm	
06	Raíz de Huaracco hembra	26 cm	
07	Raíz de Huaracco hembra	25 cm	
08	Raíz de Huaracco hembra	25 cm	
10	Raíz de Huaracco hembra	24 cm	

Anexo 5 Ficha de recolección de datos y evaluación de altura de espuma.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES	
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACION DE LA ALTURA DE ESPUMA (INDICE AFROSIMETRICO)	
ASUNTO	Cuantificación de saponina
LUGAR	Laboratorio de Ingeniería Textil y de Confecciones – Facultad de Ingeniería de Procesos
CIUDAD	Juliaca
REALIZADO POR:	Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca
FECHA DE ANÁLISIS	

CODIGO DE MUESTRA	N° DE TUBO DE ENSAYO	MEDIDA DE AGUA EN ML	MEDIDA DE SOLUCION EN ML	ALTURA DE ESPUMA cm	OBSERVACIONES
01	01	5 ml	5 ml	1.3 cm	
02	02	4 ml	6 ml	1.5 cm	
03	03	3 ml	7 ml	1.8 cm	
04	04	2 ml	8 ml	2.1 cm	
05	05	1 ml	9 ml	2.2 cm	
06	06	--	10 ml	2.4 cm	


NOTA: Cuanta más agua se le añade a la solución produce menos espuma, por lo cual no se consideraron más muestras.

Anexo 6 Ficha de registro de datos y evaluación de persistencia de espuma.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES	
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACION DE PERSISTENCIA DE ESPUMA (TEST AFROSIMETRICO)	
ASUNTO	Persistencia de espuma
LUGAR	Laboratorio de Ingeniería Textil y de Confecciones – Facultad de Ingeniería de Procesos
CIUDAD	Juliaca
REALIZADO POR:	Carmen Elizabeth Choquehuanca Alca
FECHA DE ANÁLISIS	

CODIGO DE MUESTRA	N° DE TUBO DE ENSAYO	ALTURA DE ESPUMA CM	TIEMPO DE PERSISTENCIA			
			5-20 MIN	20-25 MIN	30 MIN A MAS	TOTAL, DE CRUCES
01	01	1.3 cm	+	+	+	3
02	02	1.5 cm	+	+	+	3
03	03	1.8 cm	+	+	+	3
04	04	2.1 cm	+	+	+	3
05	05	2.2 cm	+	+	+	3
06	06	2.4 cm	+	+	+	3

Anexo 7 Ficha de recolección de datos y evaluación en el proceso de lavado.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES	
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACION EN EL PROCESO DE LAVADO	
ASUNTO	Aplicación del proceso de lavado de hilo de alpaca con solución de raíz de Huaracco hembra
LUGAR	Laboratorio de Ingeniería Textil y de Confecciones – Facultad de Ingeniería de Procesos
CIUDAD	Juliaca
REALIZADO POR:	Carmen Elizabeth Choquehuanca Alcca
FECHA DE ANÁLISIS	

NUMERO DE PRUEBA	CODIGO DE MUESTRA	PROCESO DE LAVADO			
		TEMPERATURA DE AGUA	PESO ANTES DEL LAVADO	PESO DESPUES DEL LAVADO	DIFERENCIA DE PESOS DE LAVADO
01	MUESTRA 1	30° C	81.13 gr	79.00 gr	2.10 gr
01	MUESTRA 2	40° C	81.22 gr	78.07 gr	3.12 gr
01	MUESTRA 3	50° C	81.20 gr	77.98 gr	3.22 gr
02	MUESTRA 1	30° C	81.22	79.79	1.43 gr
02	MUESTRA 2	40° C	81.22	77.81	3.41 gr
02	MUESTRA 3	50° C	81.20	77.62	3.58 gr

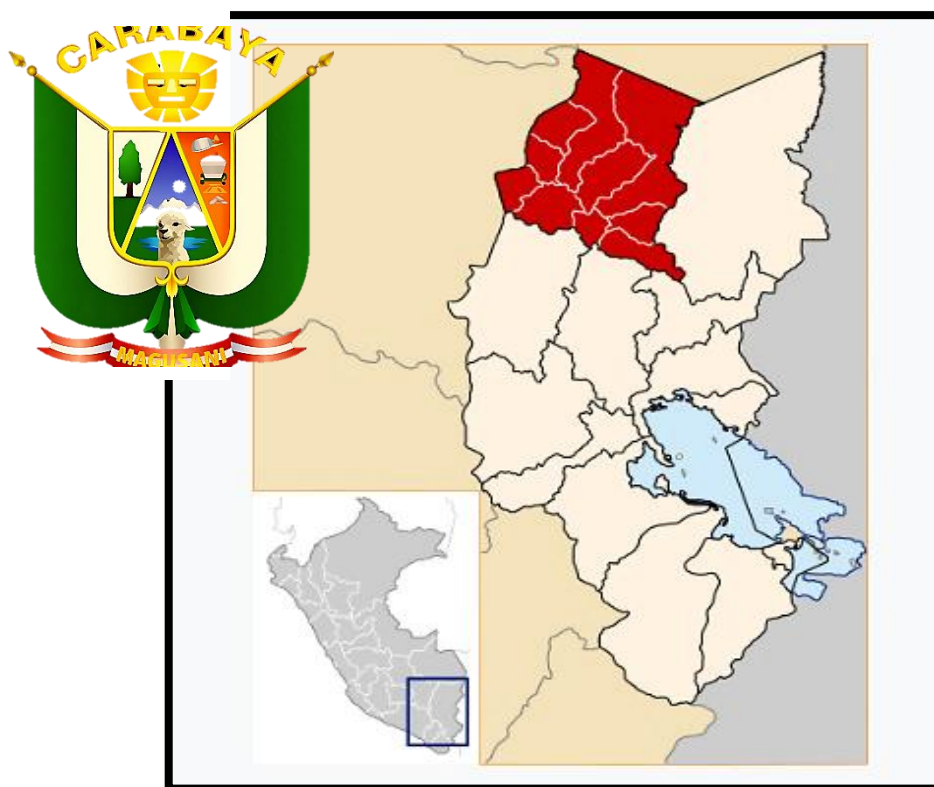
Anexo 8 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD/CATEGORIA	TIPO DE VARIABLES	INSTRUMENTOS
Extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>)	Indicé Afrosimétrico	Altura de espuma	Centímetros (Cm)	VARIABLE INDEPENDIENTE	Regla milimétrica
	Test Afrosimétrico	Tiempo de perduración	Minutos (Min)		Cronometro
Limpieza de hilos de Alpaca	Limpieza	Inspección visual	Comparación	VARIABLE DEPENDIENTE	Manualmente
		Inspección de Tacto	Suavidad		Manualmente
		Inspección olfativa	Olor		Manualmente

Anexo 9 Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p><u>Problema general</u></p> <p>¿la concentración de saponina del extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) es adecuado y eficiente para la remoción de suciedad y grasas en el proceso de lavado de hilos de alpaca?</p> <p><u>Problemas específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánta concentración de saponina contiene el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) según índice afrosimétrico? • ¿la espuma que produce el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) es persistente durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos? • ¿el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) mejora la blancura, suavidad y olor del hilo de alpaca después del lavado? • ¿es eficiente el extracto de raíz de Huaracco hembra para la remoción de suciedad y grasas en el proceso de lavado de hilos de alpaca? 	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Determinar la concentración de la saponina del extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) y verificar la eficiencia del extracto para la remoción de suciedad y grasas en el lavado de hilos de alpaca.</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de saponina en el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) mediante el método de índice afrosimétrico. • Observar la persistencia de espuma presente en el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos. • Evaluar el efecto del extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) sobre la blancura, suavidad y olor del hilo de alpaca después del lavado. • Determinar la eficiencia del extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) para la remoción de grasas y suciedad en el proceso de lavado de hilo de alpaca. 	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>El extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) presenta una concentración cuantificable de saponina y evidencia suficiente de eficiencia para la remoción de grasas y suciedad en el lavado de hilos de alpaca, distrito de Macusani.</p> <p><u>Hipótesis específicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) presenta una concentración de saponina significativa determinada mediante el método de índice afrosimétrico. • La espuma generada por el extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) es persistente y estable durante un intervalo de tiempo de entre 30 a 40 minutos. • El extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) mejora la blancura, suavidad y reduce el olor del hilo de alpaca después del lavado. • El extracto de raíz de Huaracco hembra (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) produce una reducción significativa del peso del hilo de alpaca después del lavado. 	<p><u>Variable independiente</u></p> <p>Extracto de Raíz de huaracco (<i>Austrocylindropuntia lagopus malyanus</i>) = X</p> <p><u>Variable dependiente</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración estimada de saponina en índice afrosimétrico • Persistencia de espuma • Remoción de suciedad y grasas mediante diferencia de pesos • Blancura, suavidad y olor de hilo después del lavado. 	<p><u>Tipo de investigación</u></p> <p>Investigacion experimental</p> <p><u>Universo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Raíz de huaracco • Hilo de alpaca <p><u>Muestra</u></p> <p>Raíz de huaracco = 279 gr.</p> <p>Hilo de alpaca = 81 gr.</p> <p><u>Tipo de muestreo</u></p> <p>Muestreo no probabilístico intencional.</p>

Anexo 10 Ubicación geográfica del Distrito de Macusani en la Provincia de Carabaya.



Anexo 11 Comunidad Campesina Ccatacancha, Zona Occocucho.



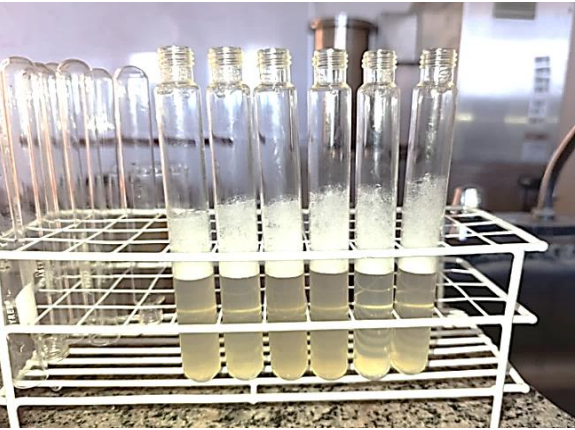
Anexo 12 Selección y recolección de muestras de Raíz de Huaracco hembra.



Anexo 13 Preparación de extracto de raíz de huaracco



Anexo 14 Análisis de la medición de espuma (índice y test afrosimétrico).



Anexo 15 Preparación y acondicionamiento de muestras de hilo de alpaca.




Anexo 16 Diferencia de color del hilo de alpaca antes y después de lavado.



Anexo 17 Instrumento vacío de recolección de muestra en el campo.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACIONES DE PROPIEDADES DE LIMPIEZA DE LA RAIZ DE HUARACCO HEMBRA			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES			
DISTRITO			
COMUNIDAD			
CELULAR			
FECHA DE RECOLECCION			
REALIZADO POR:			
CODIGO DE MUESTRA	MATERIAL	LONGITUD	OBSERVACIONES

Anexo 18 Instrumento vacío de recolección de datos de altura de espuma.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS Y EVALUACION DE LA ALTURA DE ESPUMA (INDICE AFROSIMETRICO)					
ASUNTO					
LUGAR					
CIUDAD					
REALIZADO POR:					
FECHA DE ANÁLISIS					
CODIGO DE MUESTRA	N° DE TUBO DE ENSAYO	MEDIDA DE AGUA EN ML	MEDIDA DE SOLUCION EN ML	ALTURA DE ESPUMA cm	OBSERVACIONES

NOTA:

UNW