

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



“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”

Sandra Paccosonco Grande
Heydy Laura Quispę Beltran

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

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita
Coasesor: Mg. Rolando Rody Jara Huaranca



Juliaca, 2025

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



“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”

Sandra Paccosonco Grande
Heydy Laura Quispe Beltran

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

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita
Coasesor: Mg. Rolando Rody Jara Huaranca



Juliaca, 2025

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



“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”

Sandra Paccosonco Grande

Heydy Laura Quispe Beltran

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

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

Coasesor: Mg. Rolando Rody Jara Huarancca

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Paccosonco & Quispe (2024). “*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 ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Sandra Paccosonco Grande, Heydy Laura Quispe Beltran

TÍTULO: 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.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (136 pp.)

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

CÓDIGO: 04-000025-04/Q77

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

COASESOR: Mg. Rolando Rody Jara Huaranca

PALABRAS CLAVES: Aloe, fibra de alpaca, lavado, saqta, saponaria.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN PROCESOS
INDUSTRIALES**

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

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


Presentada por:

Sandra Paccosonco Grande

Heydy Laura Quispe Beltran

Sustentado y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Julio Cesar Huanca Marin
PRESIDENTE DEL JURADO



PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Luz Delia Quina Quina
JURADO (secretario)



SEGUNDO MIEMBRO

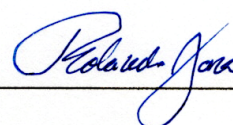
Mg. Jesus Arias Escobar
JURADO (vocal)



TERCER MIEMBRO

Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita
ASESOR DE TESIS

Mg. Rolando Rody Jara Huaranca
COASESOR DE TESIS



Sandra Paccosonco Grande Heydy Laura Quispe B...

“OBTENCIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO DE SÁBILA (Aloe vera), SAQTA (C. parviflora subsp. biumbellata) Y SAPONARIA...



Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:512963839

136 páginas

Fecha de entrega

14 oct 2025, 8:40 p.m. GMT-5

30.482 palabras

Fecha de descarga

14 oct 2025, 8:47 p.m. GMT-5

176.677 caracteres

Nombre del archivo

TESIS OFICIAL ULTIMO C. (12) CORREGIDO[1].pdf

Tamaño del archivo

3.8 MB




12% 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

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

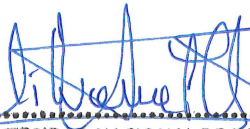
Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales
Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A Dios, por habernos permitido llegar a este momento y darnos la fuerza para seguir logrando nuestras metas.

A nuestros amigos, familiares por el apoyo y motivación que siempre nos brindaron en el transcurso de cada año de nuestra carrera universitaria.

A nuestros queridos padres, y hermanos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Juliaca y a sus autoridades, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones por el apoyo que me brindaron, en el uso de laboratorios y el asesoramiento investigativo.

Al Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita asesor y Mg. Rolando Rody Jara Huarancca coasesor del presente trabajo de investigación por brindarnos su tiempo y apoyo para concluir este trabajo de investigación,

A mis jurados: Dr. Julio Cesar Huanca Marin, M.Sc. Luz Delia Quina Quina y Mg. Jesus Arias Escobar, por su apoyo, disponibilidad de su tiempo y sus recomendaciones durante este proceso de evaluación.

Al Ing. Ronald Sacachipana Huancollo, por todos los consejos, recomendaciones, disponibilidad de tiempo para responder dudas y sobre todo su gran paciencia.

Al Ing. Percy Waldir Mamani Mamani y Ing. Alexander Sucasaca Quispe por los innumerables consejos, por el apoyo, por los asesoramientos en las pruebas de laboratorio, por todos los buenos deseos, apoyo moral siendo un soporte más en este largo proceso y sobre todo por la gran amistad que tengo con estas dos maravillosas personas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1. Hipótesis general.....	3
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN	4
1.5.1. Justificación teórica	4
1.5.2. Justificación práctica.....	4
1.5.3. Justificación social.....	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1. Sábila (aloe).....	16
2.2.1.1. Partes de sábila	17
2.2.1.2. Composición química de la sábila	18
2.2.1.3. Procesamiento de la sábila para la extracción.....	20
2.2.2. Saqta	21
2.2.2.1. La botánica de la Saqta	22
2.2.2.2. La caracterización de la anatomía vegetal de la saqta	22

2.2.2.3.	Beneficios y propiedades de la saqta	23
2.2.3.	Saponaria	24
2.2.3.1.	Composición química de saponaria	24
2.2.3.2.	Procesamiento de la saponaria para la extracción	25
2.2.4.	Soda caustica	25
2.2.4.1.	Proceso de la soda cáustica industrial	26
2.2.4.2.	Las propiedades físicas de la soda cáustica	28
2.2.4.3.	Usos de la soda cáustica.....	28
2.2.5.	Glicerina	29
2.2.5.1.	Uso de la glicerina	29
2.2.6.	Agua.....	30
2.2.6.1.	Calidad del agua.....	30
2.2.6.2.	Contaminantes de las aguas	30
2.2.7.	Detergente.....	31
2.2.7.1.	Función del detergente	31
2.2.7.2.	Composición del detergente.....	32
2.2.8.	Clasificación tensoactivos	34
2.2.8.1.	Tensoactivos aniónicos	34
2.2.8.2.	Tensoactivos catiónicos	34
2.2.8.3.	Tensoactivos no iónicos.....	35
2.2.8.4.	Tensoactivos anfotéricos.....	35
2.2.9.	Detergente líquido.....	36
2.2.9.1.	Formulación del detergente líquido	36
2.2.10.	Clasificación de detergentes.....	38
2.2.11.	Detergentes biodegradables	39
2.2.12.	pH	39
2.2.13.	Alpaca	39
2.2.14.	Importancia de los camélidos sudamericanos	40
2.2.15.	Fibra de alpaca	41
2.2.16.	Tipos de alpaca	41
2.2.17.	Características morfológicas de la fibra de alpaca.....	43
2.2.18.	Características químicas de la fibra de alpaca	43
2.2.19.	Características textiles de la fibra de alpaca	44
2.2.20.	Contaminantes o impurezas de la fibra	45
2.2.21.	Composición de la fibra de alpaca	45
2.2.22.	Propiedades físicas de la fibra de alpaca.....	47
2.2.23.	Eliminación de Impurezas.....	49

2.2.23.1. Propiedades químicas de la fibra de alpaca	49
2.2.24. Propiedades biológicas.....	50
2.2.25. Tipos de lavado	51
2.2.25.1. Lavado manual.....	51
2.2.25.2. Lavado industrial	51
2.2.25.3. Rendimiento al lavado	51
2.2.26. Prueba sensorial	52
2.2.27. Anova.....	52
2.2.28. Diseño factorial completamente al azar	52

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	53
3.1.1. Datos geoespaciales.....	53
3.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA	53
3.2.1. Tipo de investigación.....	53
3.2.2. Nivel de investigación	54
3.2.3. Enfoque de la investigación.....	54
3.2.4. Diseño de la investigación	54
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.3.1. Población	54
3.3.2. Muestra	54
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	56
3.4.1. Materia prima.....	56
3.4.2. Equipos y materiales para la obtención del detergente	56
3.4.3. Equipo para el lavado de fibra	56
3.4.4. Reactivos y productos auxiliares.....	57
3.4.5. Otros equipos y materiales.....	57
3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	57
3.5.1. Extracción de saponinas de la sábila, saqta y saponaria	57
3.5.1.1. Extracción de la saponina de la sábila	58
3.5.1.2. Extracción de la saponina de la raíz de saqta.....	61
3.5.1.3. Extracción de la saponina de la raíz de saponaria.....	64
3.5.2. Determinación de la composición del detergente líquido de sábila, saqta y saponaria	64
3.5.2.1. Ensayos previos para la determinación de la composición del detergente	64
3.5.2.2. Composición del detergente líquido de sábila (<i>Aloe vera</i>), saqta (<i>C. parviflora subsp. biumbellata</i>) y saponaria (<i>Saponaria officinalis</i>).....	66

3.5.3.	Evaluación del rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con las diferentes formulaciones de detergentes.....	69
3.5.3.1.	Proceso del lavado de la fibra de alpaca	69
3.5.3.2.	Diseño experimental	70

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	OBTENCIÓN DEL DETERGENTE	72
4.2.	EXTRACCIÓN DE SAPONINA DE LA SÁBILA, SAQTA Y SAPONARIA. 72	
4.2.1.	Extracción de saponina de la sábila (<i>Aloe vera</i>)	72
4.2.2.	Extracción de saponina de la saqta (<i>Caiphora parviflora</i> subsp. <i>biumbellata</i>)	73
4.2.3.	Extracción de saponina de saponaria (<i>Saponaria officinalis</i>)	74
4.3.	COMPOSICIÓN DE LOS DETERGENTES LÍQUIDOS BIODEGRADABLES	75
4.3.1.	Composición del primer detergente líquido biodegradable	77
4.3.2.	Composición del segundo detergente líquido biodegradable.....	78
4.3.3.	Composición del tercer detergente líquido biodegradable.....	78
4.4.	RENDIMIENTO AL LAVADO DE LA FIBRA DE ALPACA CON LAS DIFERENTES COMPOSICIONES DEL DETERGENTE.....	79
4.4.1.	Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente	81
4.4.2.	Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente.....	85
4.4.3.	Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente	89
4.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	92
4.5.1.	Cálculos del análisis de varianza	92
4.5.2.	Prueba de normalidad del lavado manual	93
4.5.3.	Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas	93
4.5.3.1.	Prueba de homogeneidad de varianzas para el lavado manual	93
4.5.4.	Resultado del análisis de varianza del lavado manual	94
4.5.5.	Resultado de la prueba estadística Tukey	95

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES	97
5.2.	RECOMENDACIONES.....	98
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de la sábila	20
Tabla 2. Taxonomía de la saqta	22
Tabla 3. Análisis físico químico de la saqta.....	23
Tabla 4. Descripción del diseño experimental del lavado manual	70
Tabla 5. Datos obtenidos de la extracción de saponinas	74
Tabla 6. Composición del primer detergente líquido biodegradable	77
Tabla 7. Composición del segundo detergente líquido biodegradable	78
Tabla 8. Composición del tercer detergente líquido biodegradable	79
Tabla 9. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente.....	81
Tabla 10. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente.....	85
Tabla 11. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sábila	17
Figura 2. Partes de la sábila.....	18
Figura 3. Saqta	21
Figura 4. Saponaria	24
Figura 5. Alpaca huacaya	42
Figura 6. Alpaca Suri	43
Figura 7. Cálculo de muestra lavado manual.....	55
Figura 8. Obtención de la cáscara de la sábila	58
Figura 9. Secado en la estufa eléctrica de la cáscara de la sábila	59
Figura 10. Cáscara seca de la sábila	59
Figura 11. Triturado de cáscara seca de la sábila.....	60
Figura 12. Obtención del gel de la sábila.....	60
Figura 13. Muestra de gel de la sábila.....	61
Figura 14. Proceso de pelado de la saqta.....	61
Figura 15. Proceso de ebullición por 30 minutos.....	62
Figura 16. Proceso de rallado de la saqta	62
Figura 17. Proceso de machacado de la saqta.....	63
Figura 18. Obtención de la saponina de la saqta.....	63
Figura 19. Proceso de ebullición de la raíz de saponaria	64
Figura 20. Prueba de lavado manual con cáscara de sábila, saqta hervida y saponaria.....	65
Figura 21. Prueba de lavado manual con gel de sábila, zumo de saqta y saponaria	65
Figura 22. Diagrama de flujo para la elaboración del primer detergente	66
Figura 23. Diagrama de flujo para la elaboración del segundo detergente.....	67
Figura 24. Diagrama de flujo para la elaboración del tercer detergente.....	68
Figura 25. Limpieza y clasificación de la Fibra de alpaca	69
Figura 26. Balance de materia de la extracción de saponina de la sábila	73
Figura 27. Balance de materia de la extracción de saponina de la saqta	73
Figura 28. Balance de materia de la extracción de saponina de la saponaria	74
Figura 29. Etapa de mezclado y ebullición de las saponinas para la fabricación de los detergentes líquidos biodegradables	75
Figura 30. Pesaje y adición de la soda caustica a la mezcla de extractos de saponinas.	75
Figura 31. Medición de la glicerina para la elaboración de los detergentes líquidos	76
Figura 32. Medición de pH de los detergentes líquidos biodegradables	76

Figura 33. Detergente líquido biodegradable elaborado	77
Figura 34. Lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente.....	79
Figura 35. Lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente	80
Figura 36. Lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente	80
Figura 37. Muestras lavadas de fibra de alpaca	81
Figura 38. Prueba de normalidad de los datos en el spss	93
Figura 39. Pruebas de homogeneidad de los datos en el spss	93
Figura 40. Prueba del ANOVA	94
Figura 41. Análisis de varianza	94
Figura 42. Prueba estadística de Tukey	95
Figura 43. Rendimiento al lavado de fibra de alpaca según la prueba estadística de Tukey	96

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Fotografías de materias primas e insumos utilizados	110
Anexo 2. Extracción de la saponina de la saqta.....	110
Anexo 3. Extracción de la saponina de la sábila.....	110
Anexo 4. Conservantes para la fabricación del detergente	111
Anexo 5. Muestra del lavado manual de fibra	111
Anexo 6. Proceso de elaboración del detergente	112
Anexo 7. La medición del pH del detergente	112
Anexo 8. Clasificación de la fibra de alpaca	113
Anexo 9. Procesamiento del lavado de fibra en la máquina industrial.....	113
Anexo 10. Secado de la fibra después del lavado	114
Anexo 11. Pesado de las fibras.....	114
Anexo 12. Cardado de la fibra.....	115
Anexo 13. Ficha de validación de instrumentos por juicio de expertos.	116

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo de elaborar el 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 tipo de investigación es experimental con un nivel de investigación explicativo a su vez el enfoque de la investigación es cuantitativo y con 252 muestras de fibra de alpaca. Ya que, en el Perú, aproximadamente solo el 30% es tratada, lo restante forma parte del agua residual, por ello surge la necesidad de crear el detergente con sábila, saqta y saponaria, para el proceso de lavado de fibras, con el propósito de tener un buen rendimiento en el proceso del hilado y así también evitar la contaminación al medio ambiente. El análisis de pruebas se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca de la carrera de Ingeniería Textil y de Confecciones. En el proceso de ejecución de la elaboración del detergente se trabajó con tres tratamientos, el tratamiento uno se hizo la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 200 g y 150 ml de glicerina obteniendo un pH de 12.27, tuvo un menor rendimiento al lavado. En el tratamiento dos se hicieron la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 150 g y 100 ml de glicerina obteniendo un pH de 7.83, tuvo un rendimiento no tan favorable en el lavado. En el tratamiento tres se hizo la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 100 g y 50 ml de glicerina obteniendo un pH 6.70, el más eficaz fue el tratamiento tres, debido a que elimino las impurezas de la fibra de alpaca. Por último, los resultados en la prueba de varianza el nivel de significancia del P valor es menor de 0.05 % entonces se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, en la prueba estadística de Diseño Completamente al Azar (DCA), teniendo como resultado que el tratamiento tres es muy eficaz.

Palabras clave:

Aloe vera, fibra de alpaca, lavado, saqta, saponaria.

ABSTRACT

The research work aims to develop liquid detergent made from aloe vera (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) and saponaria (*Saponaria officinalis*) for washing alpaca fiber (*Vicugna pacos*), Juliaca - 2024. The type of research is experimental with an explanatory research level, in turn the research approach is quantitative and with 252 alpaca fiber samples. Since, in Peru, approximately only 30% is treated, the rest is part of the wastewater, therefore the need arises to create the detergent with aloe vera, saqta and saponaria, for the fiber washing process, in order to have a good performance in the spinning process and thus also avoid pollution to the environment. The test analysis was conducted in the laboratories of the National University of Juliaca, which specializes in Textile and Clothing Engineering. Three treatments were used during the detergent development process. Treatment one consisted of a combination of the herbaceous species with 200 g of caustic soda and 150 ml of glycerin, achieving a pH of 12.27. Treatment two consisted of a combination of the herbaceous species with 150 g of caustic soda and 100 ml of glycerin, achieving a pH of 7.83. Treatment two did not perform as well. In treatment three, the herbaceous species were combined with 100 g of caustic soda and 50 ml of glycerin, obtaining a pH of 6.70. Treatment three was the most effective because it eliminated impurities from the alpaca fiber. Finally, the results of the variance test showed a significance level of P less than 0.05%, so the alternative hypothesis was rejected and the null hypothesis was accepted in the Completely Randomized Design (CRD) statistical test, resulting in treatment three being highly effective.

Keywords:

Aloe vera, alpaca fiber, washing, saqta, saponaria.

INTRODUCCIÓN

El mayor problema del mundo es la contaminación de ríos, mares, lagos, océanos y otras aguas con sustancias químicas y productos sintéticos con concentración de detergentes industriales (Díaz, 2022). La industria textil es la segunda más contaminante después de la industria petrolera. Los efectos ambientales más importantes de la industria textil son el alto consumo de recursos hídricos y las aguas residuales altamente contaminadas que se generan en diversos procesos (Brañez, 2018). Debido a que las fibras de alpaca recién esquiladas suelen estar muy sucias, por lo que se debe limpiar adecuadamente antes de continuar con la producción, lo que requiere conocimiento de los diferentes sistemas de lavado y su respeto al medio ambiente (Jiménez, 2020). El proceso del lavado es el primero de los tratamientos húmedos por los que pasan las fibras, uno de los más importantes en este ciclo, consiste en separar por sí misma la suciedad externa, por lo que puede considerarse un proceso de limpieza donde elimina sustancias insolubles (Requena & Zaravia, 2019).

Esta investigación se enfocó en el aprovechamiento de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), para la formulación de un detergente ecológico basado en saponina, con el objetivo de sustituir los surfactantes químicos convencionales. En diversas regiones del Perú se encuentran plantas cuyos frutos contienen compuestos limpiadores, como *Sapindus saponaria*, cuyos frutos poseen aproximadamente un 30 % de saponina (Requena & Zaravia, 2019). En cuanto a los resultados del análisis de varianza, el valor de P fue inferior a 0.05 %, por lo que se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula. Sin embargo, en la prueba estadística de comparaciones múltiples de Tukey no se identificaron diferencias significativas entre el primer y el segundo proceso de lavado (Requena & Zaravia, 2019).

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema, incluyendo la formulación del problema general y específico, los objetivos de la investigación diferenciados en objetivo general y objetivos específicos, la justificación del estudio, las hipótesis generales y específicas, así como la definición de las variables: Independiente y dependiente. En este marco, el objetivo de la presente investigación es desarrollar un detergente líquido elaborado a partir de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna Pacos*), Juliaca-2024.

En el Capítulo II se presenta la revisión de literatura, la cual incluye antecedentes de investigaciones a nivel internacional, nacional y regional, recopilados de artículos científicos y estudios previos vinculados con el objetivo de la presente investigación. Asimismo, se desarrollan los marcos teóricos que fundamentan y respaldan el estudio. En este sentido se conceptualiza la información relacionada con el proceso de lavado industrial de fibra de alpaca, las sustancias, el pH, fibra de alpaca y detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*).

En el Capítulo III se expone la naturaleza de la investigación, definida como de nivel explicativo y de enfoque experimental. Este apartado describe la población y el tamaño de la muestra, los instrumentos y técnicas utilizadas para la recolección de datos, así como la selección del diseño metodológico y el procedimiento experimental correspondiente. En el desarrollo del presente estudio, la población analizada estuvo constituida por fibra de alpaca de la raza Huacaya, se utilizó de color blanco y café, para realizar las pruebas del rendimiento al lavado manual. El muestreo es probabilístico, en la práctica, se llevó a cabo la extracción de las especies herbáceas como: Sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), seguidamente se realizó el lavado manual de la fibra de alpaca huacaya color blanco y café. Utilizando para el lavado 2g de fibra para 252 pruebas.

En el Capítulo IV se presentan los resultados y discusiones de la investigación. Se detallan los resultados obtenidos en cada prueba de lavado, para los tratamientos se utilizó 8L de saqta, 8L de aloe y 8L de saponaria en total se utilizó 24 L de extracto. El tratamiento uno se hizo la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 200g y 150 ml de glicerina obteniendo un pH de 12.27, tuvo un menor rendimiento al lavado. En el tratamiento dos se hizo la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 150g y 100 ml de glicerina obteniendo un pH de 7.83, En el tratamiento tres se hizo la combinación de las especies herbáceas con la soda cáustica de 100g y 50 ml de glicerina obteniendo un pH 6.70, fue el más eficaz, debido a que elimina las impurezas de la fibra de alpaca. Se llevó a cabo un análisis de varianza de los datos y la comprobación de las hipótesis mediante un análisis estadístico. Para este propósito, se utilizó el software InfoStat, se procedió a seleccionar la prueba estadística de diseño completamente al azar (DCA) que sirve para comparar distintas poblaciones y evaluar su

variabilidad. Posteriormente se aceptó la hipótesis alterna ya que el nivel de significancia del P valor es menor de 0.05 %, por lo tanto el detergente obtenido con sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) es eficiente para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca – 2024.

En el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado, donde se pudo concluir que de los tres tratamientos el más eficaz es el tratamiento tres, ya que la soda cáustica con menor cantidad de gramos es más eficiente en el proceso de lavado industrial de la fibra de alpaca porque elimina todas las impurezas y suciedad.

Esta información resulta útil porque comparte conocimiento con la comunidad de investigación y en base a este conocimiento se guiarán para realizar nuevos proyectos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que existe hoy en día es la contaminación del agua debido a que los detergentes industriales utilizados para el lavado de fibras contienen fosfatos, nitratos y su efecto es nocivo en el medio ambiente. El lavado industrial de fibras contamina el agua debido a su toxicidad de componentes químicos. En la actualidad a nivel mundial en la industria textil uno de los mayores problemas es la contaminación de ríos, mares, lagos, océanos y otras aguas con sustancias químicas y productos sintéticos con concentración de detergentes industriales, se sabe que gran parte de estos detergentes contienen soda como uno de los ingredientes clásicos, que se considera una fuerte biosida y afectaría el micro biota del agua y así cambiaría la limpieza natural (Díaz, 2022).

En el Perú uno de los problemas de contaminación ambiental más grave es la contaminación del agua, como se señala en la Política Nacional del Ambiente, siendo una de las principales causas de esta los vertimientos industriales y domésticos sin tratamiento (Salazar, 2017). La empresa Inca Tops S.A ubicado en el departamento de Arequipa, realiza el tratamiento de la materia prima que incluye el lavado de la fibra, además de otros procesos como el ensimaje, blanqueamiento, cardado y el peinado. Durante el proceso de lavado de un kilogramo de fibra se genera aproximadamente 17 litros de agua residual con alto contenido de contaminantes, detergentes y todo el material contaminante extraído de la fibra como son componentes orgánicos solubles, componentes orgánicos emulsionados y algunos materiales sólidos inertes (Salazar, 2017).

Debido a la contaminación del agua que genera el lavado industrial que trae como consecuencia la eutrofización de las aguas y la disminución de la tensión superficial causados por el uso de detergentes industriales, nos dimos a la idea de crear un detergente natural a base de especies herbáceas de sábila (*aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) como alternativa ecológica sirva para lavar fibras naturales causando el menor impacto posible a la naturaleza (suelos y fuentes de agua) y cuya degradación sea rápida (Fiorovich, 2019).

En el sur del Perú, las especies herbáceas como: Sábila, Saqta, Saponaria, se encuentran disponibles durante todo el año. Tradicionalmente, estas plantas eran empleadas por las poblaciones ancestrales para el lavado de prendas, la higiene personal y como alternativa terapéutica para ciertas afecciones cutáneas debido a su contenido de compuestos antioxidantes abundan en todo el año, muchos de nuestros ancestros lo utilizaban para lavar sus prendas de vestir, bañar y como alternativa curativa de algunas enfermedades de la piel por contener antioxidantes, etc. Con el paso de los años y la industrialización, dicha práctica fue olvidada ya que los pobladores optaron por utilizar productos creados en las fábricas y que simplifica las actividades cotidianas (Salazar, 2017).

En ese contexto, los problemas centrales que se trató en la presente investigación es la de conocer mediante dos métodos de extracción, cuál de ellos es la que extrae mayor cantidad de la muestra estudiada (concentración de las especies herbáceas) que contiene esta sustancia natural llamada Saponina la cual es muy importante porque al ser extraída a través de métodos eficientes se tiene como alternativa utilizar productos naturales ya que los microorganismos degradan con mayor rapidez a las saponinas una vez introducida en el agua y esto permite la reducción de la contaminación de las aguas evitando la muerte de especies acuáticas que habitan los ríos, quebradas, mares, etc. y además de ser una alternativa eco amigable con el ambiente en comparación con los detergentes convencionales (Diaz, 2022).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se puede obtener el 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?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo extraer eficientemente las saponinas de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*)?
- ¿Cuál sería la composición adecuada para obtener un detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*)?
- ¿El rendimiento al lavado de la fibra de alpaca con el detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) es significativo para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*)?

1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Obtener un 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.

1.3.2. Objetivos específicos

- Extraer las saponinas de la sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*).
- Determinar la composición del detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*).
- Evaluar el rendimiento al lavado de la fibra de alpaca con las diferentes composiciones de detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*).

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

El detergente obtenido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) puede ser aplicado eficientemente para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca-2024.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La extracción de la saponina de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), es eficaz para la creación del detergente líquido.
- La composición es eficazmente adecuada para obtener un detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), Juliaca-2024.
- El rendimiento al lavado de la fibra de alpaca con el detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) es significativo para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca-2024.

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1. Justificación teórica

El trabajo de investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el uso de detergentes biodegradables debido a que no alteran demasiado la tensión superficial del agua, se degradan fácilmente en menor tiempo y que sea de bajo costo para la mayoría, por qué se estaría haciendo un gran aporte al desarrollo sostenible de nuestra sociedad (Cogollo, 2008). Además, los detergentes son suaves por lo que protege la fibra en el proceso de lavado. En la actualidad solo existen reportes de rendimiento al lavado de fibra de alpaca, realizado por las grandes empresas dedicadas a la elaboración de tops e hilos (Requena & Zaravia, 2019).

1.5.2. Justificación práctica

Esta investigación cuenta con una justificación práctica por lo cual se demuestra que las especies herbáceas (*sábila*, *saqta*, *saponaria*) presenta mejores resultados frente a detergentes biodegradables, por demostrar suavidad, brillantez, blancura en la fibra teniendo resultados significativos, así mismo, contribuye a la no contaminación del agua que aporta un nivel de relevancia positivo frente al cuidado del medio ambiente. Por lo cual se planteó utilizar las especies herbáceas (*sábila*, *saqta*, *saponaria*) como detergente en el proceso de lavado de fibras por ser de carácter eficiente.

1.5.3. Justificación social

El presente trabajo se realizará con el propósito de plantear una alternativa para solucionar la contaminación del agua, debido a que el lavado industrial de fibras contamina el medio ambiente debido a su toxicidad de componentes químicos (Diaz, 2022). Del mismo modo contribuye a los artesanos a no optar el usar aditamentos para el cuidado de la piel, por lo cual ayuda positivamente para evitar enfermedades tales como (artritis, cáncer, reumatismo) en la manipulación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Chasi (2023), realizó la tesis titulada “Uso de detergente biodegradable más bicarbonato de sodio en el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*)”, su objetivo de evaluar las características físicas, mecánicas y sensoriales de la fibra de alpaca de raza Huacaya, proveniente de la Estación Experimental de altura Aña Muyucancho-ESPOCH. Su propósito fue determinar el proceso de lavado más adecuado utilizando detergente biodegradable en combinación con distintas formas de bicarbonato de sodio (50, 100 y 150 g). Para ello, aplicó una metodología que incluyó la muestra de significancia de Tukey (con $P > 0,05$) para analizar diferentes entre tratamientos, y la prueba de Kruskal-Wallis para las variables sensoriales (no paramétricas). La muestra total fue de 3200 g de fibra, distribuida en cuatro tratamientos: T0 (detergente comercial sin bicarbonato), T1 (detergente biodegradable con 50 g de bicarbonato), T2 (detergente biodegradable con 100 g) y T3 (detergente biodegradable con 150 g). Respecto a los resultados, se notó que las propiedades físicas de la fibra tenían un diámetro medio de 31.34 μm , una longitud de mecha sin estirar de 25.10 cm, una longitud de mecha estirada de 34.30 cm y un número de rizos de 2.98 cm. No se encontraron diferencias notables entre los tratamientos en cuanto a las variables sensoriales de la fibra (término que incluye la brillantez, el tacto y la blancura). No obstante, se encontraron diferencias notables en las variables sensoriales (4.50 puntos) del hilo de alpaca del tratamiento T3; por su parte, las características mecánicas del hilo (resistencia a la tensión y porcentaje de elongación) no mostraron variaciones significativas.

Polit & Pecuarias (2024), realizó una revista titulada “Lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante compuestos biodegradable y carbonato de calcio”, con el objetivo de evaluar de analizar el impacto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio combinadas con detergente biodegradable en la calidad de la fibra. En la investigación, se valoraron 16 unidades experimentales de 200 g cada una, las cuales fueron distribuidas en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento. Para organizar el análisis, se llevó a cabo un diseño totalmente al azar que fue complementado con estadísticas descriptivas, la prueba de Kruskal-Wallis no paramétrica, la prueba de Tukey para comparaciones múltiples y el análisis de varianza (ADEVA). En los resultados, el lavado con carbonato de calcio logró calificaciones de blancura con una media de 4.50 puntos sobre 5, catalogada como de calidad excelente, mientras que el tratamiento de control mostró una calificación de 3 puntos, indicando una calidad sensiblemente más baja, especialmente en la evaluación de la sensación táctil del hilo de alpaca.

Altmajer et al. (2004), realizó la tesis titulada “Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayo de Lavado”, cuyo objetivo fue establecer un sistema que permitiera evaluar la eficacia de distintas formulaciones destinadas a eliminar suciedades grasas. El estudio buscó modificar variables vinculadas al proceso de lavado, como el tipo de sustrato, la naturaleza de la suciedad y las características del baño, así como las condiciones hidrodinámicas, para simular con mayor realismo los sistemas de lavado empleados a nivel industrial. En cuanto a la metodología, diseñaron un dispositivo experimental llamado Baño-Substrato-Flujo (BSF), creado específicamente para analizar el lavado de superficies duras y facilitar el desarrollo de formulaciones detergentes dirigidas a usos concretos. Los resultados del estudio indicaron que a temperaturas cercanas, pero ligeramente inferiores al punto de fusión de la suciedad grasa (alrededor de 40 °C), la capacidad de limpieza aumenta en proporción con la concentración de suciedad y del tensioactivo empleado. Además, se evaluó el papel de los agentes secuestrantes de iones Cellesh 100 y Cellesh 200, comprobándose que a mayores concentraciones de iones calcio en el baño de lavado, la eficacia del secuestro de estos iones mejoraba. Finalmente, los ensayos demostraron que una concentración de 0.25 g/L de Cellesh 100 resultaba suficiente para capturar las cantidades de calcio presentes en el medio (en rangos de 132 a 600 mg/L CaCO_3), haciendo innecesario el uso de Cellesh 200 en esas condiciones.

Jiménez (2020), realizó la tesis titulada "Sistemas biodegradables en el lavado ecológico de fibra de alpaca", Su objetivo principal fue comparar distintas investigaciones que abordaran estos sistemas de lavado, considerando que esta etapa representa la primera transformación de la fibra, ya que modifica completamente su aspecto y requiere el uso de detergentes biodegradables. Dichos productos, al no alterar el equilibrio ambiental, permiten calificar el proceso como ecológico. En cuanto a la metodología, se realizó una revisión descriptiva y exhaustiva de diversas fuentes disponibles en línea, incluyendo artículos científicos, tesis experimentales, revistas especializadas y libros digitales. Esta recopilación permitió identificar enfoques que combinaban el uso de detergente biodegradable con compuestos como cloruro de sodio (sal común) y bicarbonato de sodio para el lavado de la fibra de alpaca. Los análisis físicos reportados en la investigación mostraron que las mayores tensiones se alcanzaron al emplear una mezcla de bicarbonato de sodio, sal en grano y detergente biodegradable (2663.33 N/cm²), mientras que el mayor porcentaje de elongación (76.67 %) se obtuvo con la combinación de sal en grano y detergente biodegradable. En las pruebas de solidez a la luz, la puntuación más alta (4.50) correspondió al uso de bicarbonato de sodio más sal en grano junto con detergente biodegradable. Respecto al diámetro de la fibra, se logró el mejor resultado (23.73 µm) utilizando únicamente detergente biodegradable. En la evaluación sensorial, el proceso de lavado con bicarbonato de sodio, sal en grano y detergente biodegradable obtuvo calificaciones elevadas en color (4.80 puntos) y textura (4.60 puntos). Finalmente, desde el punto de vista económico, se destacó una rentabilidad de 1.36, equivalente a una utilidad del 36 %, al aplicar la combinación de detergente biodegradable, bicarbonato de sodio y sal en grano.

Mecánica et al. (2015), realizó la tesis titulada "Diseño de un proceso industrial para la elaboración de detergentes a partir de la saponina obtenida del fruto de choloque (*sapindus saponaria L.*)", cuyo objetivo consistió en proponer un diseño de proceso industrial orientado a la fabricación de detergentes empleando la saponina extraída del fruto de Choloque (*Sapindus saponaria L.*). En cuanto a la metodología, el estudio se enmarcó como un proyecto técnico basado en investigación y experimentación teórica y práctica, definiendo cuidadosamente sus variables. Se seleccionó un método de extracción con alcohol etílico al 70 % como solvente para aislar la saponina y desarrollar el proceso de producción de detergente líquido. El procedimiento inició con la recepción y caracterización físico-química del fruto de choloque como materia prima. Posteriormente,

se realizó un secado a 75 °C durante 24 horas y se procedió a la molienda para reducir el tamaño de las partículas. La maceración se llevó a cabo durante 72 horas, utilizando alcohol etílico al 70 % como solvente para obtener la concentración deseada del extracto. Una vez extraído, el líquido se filtró al vacío, luego se destiló y concentró en una rota evaporadora a 45 °C hasta lograr la saponina concentrada. El resultado final del proceso fue un detergente líquido con aproximadamente un 95 % de biodegradabilidad, considerado respetuoso con el medio ambiente.

Cogollo et al. (2008), realizó una revista titulada “Bondades del fruto del jaboncillo (*Sapindus saponaria*) como un detergente biodegradable”, con el objetivo de analizar las propiedades de este fruto como un insumo de bajo impacto ambiental para su uso en lavado de prendas. Para el desarrollo del trabajo, se aplicó un enfoque descriptivo con búsqueda de información en diversas fuentes para diseñar un detergente completamente biodegradable, ecológico y de fácil acceso. Parte de la exploración consistió en localizar el fruto en una finca de Tubará, recolectando aproximadamente 300 unidades de jaboncillo para evaluar su efectividad en la limpieza de ropa blanca, comparándola con detergentes comerciales. Los ensayos mostraron que el jaboncillo tuvo un desempeño notable al eliminar por completo residuos como barro y cenizas de carbón de las prendas, con resultados comparables a los de dos detergentes de referencia: el biodegradable Ivory y el convencional Dersa. En cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO), el lavado con *Sapindus saponaria* presentó un valor de 140 mg/l, superior a los 102.5 mg/l del Ivory y los 53.5 mg/l del Dersa, lo cual se atribuyó al alto contenido de materia orgánica presente en el agua residual del jaboncillo, que es fácilmente biodegradable.

Machado (2013), realizó la tesis titulada “Evaluación del efecto anti-esponge de los mucílagos de opuntia ficus, aloe vera y las saponinas de agave americana en un shampoo en personas con cabello esponjado”, cuyo propósito fue analizar la eficacia de estos componentes naturales para controlar el esponjamiento del cabello al formular un shampoo. La investigación se llevó a cabo en el laboratorio planta piloto de la Facultad de Ciencias PIC 113 de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para la metodología, se procedió a extraer los mucílagos y saponinas mediante muestreo y licuado de las especies vegetales seleccionadas. El ensayo consistió en aplicar los shampoos formulados a un grupo de 10 personas con cabello esponjado, implementando tres tratamientos distintos con cuatro repeticiones cada uno, dejando un día de intervalo entre aplicaciones.

Los resultados mostraron que los tres tratamientos lograron disminuir el esponjamiento capilar, pero el más efectivo fue el elaborado con Aloe vera, el cual consiguió reducir en un 59% el esponjado tras la cuarta aplicación, superando ligeramente al resultado obtenido con el shampoo comercial Anua, que logró un 56% de reducción.

Agualongo (2023), realizó la tesis titulada “Lana de ovino (*Ovis aries*) lavada con detergente biodegradable más sal en grano”, con el objetivo de analizar el efecto del uso de detergente biodegradable en combinación con sal en grano para el lavado de lana de ovino criollo proveniente de la Provincia Bolívar. Para la metodología, se plantearon tratamientos de lavado con cuatro niveles de sal en grano: T0 sin sal, T1 con 50 g, T2 con 100 g y T3 con 150 g, aplicando cada tratamiento en cuatro repeticiones. Las pruebas físicas y mecánicas se evaluaron mediante análisis estadístico descriptivo aplicado a las muestras de campo. Los resultados mostraron que los valores de blancura más altos, con calificaciones entre 3.00 y 4.50 sobre 5, se alcanzaron tanto en el tratamiento control como en aquel con 150 g de sal en grano. Además, las evaluaciones sensoriales de la lana indicaron mejores propiedades al emplear 150 g de sal, destacando también una rentabilidad económica superior en comparación con los otros tratamientos.

Kusumastuti & Yunia (2018), realizó un artículo científico titulado “Extracción de saponina de aloe vera: estudios de optimización y cinética”, con el objetivo de identificar las condiciones operativas más adecuadas para la extracción de saponina a partir de aloe vera, así como modelar la cinética del proceso para estimar parámetros de diseño relevantes. En cuanto a la metodología, emplearon un enfoque basado en modelado para definir los parámetros del proceso, calculando tanto el volumen del sólido como la cantidad de disolvente necesario. Sus resultados señalaron que las condiciones óptimas de extracción se lograron utilizando agua destilada como solvente durante 90 minutos a 100 °C. Además, se obtuvieron valores específicos para los parámetros de diseño, como $k_c = 14.76$ cm/minuto, $D_e = 1.97 \times 10^{-6}$ cm²/minuto y $H = 0.4435$. El estudio también evidenció que el extracto de aloe vera presentaba actividad antibacteriana, reflejada en una zona de inhibición de 0.0044 cm².

2.1.2. Antecedentes nacionales

Requena & Zaravia (2019), realizó la tesis titulada “Rendimiento al lavado de la fibra clasificada de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*)”, con el objetivo de evaluar el rendimiento del proceso de clasificación. En la metodología emplearon 207 vellones de alpaca para realizar la clasificación y analizar el diámetro medio de la fibra (DMF) junto con su desviación estándar (σ). Además, se utilizó un lote de 75 kg para medir el rendimiento al lavado de las calidades superiores (super baby, baby y fleece). Los resultados indicaron que la mayor proporción de fibra clasificada correspondió a la calidad baby, seguida de super baby, evidenciando que las calidades superiores representaron más del 50 % de la producción, de acuerdo con mediciones objetivas y validadas. Asimismo, se obtuvieron rendimientos elevados en el lavado para las tres calidades de fibra de alpaca analizadas.

Alvarado (2020), realizó su informe de tesis titulada “Detergente biodegradable a base de choloque”, con el objetivo de determinar la viabilidad del detergente Bio Choloque, con la finalidad de identificar las oportunidades en el mercado del desarrollo del producto y la competencia a la que se enfrenta. Asimismo, abordaron aspectos relacionados con la realidad nacional en el sector de detergentes. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, utilizando la técnica de encuesta. Según el marco muestral, se diseñaron 384 encuestas dirigidas al segmento objetivo compuesto por hombres y mujeres de entre 30 y 59 años, pertenecientes a los niveles socioeconómicos A y B, residentes en la zona 7 y zona 6, que incluyen a los distritos de Santiago de Surco, San Miguel, San Isidro, San Borja, Pueblo Libre, Miraflores, Magdalena del Mar, Lince, La Molina y Jesús María. El proyecto fue viable para la compañía, según los resultados de los indicadores de rentabilidad, que mostraron un VANE de S/. 138,611.69 y una TIRE del 48.55%, los dos más altos que el WACC, que es de 29.16%. Asimismo, se demostró que los accionistas obtuvieron ganancias, las cuales se vieron reflejadas en un VANF de S/. 131,176.22 con una Tasa Interna de Financiamiento (TIF) del 60.93%, que es más alta que el Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 33.18%. Se calculó que el tiempo aproximado para que la empresa se recuperara sería de tres años y tres meses, mientras que para los accionistas calculó en alrededor de dos años y diez meses. Se concluyó que el proyecto resultó rentable y viable para su ejecución, sustentado en el análisis de los indicadores de rentabilidad y sensibilidad.

Junior et al. (2019), realizó la tesis titulada “Detergente biodegradable a base de choloque”, con el objetivo de determinar la viabilidad del producto denominado Bio Choloque, identificando las oportunidades de mercado para su desarrollo. Abordaron aspectos relacionados con la realidad nacional del mercado de detergentes. La técnica utilizada en la investigación fue de carácter cuantitativo y se llevó a cabo a través de encuestas. En función de su muestra, se llevaron a cabo 384 cuestionarios dirigidos a hombres y mujeres que tienen entre 30 y 59 años, de los estratos socioeconómicos A y B, que residen en las áreas de Jesús María, La Molina, Lince, Magdalena del Mar, Miraflores, Pueblo Libre, San Borja, San Isidro, San Miguel y Santiago de Surco (zonas 6 y 7). Los resultados indicaron que los parámetros de rentabilidad confirmaron la viabilidad del proyecto para la empresa, mostrando un VANE de S/. 138,611. 69 y un TIRE de 48. 55%, números que superan al WACC de 29. 16%. Asimismo, se demostró la rentabilidad para los accionistas, con un VANF de S/. 131,176. 22 y un TIF de 60. 93%, que también es mayor que el COK de 33. 18%. El tiempo estimado para la recuperación de la inversión de la empresa fue de alrededor de tres años y tres meses, mientras que para los accionistas se calculó en alrededor de dos años y diez meses. En conclusión, la persona sostuvo que el proyecto resultaba rentable y viable para su ejecución, según el análisis de los indicadores de rentabilidad y sensibilidad.

Santos et al. (2020), realizó el grado de maestro en administración con la tesis titulada “Implementación de un plan de negocio para el lanzamiento de un detergente biodegradable a base de saponina de olluco”, cuyo objetivo principal consistió en formular un plan de negocio orientado al lanzamiento y comercialización de un detergente líquido biodegradable en Lima Metropolitana. Su estudio contempló un análisis integral para la implementación de una planta comercial destinada a la producción del detergente, elaborado a partir de saponina extraída del olluco. En su propuesta, la capacidad de producción proyectada alcanzaba 1,200,000 litros anuales; sin embargo, para el primer año de operaciones se estimó una producción inicial de 693,120 litros, considerando la proyección de la demanda y la implementación progresiva de la capacidad instalada. Respecto a la inversión requerida, se calculó un costo de S/ 848,722 para la adquisición de activos fijos e intangibles, mientras que la inversión total de capital se estimó en S/ 1,124,102.27. Desde el análisis económico-financiero, se determinó la rentabilidad del proyecto, reflejada en una Tasa Interna de

Retorno (TIR) del 41 %, superior al Costo de Oportunidad de Capital (COK) estimado en 30.23 %. Además, se proyectó que la recuperación de la inversión se alcanzaría durante el tercer año de operaciones.

Gadea et al. (2019), realizó la presente investigación, titulada “Detergente eco amigable: Saphi”, cuyo objetivo fue desarrollar Saphi como una alternativa sostenible frente a los detergentes convencionales. El estudio se enmarcó en la creciente preocupación global por la protección ambiental y la reducción de la contaminación, factores que han incentivado la preferencia de los consumidores por productos que, además de garantizar calidad, ayuden a mitigar impactos negativos como la eutrofización. El trabajo presento un reporte de investigación para ello, puso la combinación de datos cualitativos, como el esquema de mercadeo, el esquema de recursos humanos, el esquema de responsabilidad social y las respectivas validaciones, junto con un análisis cuantitativo centrado en los aspectos financieros y de rentabilidad para viabilizar la introducción del nuevo producto en el mercado. El análisis de mercado efectuado permitió proponer un precio de venta de S/ 18 por unidad, el cual obtuvo aceptación positiva en las validaciones realizadas. Asimismo, se estimó que el tamaño potencial del mercado eco amigable, considerando una cobertura del 100 %, alcanzaría un valor aproximado de S/ 36,873,046.75.

Gutiérrez et al. (2019), realizó la tesis titulada “Detergente ecológico biosaqta”, cuyo objetivo fue analizar la viabilidad del negocio para la creación de un detergente ecológico elaborado con insumos naturales, empleando como materia prima principal la saqta, una raíz andina que los incas utilizaban para el lavado de textiles. Este proyecto se propuso contribuir a la protección del entorno, teniendo en cuenta la situación presente de deterioro de los recursos naturales y el incremento de clientes que prefieren productos sostenibles. Como parte de la investigación de mercado, se creó un cuestionario en Facebook, debido a que es la plataforma social con más usuarios, con el objetivo de sugerir un nuevo nombre para la marca que sea más simple y fácil de recordar, presentándolo como una opción de modernización conservación. Para ello, se ofrecieron dos opciones de nombres nuevos e, igualmente, se invitó a los usuarios a dejar otras propuestas en los comentarios, buscando así una mayor participación en este proceso. En cuanto al análisis financiero, se identificó que la tasa máxima ofrecida por un banco al inversionista por un depósito a tres años era de 6.8%, mientras que el costo

del proyecto se calculó en 7.8%, lo cual permitiría ofrecer un retorno superior al de una inversión bancaria. Tras el análisis de los estados financieros y los resultados obtenidos, se concluyó que el proyecto presentaba rentabilidad positiva, siendo viable y escalable. Asimismo, se destacó que la propuesta respondía a la necesidad urgente de contribuir al cuidado del medio ambiente.

Fernández et al. (2019), realizó la tesis titulada “Detergente ecológico en láminas”, cuyo propósito fue conocer las preferencias de los consumidores respecto a las principales marcas de detergentes, con el fin de posicionar un nuevo producto en la mente del consumidor, especialmente dentro del público con orientación ecológica y valores vinculados a la protección del medio ambiente. En dicho trabajo se presentó un Informe de Investigación que incluyó información cualitativa, como el plan de marketing, y se enfocó en el análisis de factores clave de tipo socioeconómico, demográfico y social. Estos elementos permitieron identificar los criterios utilizados por los consumidores durante el proceso de compra de sus detergentes preferidos. El producto propuesto, denominado Ecowash, fue concebido como equivalente a un detergente convencional de 2.5 kg. Según los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, esta presentación fue la más aceptada por los participantes, alcanzando una preferencia del 50%. Asimismo, se estableció un precio de venta de S/ 28.00, con el objetivo de mantener competitividad en el mercado y lograr la participación proyectada en el mediano plazo.

Elena et al. (2023), realizó la tesis titulada “Plan de negocios para la producción y comercialización de detergente ecológico en láminas a base de choloque peruano en lima metropolitana, 2022”, cuyo objetivo fue analizar la viabilidad de un plan de negocios para el detergente Greeny. Este producto se planteó en forma de lámina flexible, completamente soluble en agua y biodegradable, utilizando como insumo principal el choloque, un recurso natural que genera una solución jabonosa al contacto con el agua, permitiendo su uso como detergente ecológico. El proyecto consideró comercializar Greeny en dos presentaciones: paquetes de 24 y 64 unidades. La evaluación inicial concluyó que existía una oportunidad de negocio para su introducción en el mercado peruano de detergentes. En el trabajo se incluyó un Informe de Investigación con información cualitativa, donde se elaboró un plan de marketing que abarcó el desarrollo del diseño final del producto, la definición de una estrategia de

precio fijo, la selección de los canales de distribución y la planificación de las estrategias promocionales tanto para el lanzamiento como para el horizonte de evaluación. Desde el punto de vista financiero, se calculó que la inversión total del proyecto ascendería a S/. 492,249.73, financiada en un 25.21 % con deuda y en un 74.79 % con capital propio. Asimismo, se proyectaron los ingresos y egresos asociados al negocio. Finalmente, los resultados del análisis indicaron la viabilidad económica y financiera del proyecto, respaldada por indicadores de rentabilidad sólidos.

Díaz (2022), realizó la tesis titulada “Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales”, con el objetivo comparar la concentración de saponinas extraídas de *Sapindus saponaria* mediante extracción Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica, para ello, trabajó con una población de 6 kg de frutos, considerando como muestra las saponinas obtenidas por ambos procesos. En su investigación, también llevó a cabo un estudio de correlación de Pearson para investigar la conexión entre la cantidad de saponina y el precio de la solución utilizada para medir el índice afrosimétrico. Los resultados evidenciaron que el método hidroalcohólico fue más eficiente, logrando extraer 320 ml de saponina, en contraste con los 100 ml obtenidos mediante Soxhlet, usando la misma cantidad de materia prima. Así mismo, para evaluar la concentración de saponinas, aplicó el índice afrosimétrico y la correlación de Pearson, encontrando un nivel de espuma de 12.50 cm, lo que demostró un alto contenido de saponinas en la muestra. También identificó una correlación significativa de 2.17.

Gálvez (2020), realizó la tesis titulada “Elaboración de jabón neutro a partir de saponina extraída de la quinua para tratamiento de material textil” con el objetivo de determinar si es una alternativa idónea el uso de la saponina de la quinua como jabón en cuanto al lavado de la fibra textil durante los procesos de conservación y restauración según sea necesario. En la metodología definió parámetros específicos de tiempo y temperatura para los tratamientos de lavado. Al evaluar los resultados, observó que la quinua clasificada como A1 no ofreció buenos resultados en el primer lavado, ya que aún quedaba un 0.6 % de fibras muy sucias, con apenas un 0.8 % de fibras encontradas limpias. En cambio, la quinua A2 mostró un rendimiento significativamente mejor, alcanzando un 75 % de fibras limpias en la primera lavada. Asimismo, la quinua A3 presentó resultados satisfactorios, mientras que la quinua A4 evidenció una calidad

deficiente, dejando alrededor del 50 % de las fibras casi sucias y ninguna completamente limpia.

Canchari & Salazar (2020), realizó la tesis titulada “Procesos de elaboración de detergente ecológicos a base de productos naturales” con el objetivo de identificar los procesos existentes para la elaboración de detergentes ecológicos con base de productos naturales. En la metodología, diseñaron una investigación de carácter no experimental, específicamente un tipo documental, pues se basaron en la recolección de datos mediante una observación y revisión bibliográfica de diversas fuentes científicas. Además, el estudio fue de enfoque descriptivo y transaccional, con el objetivo de caracterizar los diferentes métodos de elaboración de estos detergentes dentro de un periodo definido. La población estudiada estuvo compuesta por investigaciones publicadas sobre el tema. Como resultado, identificaron que el detergente con mayor acidez fue Foca, con un pH de 7.91.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Sábila (aloe)

Sábila es una planta que cuenta aproximadamente 360 variedades distintas y forma parte de la familia de las asfodeláceas o de los liliáceas, presentando hojas perennes dispuestas en rosetas. Las primeras referencias del Aloe vera se hallan en los Papiros de Ebers, y hay numerosos registros históricos de culturas como la egipcia, griega, romana, algerianos, árabe, tunecinos, india y china, que documentan su uso en medicina y cosmética. Su denominación proviene del término griego “aloe” y en árabe es conocido como “alloeh”, que traduce a “la sustancia amarga brillante”; mientras que vera proviene del latín, significando “verdad”, y en sánscrito el Aloe vera tiene una connotación relacionada con una diosa. La primera sistematización de los Aloes en Barbados fue realizada por el botánico Miller, quien indicó que el Aloe barbadensis Miller es nativo de esa isla y llegó a conocerse mundialmente. Las primeras cultivaciones relevantes se registran desde 1870, pero el cultivo a gran escala sólo se implementó en 1920. Desde ese tiempo, se ha llevado a cabo una recolección artesanal para obtener el acíbar. Actualmente, su nombre generalmente es Aloe vera. (Domínguez-Fernández et al., 2012).



Figura 1. Sábila

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.1.1. Partes de sábila

La sábila está compuesta hojas, raíces y tallos de raíz, y en algunas épocas flores, las cuales son tubulares, colgantes, amarillas o rojas. Sus hojas son carnosas de color verde a verde grisáceo, presentan una forma lanceolada y dentada, con bordes espinosos. Teniendo una altura promedio de 50 a 70 cm entre los 4 a 5 años de madurez. Estructuralmente las hojas, al corte transversal, evidencian tres partes, una capa externa, corteza o exocarpio de color verde (piel), gruesa, conformada por clorénquima que representa aproximadamente el 20 a 30 % de la planta, presenta una función protectora, sintetiza carbohidratos y proteínas y una capa interna, el parénquima, conocido comúnmente como filete, pulpa o gel transparente, con matriz fibrosa que se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta, constituida en su mayor parte por agua (Chávez Cobo, 2015).

Los componentes estructurales de este parénquima pulpar central están conformados por las células situadas en las paredes con sus orgánelas y el líquido viscoso y transparente situado en el interior de las células del parénquima. Es una planta suculenta perenne, xerófila que desarrolla tejido de almacena agua en las hojas para subsistir en zonas secas con precipitaciones bajas o irregulares. Dentro de la corteza y la pulpa, que ocupan la parte interna de la hoja, se hallan los conductos de aloína que permiten el flujo de la savia, látex o acíbar de la planta. Es una sustancia amarilla, amarga, y contiene antraquinonas y glucósidos (Montiel, 2022).

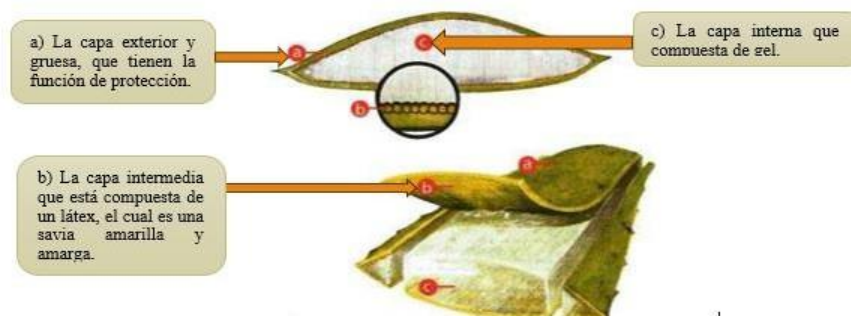


Figura 2. Partes de la sábila

FUENTE: Acosta (2015).

2.2.1.2. Composición química de la sábila

La sábila está constituida por aproximadamente un 98,5% de agua. El resto se compone de aminoácidos, lípidos, esteroides, minerales, vitaminas, enzimas, polisacáridos, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos. Incluye numerosos mucílagos, distinguidos por su composición de ácidos galacturónicos y glucorónicos y su vinculación con azúcares como la glucosa, galactosa y arabinosa. Otros polisacáridos también poseen un elevado contenido de ácidos urónicos, fructosa y diversos azúcares que pueden ser hidrolizados (Chávez Cobo, 2015).

Los polisacáridos presentan una variabilidad estructural pudiendo presentarse como monosacáridos unidos entre sí de diferentes maneras o a partir de uniones en cadenas laterales. Los polímeros de monosacáridos tienen muchas propiedades favorables tales como alta estabilidad, no toxicidad, hidrofiliidad, biodegradabilidad, propiedades de formación de gel y facilidad de modificación química. Los polisacáridos presentes en la planta de aloe vera permiten la acción inmunomoduladora a través de la activación de macrófagos celulares que liberan óxido nítrico y secreción de citocinas y la presencia de marcadores de superficie (Montiel, 2022).

A su vez, el mucílago también presenta compuestos fenólicos de gran poder antioxidante: las antraquinonas y las cromonas. Las cromonas son elementos bioactivos provenientes de fuentes naturales, empleados como antiinflamatorios y antibióticos. Las antraquinonas son sustancias aromáticas polihidroxiladas que forman un conjunto de sustancias polifenólicas que constituyen la base y el origen de tintes, y poseen un eficaz efecto laxante. Las dosis bajas favorecen la absorción en el intestino, son efectivos antimicrobianos, analgésicos, antioxidantes y disminuyen la producción

de melanina. El efecto de la aloína y la emodina es analgésico, antibacteriano y antiviral. El gel contiene polisacáridos como la manosa, galactosa, arabinosa, sustancias pécticas y ácidos glucurónicos, glucomanano y acemanano. El acemanano, es un compuesto que incrementa la capacidad inmunológica del cuerpo frente a parásitos, virus y bacterias que provocan enfermedades. El acemanano estimula la síntesis y la liberación de interleuquina (IL-1) y el factor de necrosis tumoral de los macrófagos, lo que inicia un ataque inmune que da como resultado la necrosis y la regresión de las células cancerosas (Montiel, 2022).

Por otra parte, se debe considerar el aloe vera contiene efecto antiséptico del luperol, ácidos salicílicos, urea, nitrógeno, ácido cinámico, fenoles y azufre que ejercen un efecto inhibitorio sobre hongos, bacterias y virus. El uso tópico del gel de sábila promueve la actividad de fibroblastos y el crecimiento de colágeno, promoviendo así la cicatrización y la angiogénesis (Acosta ,2015).

El parénquima de reserva estimula la proliferación celular contribuyendo a la curación y a la angiogénesis, así mismo tiene efectos anestésicos, antibacterianos, antihongos, antiviral y antiinflamatorios (Acosta ,2015).

Existen indicios que muestran que el gel de aloe vera contiene varios compuestos que, ya sea por sí solos o en combinación, tienen propiedades curativas. Por esta razón, es relevante llevar a cabo investigaciones que ayuden a entender mejor estos elementos y sus efectos, con el objetivo de desarrollar productos que incluyan el gel de sábila y que estén destinados a finalidades terapéuticas. Entre los otros componentes de la planta se encuentran: las vitaminas A, C, E, B1, B2, B12, ácido fólico y colina, minerales calcio (Ca),cromo (Cr), cobre (Cu), selenio (Se) magnesio (Mg), sodio (Na),potasio(K), fósforo(P), cinc (Zn), aluminio (Al), bario (Ba), estroncio (Sr) y hierro (Fe); Azúcares; ácidos grasos (esteroides), aminoácidos, hormonas: auxinas y giberlinas, metabolitos secundarios: lignina, saponinas, ácido salicílico y taninos; enzimas: amilasa, lipasa, bradiquinasa, catalasa, peroxidasa (Acosta ,2015). Los tejidos celulares que presenta la planta son esponjosos y blandos para almacenar el agua y evitar que se evapore. El mucílago que posee tiene la propiedad de absorber agua y retenerla, además nutre a la planta y facilita la fotosíntesis. Es importante aclarar que la composición química del aloe vera varía según las características del suelo, clima y edad de la planta al momento de la cosecha (Chávez Cobo, 2015).

Tabla 1. *Composición química de la sábila*

Componentes	Ejemplos/Sustancias presentes	Función principal
Agua	96% del gel.	Hidratación y transporte de nutrientes.
Carbohidratos	Glucosa, fructuosa, celulosa, glucomananos, acemanano.	Energía, propiedades humectantes y regeneradoras.
Vitaminas	A(β -carateno), C, E, B1, B2, B3 (niacina), B6, B9 (ácido fólico), B12.	Antioxidantes, regeneración celular enzimáticas.
Minerales	Calcio, magnesio, zinc, cromo, selenio, sodio, potasio, hierro, manganeso, cobre.	Equilibrio electrolítico, funciones enzimáticas.
Aminoácidos	7 esenciales (lisina, leucina, isoleucina, valina, treonina, metionina, fenilalanina).	Síntesis de proteínas, reparación de tejidos.

FUENTE: ACOSTA (2015).

2.2.1.3. Procesamiento de la sábila para la extracción

La operación consiste en la extracción manual de las hojas desde la base de la planta, las cuales posteriormente son transportadas hacia la planta de procesamiento bajo condiciones controladas de refrigeración. Durante la etapa de corte pueden generarse zonas de oscurecimiento en los tejidos lesionados, fenómeno asociado a procesos de oxidación enzimática. De forma habitual, la fracción interna de gel es separada de las capas externas mediante un método mecánico denominado fileteado; posteriormente, el material resultante es sometido a un proceso de molienda para su acondicionamiento. Los filetes de gel se ponen en un triturador de alta velocidad a temperatura ambiente (25 °C) para su homogenización. A medida que se prolonga el tiempo de molienda, se incrementa el nivel de oscurecimiento presente en el jugo de gel de Aloe vera, consecuencia directa de las reacciones de pardeamiento de naturaleza enzimática. Por tal motivo, durante las operaciones de trituración o molienda se

recomienda limitar el tiempo de procesamiento a un intervalo aproximado de 10 a 20 minutos, con el fin de minimizar dichos efectos indeseados y preservar la calidad del producto (Domínguez-Fernández et al., 2012).

El gel obtenido es de alto rendimiento y es adecuado para su utilización en los sectores alimentario, farmacéutico y cosmético. Posteriormente, el gel es sometido a un proceso de estabilización mediante la incorporación de enzimas pectolíticas, con el propósito de preservar los compuestos de interés biológico, principalmente los polisacáridos, considerados como los constituyentes más abundantes de la sábila (Domínguez-Fernández et al., 2012).

2.2.2. Saqta

La especie, *Colignonia parviflora* subsp. *biumbellata* es un arbusto que crece en la región andina del Perú, puede ser encontrada en el Cusco (Chincho), Lima (Yauyos), La libertad y Moquegua (Cuenca río Ilo-Moquegua), la especie es popularmente conocida con los nombres de “saqta”, “sacha paraqai” y tradicionalmente los pobladores de la región de Chincheros de la provincia de Anta del departamento del Cusco, utilizan las ralladuras de la raíz en agua ya que forma bastante espuma que actúa como detergente y son usadas para el lavado de la lana de ovejas o alpaca para ser teñidas posteriormente (Chipayo et al., 2020).



Figura 3. Saqta

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.2.1. La botánica de la Saqta

Tabla 2. *Taxonomía de la saqta*

NOMBRES COMUNES: Saqta, salka tuca

NOMBRE CIENTÍFICO: *Colignonia parviflora* subsp.

CLASE: Equisetopsida C. Agardh

SUB CLASE: Magnoliidae Novák ex Takht.

SUBORDEN: Caryophyllanae Takht.

ORDEN: Caryophyllales Juss.

FAMILIA: Nyctaginaceae Juss.

GÉNERO: *Colignonia* Endl.

ESPECIE: *Colignonia parviflora*

FUENTE: NICHÓ CHAVEZ (2019).

2.2.2.2. La caracterización de la anatomía vegetal de la saqta

La base de “Saqta” tiene un engrosamiento, siendo del tipo tuberoso y presenta un diámetro comparativamente uniforme a lo largo de su longitud, que es de entre 20 a 25 cm. Su exterior muestra una superficie marrón, que se desprende con facilidad en forma de membranas muy delgadas, mientras que en su interior se puede notar un tejido de tonalidad crema. En relación a la morfología interna, al observar cortes transversales de la raíz, se pueden distinguir desde la parte exterior hacia el interior las diferentes áreas: el peridermo, que forma el tejido protector de la raíz (Nicho Chavez, 2019).

Este tejido se compone por tres capas esenciales: Corcho o súber. Las células del corcho, al alcanzar su madurez, sufren un proceso de muerte celular programada y se desprenden en láminas delgadas. No obstante, el felógeno mantiene una actividad continua de división celular, generando nuevas capas de súber que sustituyen a las previamente desprendidas. Corteza: constituida por entre 2 y 5 estratos de células parenquimatosas (células vivas), dichas células son de forma poliédrica, con un tamaño muy variable, poseen protoplasto denso (García Leiva et al., 2020).

El cambium fascicular es responsable de la formación de los elementos de xilema y floema. De manera adicional, estos haces se encuentran compartimentados lateralmente por bandas longitudinales de parénquima radial, derivadas del cambium interfascicular. Dicho parénquima presenta en su interior gránulos de almidón de morfología esférica, los cuales pueden evidenciarse mediante análisis químico utilizando el reactivo de Lugol (Garcia Leiva et al., 2020).

Asimismo, entre cada anillo de haces se encuentran varias capas de parénquima fundamental, el cual también tiene la función de almacenar granos de almidón (Nicho Chavez, 2019).

2.2.2.3. Beneficios y propiedades de la saqta

La raíz de Saqta se recolecta de forma natural en la región andina y, en la actualidad, es utilizada por las comunidades del Cusco como agente limpiador en el lavado de fibras y tejidos de oveja y alpaca durante los procesos de teñido. Para su aplicación, la raíz es rallada y agitada en agua, generando una espuma inodora con propiedades similares a las de un detergente (Nicho Chavez, 2019).

De igual manera, los pobladores emplean esta espuma como champú natural. El análisis de la composición de la saqta está en proceso. Ofrece las siguientes ventajas: no perjudica la piel, no genera reacciones alérgicas y al combinarse con agua no produce contaminación. Posee un elevado nivel de saponina que se encuentra en el saqta, lo que origina espuma; esto permite que se adentre en la piel para remover la suciedad (Garcia Leiva et al., 2020).

Tabla 3. *Análisis físico químico de la saqta*

Determinaciones	Unidad	ML
Humedad	%	33.0
Saponina	%	7.80
Proteína	%	5.10
Carbohidratos	%	41.2
Grasa	%	1.00
Ceniza	%	2.80
Fibra	%	9.10
pH		6.00
Acidez total CO ₂	meq/100g	11.6

FUENTE: GARCÍA (2020).

2.2.3. Saponaria

La planta *sapindus saponaria* L., que es nativa de América tropical, se encuentra en áreas que van desde el sur de Estados Unidos hasta Centroamérica, además de Venezuela, Ecuador, Perú, Colombia y Brasil. Pertenece al género *sapindus* L. Forma parte de la familia *sapindaceae* y está compuesto por alrededor de 12 especies de árboles o arbustos que se distribuyen en los trópicos y subtrópicos a nivel mundial. Las famosas características de limpieza de las especies de este género se deben a la presencia de saponinas (Mena et al., 2015).



Figura 4. Saponaria

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.3.1. Composición química de saponaria

Las saponinas son glicósidos solubles en agua que poseen propiedades tensoactivas y hemolíticas, las cuales se deben a su estructura anfifílica. Estos metabolitos pueden tener una amplia gama de actividades biológicas, entre las que destacan sus efectos piscidas, insecticidas, antiparasitarios, antiinflamatorios, leishmanicidas, antiagregantes plaquetarios, broncolíticos e hipocolesterolémicos, dichas propiedades confirman su relevancia como metabolitos secundarios de interés farmacológico y biotecnológico (Knight, 2007).

Resulta necesario para realizar evaluaciones de actividad biológica de esta planta, determinar a priori las concentraciones a las que se encuentran sus metabolitos, a fin de establecer las partes de la planta a emplear para la obtención de los extractos, así como la posible composición de los mismos (Mena et al., 2015).

2.2.3.2. Procesamiento de la saponaria para la extracción

Para la obtención de los extractos se aplicó un proceso de extracción con solventes, específicamente mediante técnicas de extracción sólido-líquido, tales como infusión y decocción. Se empleó material vegetal fresco, correspondiente a 29,93 g de fruto con semilla y 34,39 g de corteza de tallo, con el objetivo de preparar extractos acuosos bajo una relación de 1:1 masa/volumen (m/v), se llevó a cabo la infusión con el fruto y la corteza del tallo, mientras que se realizó una decocción con las semillas (Flechas et al., 2008).

Posteriormente, los extractos se filtraron con papel de filtro y se liofilizaron en bulbos de cristal 10 R, los cuales, una vez etiquetados, se almacenaron a temperaturas de 4 a 8 °C hasta su uso (Knight, 2007).

2.2.4. Soda caustica

El hidróxido de sodio, denominado también como soda cáustica es un sólido blanco que es soluble en agua. La soda cáustica deriva de un proceso químico en el que se utiliza la electrólisis. La electrólisis consiste en un proceso de oxidación y reducción que sucede en una célula electrolítica. Primero que todo, el proceso empieza con el transporte, mediante tuberías, de sal (NaCl) hacia tanques con agua donde se produce la denominada "salmuera" que corresponde a dicha solución. En estos tanques es donde sucede el proceso de electrólisis a partir de energía eléctrica. En dicha célula, o celda, se tiene un contenedor en el cual los electrodos (positivo y negativo) están inmersos en él. El electrodo que recibe electrones de la fuente de energía corresponde al electrodo negativo o cátodo (Gamero & Rondinelli, 2018).

Al encontrarse la sal disuelta, sus iones se disocian según su carga eléctrica: los cationes son atraídos hacia el cátodo (electrodo negativo), mientras que los aniones migran hacia el ánodo (electrodo positivo). Los cationes de sodio se pegan al ánodo y los aniones de cloro se pegan al cátodo. De este modo, el cloro pierde electrones y se oxida a cloro gaseoso. Los cationes del sodio ganan electrones y se reducen a estado metálico. Este sodio metálico reacciona con el agua y el agua se reduce a hidrógeno gaseoso e iones hidroxilo y el sodio vuelve a oxidarse a su forma catiónica. El resultado de esto es la soda cáustica (Veliz, 2015).

Durante el proceso de electrólisis se producen burbujas de hidrógeno y cloro que salen de los electrodos. Así pues, es necesario esperar a que las burbujas se paren de producir para continuar con el proceso. Cabe resaltar que el voltaje y amperaje tiene una relación positiva con el tiempo en el que termina de emitir burbujas. Podría ser recomendable conectarlo a una placa solar para ahorrar dinero en energía (Pinilla, 2020).

Cabe resaltar que es necesario utilizar un tipo de celda específico si se desea una calidad o pureza específica. Además, se debe tener en cuenta las proporciones de materia prima utilizada. Por ejemplo, para una concentración de soda del 28.7%, es necesario utilizar una relación 2:1 donde se tiene dos veces el peso de agua que de sal. Los tipos de celdas son la de diafragma, la de membrana y mercurio (Rodríguez & Rodríguez, 1999).

2.2.4.1. Proceso de la soda cáustica industrial

El proceso industrial de soda cáustica bien puede ser por medio de celdas electrolíticas y proceso químico. La más común en el mercado, es la soda cáustica en su forma líquida con una apariencia transparente e inodora. Cabe mencionar que en estado sólido y a temperatura ambiente la soda cáustica es blanca e inodora. Siguiendo con la idea de que el hidróxido de sodio puede ser producido mediante celdas electrolítica, este proceso es el más utilizado a nivel industrial (Pinilla, 2020).

El método de diafragma comprende tres etapas: purificación de la salmuera, reacción electrolítica y tratamiento del producto hasta alcanzar la concentración deseada. Ahora bien, el método de células de cátodo de mercurio, basado en tecnología europea, resulta ser parecida al método de células de diafragma, sin embargo, se diferencian en que la sal entra en estado sólido a la célula (Rodríguez & Rodríguez, 1999).

Este proceso demanda un mayor consumo energético, pero permite obtener un compuesto de elevada pureza sin requerir etapas adicionales de refinamiento, el proceso por membranas, considerado el más innovador y eficiente en términos de energía, produce soluciones con una concentración aproximada del 35%. Por su parte, el proceso de reacción química se basa en la interacción entre carbonato de sodio (Na_2CO_3) y hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), generando hidróxido de sodio (NaOH) y carbonato de calcio (CaCO_3) como productos. La soda cáustica, al ser fuertemente alcalina, puede neutralizar ácidos y aumentar el pH; en contacto con metales como aluminio, magnesio, zinc, estaño o bronce, libera hidrógeno gaseoso (Pinilla, 2020).

El proceso industrial de la soda cáustica es bastante similar al descrito en la sección de “Proceso”, sino que de manera industrializada. A continuación, se realizará un ejemplo de un proceso industrial de soda cáustica. A partir de la salmuera, se obtiene a través de un proceso electrolítico el cloro gaseoso, el hidrógeno gaseoso y el hidróxido de sodio (soda cáustica). Primero que todo, para la obtención de materia prima se necesita la evaporación de las salinas por causa del sol. Para ello, se concentra el agua salada de mar en estanques evaporadores. Este concentrado posteriormente se lleva a otro evaporador donde se precipita el sulfato de calcio. En otros estanques se cristaliza la sal después de 10 meses de evaporación (Veliz, 2015).

La composición de dichas salinas es de 100,000 toneladas métricas por año con una composición química de NaCl de 98.67% y con impurezas de CaSO₄ del 0.59%, MgSO₄ del 0.28%, MgCl₂ del 0.46% y una humedad del 5%. Ahora bien, para la preparación de la salmuera el agua desmineralizada a 70 grados Celsius se mezcla con sal y una recirculación de salmuera para producir una salmuera con una concentración de 315- 320 g/L. Después, la salmuera pasa por un tratamiento químico, en donde en un tanque con 50 metros cúbicos de capacidad se agrega carbonato de sodio y se agita por 25 minutos para precipitar los iones calcio. En otro tanque se agrega hidróxido de sodio para precipitar ion magnesio (Pinilla, 2020).

Después de esto, pasa a un clarificador de 2200 metros cúbicos de capacidad en el que se le agrega un floculante magnafloc. Este es un producto químico, polielectrolito aniónico o catiónico de alto peso molecular, para la separación sólido-líquido. Este es utilizado para retirar los iones calcio o magnesio que pudieron haber quedado. Seguidamente, la salmuera pasa por filtros de arena y grava para retirar iones, quedando así lista la salmuera para poder realizar el proceso de electrólisis. Ahora bien, la electrólisis sucede dentro de una celda electrolítica donde se puede aplicar la tecnología de celdas de mercurio en la que el titanio actúa como ánodo y el mercurio líquido como cátodo. Así pues, la salmuera ingresa a la celda aproximadamente a 50 grados Celsius (Veliz, 2015).

A seguir, se producen varias reacciones: En el ánodo el ion cloro pierde un electrón y forma el cloro gaseoso y el sodio forma la malgama con el mercurio, lo anterior fluye por la inclinación de 15 grados de la celda. La celda tiene un área anódica de 11.2 metros cuadrados con una densidad de corriente de 10.43 kilo amperios por metro cúbico, además de trabajar con un voltaje continuo de 4.29 voltios (Gamero & Rondinelli, 2018).

Esto es muy importante puesto que por lo general es el 60% del consumo de energía de una planta el que es generado por la celda electrolítica. Ahora bien, para la producción de soda cáustica. La malgama que entra por el tope reacciona electrolíticamente con el agua desmineralizada que entra por el fondo. Dentro del reactor la malgama de mercurio se descompone en iones sodio, mercurio y un hidrógeno (Pinilla, 2020).

2.2.4.2. Las propiedades físicas de la soda cáustica

La soda cáustica es un compuesto que es altamente corrosivo para metales y tejidos y absorbe la humedad y dióxido de carbono del ambiente. Entre estos metales con los cuales hace reacción en caso de entrar en contacto se tiene el Aluminio (Al), Zinc (Zn) y Estaño (Sn). Además, cabe resaltar que este puede realizar reacciones explosivas con el nitrato de plata amoniacal caliente, azida de cianógeno, nitrobenzeno, tetrahidrobórato de sodio, entre otros. Como riesgos, se tiene que dicho compuesto puede causar quemaduras, así como cáncer en el esófago en caso tal de ser ingerido, daños al tracto respiratorio, entre otros. Como se puede observar en la en términos de propiedades físicas y químicas de la soda cáustica se tiene que su densidad es de 2.13g/mL y su punto de ebullición corresponde a 1390 grados Celsius (Pinilla, 2020).

2.2.4.3. Usos de la soda cáustica

La soda cáustica tiene numerosos usos. Es importante destacar que la soda se presenta en diversas formas, como cristalina, en escamas, líquida o sólida. Entre sus aplicaciones se encuentra la fabricación de alúmina a partir de la bauxita. También se usa para regular el pH en la neutralización de ácidos residuales (Gamero & Rondinelli, 2018).

Debido a su efectividad en los procesos de extracción. Otro de sus usos es como ingrediente en la elaboración de diversos productos de limpieza. La soda cáustica tiene numerosos usos. Es importante destacar que la soda se presenta en diversas formas, como cristalina, en escamas, líquida o sólida. Entre sus aplicaciones se encuentra la fabricación de alúmina a partir de la bauxita. Otro de sus usos es como ingrediente en la elaboración de diversos productos de limpieza. Es usada en el proceso textil de algodón. También, este compuesto es utilizado en la industria de petróleo y del gas natural en la elaboración de productos como en la inyección alcalina en los campos

petrolíferos y los lodos de inyección. Esta inyección alcalina sirve para aumentar la extracción de petróleo (Gamero & Rondinelli, 2018).

2.2.5. Glicerina

La glicerina es uno de los compuestos químicos de uso más antiguo; en su forma refinada se caracteriza por ser no tóxica, biodegradable, incolora, inodora, de sabor dulce, alta viscosidad y notable higroscopicidad, con punto de ebullición cercano a los 290°C. A excepción de pequeñas cantidades producidas en forma sintética (por la vía de la epíclorhidrina) o durante la fermentación de azúcares o almidones, la glicerina se obtiene por: Los triglicéridos son saponificados para generar jabones, hidrólisis para obtener ácidos grasos y procesos de transesterificación para generar alcoholes ácidos, biodiesel, sustitutos de grasas y otros ésteres (Beltran, 2014).

2.2.5.1. Uso de la glicerina

Hay más de 2000 aplicaciones de la glicerina, que forman parte de un sistema en constante cambio donde algunos productos son reemplazados por otros debido a la evolución tecnológica. Sus usos pueden clasificarse por sectores según de la siguiente manera: Cosméticos: sus propiedades de los productos no tóxicos y no registrados, lo que les permite utilizar como humectante y suavizado en pasta, crema y preparación, desodorante, fabricación, lápiz labial. Comidas y bebidas: se usa en este campo de alimentos para hidratar y comer alimentos y propiedades conservadoras de la comida. Papel e impresión: se utiliza como vista de sus propiedades para reducir la contracción de la membrana durante el proceso de producción (Rosa et al., 2016).

También se usa como lubricante en la industria alimentaria y en la producción de plásticos, donde actúa como agente plastificante al incrementar su flexibilidad. Su utilización, sin embargo, ha disminuido significativamente en los últimos años, pasando de representar cerca del 17 % a menos del 6 %, constituye una materia prima fundamental en la síntesis de explosivos a base de trinitroglicerina (Baldassa et al., 2022).

2.2.6. Agua

Desde tiempos antiguos, el agua ha sido un recurso esencial para la organización social, política y económica, al constituir un elemento indispensable para la vida y el desarrollo humano. Su uso abarca tanto actividades cotidianas (consumo, higiene, preparación de alimentos) como procesos productivos en sectores como la alimentación, la industria textil y la fabricación de papel (Rodríguez, 2001). En este contexto, la huella hídrica de un país se define como el volumen total de agua requerido para producir los bienes y servicios consumidos por su población. El concepto de huella hídrica fue introducido con el fin de proporcionar información sobre el uso de agua por los diferentes sectores (Pouleurs, 1996).

2.2.6.1. Calidad del agua

El estudio de la calidad del agua se fundamenta en la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, considerando su origen subterráneo, superficial o pluvial, para ser apta para el consumo humano, debe cumplir con los criterios de potabilidad establecidos en las normas de calidad (Torres, 2015). Sin embargo, la creciente urbanización e industrialización han incrementado la descarga de aguas residuales sin tratamiento en ríos, lagos y lagunas, provocando una contaminación que limita su disponibilidad, de esta forma, la problemática actual no solo radica en la cantidad de agua accesible, sino también en su condición sanitaria, convirtiéndose la contaminación en un riesgo progresivo para la población. Este es el momento presente que necesita una atención inmediata para prevenir "la crisis del agua" (Torres, 2015).

2.2.6.2. Contaminantes de las aguas

El crecimiento industrial ha impactado de manera crítica los recursos hídricos, debido a la descarga de efluentes industriales, aguas residuales, residuos mineros, fármacos, desechos sólidos, así como fertilizantes y plaguicidas, estos contaminantes, que incluyen agentes patógenos, compuestos orgánicos e inorgánicos, iones metálicos y sustancias químicas persistentes, generan efectos adversos tanto en los ecosistemas como en la salud de los organismos vivos. Es el caso del Río Agua Prieta, en Sonora, México, cuyas aguas reciben desechos industriales con cantidades elevadas de sales minerales y elementos como el As, Cd y Ni, por lo que el riego agrícola con estas aguas puede representar un riesgo para los cultivos (Velázquez-Chávez et al., 2022).

2.2.7. Detergente

Los detergentes pueden describirse como un compuesto que simplifica la separación de sustancias ajenas de superficies sólidas al utilizarse con un disolvente (generalmente agua) durante un proceso de lavado (Cogollo et al., 2008).

La acción de los detergentes resulta de la unión de varios fenómenos genera uno de los procesos fisicoquímicos más intrincados debido a la variedad de variables que participan. Las manchas tienden a tener una textura parecida a un líquido espeso, por lo que se puede entender el proceso teniendo en cuenta su interfase líquido-sólido- líquido. Su composición se basa en uno o varios tensioactivos como agentes principales, complementados con coadyuvantes, aditivos y cargas que mejoran su funcionalidad y presentación. El resultado final es un producto que además de producir una limpieza eficiente, ejerce un efecto de protección sobre las superficies a las cuales se aplica y proporciona al objeto lavado una serie de características deseadas en cuanto al color, olor, tacto (Guevara, 2013).

2.2.7.1. Función del detergente

Los limpiacristales cumplen roles: Eliminar la suciedad de las superficies y facilitar su dispersión en el agua. Su acción se basa en modificar las propiedades de la interfase entre contaminante y líquido, gracias a las moléculas tensioactivas que se adsorben en dichas superficies y reducen la energía de interacción, permitiendo la separación efectiva de las impurezas. En el interior del líquido, estas fuerzas ejercen su acción uniformemente en todas las partes de una molécula; no obstante, en la superficie solo se ejercen en la parte donde otras moléculas pueden aplicar sus fuerzas, por lo que están orientadas hacia el interior del líquido (Gutierrez et al., 2024).

Las fuerzas de quimisorción son otras que interactúan entre la suciedad y el sustrato, ayudando a estabilizar la retención de la suciedad en el sustrato, tal como sucede con las fibras celulósicas, cuyos grupos hidroxilo pueden formar con facilidad conexiones de hidrógeno con proteínas y ácidos grasos. Se mencionaron previamente las interacciones entre el sustrato y la suciedad, también hay interacciones entre la cadena hidrocarbonizada del tensoactivo y el agua, que sufren fuerzas de Vander Waals, un poco más altas que la atracción entre las propias cadenas (enlaces covalentes), pero ambas atracciones son considerablemente inferiores a la atracción entre agua y agua (puentes de hidrógeno) (Bonilla, 2017).

2.2.7.2. Composición del detergente

La fórmula de los detergentes incluye una amplia gama de compuestos clasificados en tres categorías relevantes: Tensoactivos, Coadyuvantes y otros como: agentes de blanqueamiento, abrillantadores, entre otros (Guevara, 2013).

a) Tensoactivos

Los agentes tensoactivos son sustancias químicas que, al disolverse en agua u otro disolvente, se dirigen a la interfaz entre un líquido y una fase sólida, ya sea líquida o gaseosa, alterando las características de dicha interfaz (Cogollo et al., 2008).

El término surfactante o tensoactivos es una contracción del término “agente de actividad superficial”, con el que se designa aquellas sustancias de modificar las propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, etc.) de una superficie o de una interfase, reduciendo la tensión superficial (Cogollo et al., 2008).

Los tensoactivos tienen dos zonas claramente distintas en su estructura química, lo que les confiere la dualidad característica de todas las sustancias anfífilas. Las moléculas tensioactivas presentan una naturaleza anfífilica, es decir, poseen simultáneamente una región apolar e hidrófoba y una región polar o hidrófila. La parte apolar, asociada a cadenas de hidrocarburos lineales o ramificadas (como los grupos alquilo o alquilbenceno), presenta afinidad por disolventes no polares, grasas y aceites, lo que le confiere la capacidad de interactuar con la suciedad de origen lipídico. Por otro lado, la fracción hidrófila está compuesta por grupos funcionales que contienen oxígeno, azufre, fósforo o nitrógeno, los cuales permiten la interacción con el agua y otros solventes polares. Estos átomos se encuentran en grupos funcionales como alcoholes, tioles, éteres, ésteres, ácidos, sulfonatos, sulfatos, fosfatos, aminas, amidas, entre otros (Cogollo et al., 2008).

b) Coadyuvantes

Estos componentes son elementos que se incluyen en la elaboración de un detergente con el fin de potenciar o salvaguardar la efectividad detergente del tensoactivo. Se incluyen entre los más comunes las polifosfatos, silicatos, carbonatos, citratos (Guevara, 2013).

El tripolifosfato sódico (TPP), cuya fórmula es $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, es el más frecuentemente utilizado a su vez los detergentes en sólido para lavar ropa como en los detergentes para lavavajillas automáticas (Guevara, 2013).

Las siguientes son las tareas esenciales que estos compuestos cumplen en relación con el proceso de lavado: El ablandamiento del agua se logra mediante la eliminación de iones cálcicos y magnésicos, y en menor proporción de iones de hierro y manganeso, generando así un medio con mayor capacidad de disolución iónica, de esta forma, se evita que los cationes metálicos interfieran en la acción de los tensoactivos, los cuales cumplen la función de emulsionar las grasas y dispersar las partículas sólidas de suciedad, impidiendo su redeposición sobre la superficie tratada. Además, presentan una reacción de hidrólisis con el agua de lavado, lo que favorece la preservación de una alcalinidad apropiada en el baño de lavado para una efectiva eliminación de la suciedad y, simultáneamente, realizar una interacción sinérgica (Guevara, 2013).

c) Aditivos

Un aditivo se define como un componente complementario incorporado en la formulación de un detergente, cuya función principal es aportar características adicionales distintas a la acción limpiadora o detergente, dentro de esta categoría destacan los blanqueadores ópticos o fluorescentes, compuestos orgánicos de elevada complejidad estructural capaces de absorber radiación ultravioleta no visible y reemitir parte de dicha energía en forma de radiación azulada. Este fenómeno incrementa la luminosidad reflejada por los tejidos, otorgándoles un aspecto visualmente más brillante y un mayor nivel de blancura. Asimismo, se incluyen como aditivos los inhibidores de corrosión, tales como el silicato sódico, el cual, incluso en bajas concentraciones, genera una capa protectora sobre las superficies metálicas, reduciendo los efectos de la oxidación. Otro grupo relevante son los agentes anti-redeposición, fundamentales en los detergentes para el lavado de prendas textiles, cuya función es evitar que las partículas de suciedad, una vez desprendidas de las fibras durante el proceso de lavado, vuelvan a fijarse en ellas. La carboximetilcelulosa es el compuesto más empleado para este propósito. Finalmente, también se consideran aditivos los perfumes, tintes, suavizantes y productos para la regulación de la espuma ((Altmajer et al., 2004).

2.2.8. Clasificación tensoactivos

Desde una perspectiva comercial, los tensoactivos suelen ser categorizados en base a su uso. Sin embargo, esta clasificación no es apropiada y podría generar malentendidos dado que muchos de estos tienen múltiples usos. La clasificación científicamente más reconocida se fundamenta en su habilidad para disociarse en agua, dado que este es el principal medio de uso de los tensoactivos. Se categorizan en función de la característica de su grupo hidrófilo o polar (Cogollo et al., 2008).

2.2.8.1. Tensoactivos aniónicos

Se conocen bajo esta denominación los tensoactivos que en solución acuosa se disocian, originando iones orgánicos grasos con carga negativa, a los que se debe la tensoactividad, e iones positivos sencillos, que confieren solubilidad del compuesto (Cogollo et al., 2008).

Son aquellos que poseen uno o varios grupos funcionales que se ionizan al disolverse en agua, creando iones orgánicos de carga negativa y responsables de la actividad superficial (Cogollo et al., 2008).

Los tensoactivos aniónicos son los más utilizados en la formulación de detergentes en polvo y en diversos productos líquidos para el lavado de ropa. Su producción representa alrededor del 55 % del total de tensoactivos fabricados a nivel industrial a nivel global. Las principales razones para su predominio en el futuro son las siguientes: excelente capacidad limpiadora en usos domésticos y en aplicaciones industriales, tiene su compatibilidad con los nuevos procesos de fabricación, flexibilidad en las formulaciones, bajo costo de fabricación, rápida y elevada biodegradabilidad y baja toxicidad acuática (Altmajer et al., 2004).

2.2.8.2. Tensoactivos catiónicos

Los tensoactivos catiónicos presentan baja eficacia en procesos de limpieza, ya que la mayoría de las superficies poseen carga negativa, lo que favorece la adsorción de los cationes en lugar de la remoción de impurezas adheridas. Sin embargo, esta misma propiedad les confiere aplicaciones específicas, especialmente en el ámbito biocida. Tanto las aminas como los compuestos cuaternarios de amonio actúan inhibiendo el desarrollo de microorganismos como bacterias y algas, al actuar sobre la interfase entre

la membrana celular y el medio circundante (ya sea acuoso o aéreo), los compuestos forman una película de dimensiones moleculares que bloquea los procesos respiratorios del organismo, provocando finalmente su colapso. Por lo tanto, los cationes actúan como bactericidas y antisépticos, y se emplean, por ejemplo, en pastillas para la garganta (Altmajer et al., 2004).

Los tensoactivos catiónicos se disocian originando un grupo anfifílico con carga positiva y un contraión, que comúnmente corresponde a un halogenuro. Su costo de producción resulta superior al de los tensoactivos aniónicos y no iónicos, debido a la complejidad y número de reacciones químicas necesarias para su síntesis. Por lo tanto, solo se emplean en usos específicos: como antimicrobianos naturales o sintéticos para uso externo, o como agentes de adsorción sobre sustratos biológicos inertes con carga negativa (Altmajer et al., 2004).

2.2.8.3. Tensoactivos no iónicos.

En los tensoactivos no iónicos, el segmento de la molécula que necesita agua no es ión, sino una cadena de polioxietileno $(-OCH_2CH_2)_n OCH_2OH$, la solubilidad en agua de determinados tensoactivos no iónicos se debe a la capacidad del oxígeno y del grupo hidroxilo para establecer enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua. Estos compuestos no se ionizan en disolución, dado que su fracción hidrófila no es disociable, por lo cual permanecen estables frente a variaciones de pH. Una gran proporción contiene cadenas de polietilenglicol o polisacáridos, lo que incrementa su afinidad por el medio acuoso. Representan alrededor del 40% de la producción global de tensoactivos y se caracterizan por su baja toxicidad. Se utilizan en formulaciones específicas (Guevara, 2013). Los tensoactivos no iónicos son magníficos agentes de humectación, compatibles con tanto aniones como catiónicos y no se ven afectados por los iones de calcio-magnesio presentes en el agua dura (Guevara, 2013).

2.2.8.4. Tensoactivos anfotéricos.

Los tensoactivos anfotéricos constituyen una clase especializada caracterizada por presentar simultáneamente cargas positivas y negativas en una misma molécula. Estos compuestos contienen centros catiónicos y aniónicos que pueden comportarse de manera distinta según el pH del medio, actuando como agentes aniónicos o catiónicos en función de las condiciones de la disolución. Las estructuras frecuentemente encontradas son las betaínas $R- N^+(CH_3)_2 - CH_2 - COO^-$, que son catiónicas en

solución ácida y zwitteriónicas en solución básica, y los aminoácidos $R-N^+(CH_3)_2-CH_2-COO^-$, que son catiónicos en solución ácida y aniónicos en solución básica (Guevara, 2013).

2.2.9. Detergente líquido

Para la mayoría de los detergentes líquidos, la fabricación implica un proceso de mezcla unificado básico, que puede evolucionar en función de la complejidad de la mezcla y la reología del detergente. Iniciando con la regulación de variables, tales como la temperatura, el pH, la dureza del agua y la agitación misma, pueden ser factores cruciales en el producto final, dado que de todas estas variables puede depender la solubilidad del surfactante y otros elementos en la mezcla. Además, en algunas situaciones, el proceso de producción puede iniciarse con la adaptación de los componentes e incluso con la propia creación, como en el caso de la sulfonación del surfactante. Por otro lado, en función de la reología, el detergente puede ser un líquido newtoniano o mostrar una reducción de su viscosidad dependiendo del esfuerzo de corte aplicado, conocido como fluido seudoplástico que presenta una conducta de tipo gel. Con esta segunda propiedad, tanto el mezclado como las operaciones unitarias subsiguientes necesitan de equipos especiales (Gonzalez & Quijano, 2009).

2.2.9.1. Formulación del detergente líquido

Por lo general, un limpiador líquido podría incorporar todos los componentes de un limpiador en polvo tradicional para conseguir un rendimiento similar. Sin embargo, en la creación de detergentes líquidos, la solubilidad de sus elementos cobra mayor relevancia, junto con la estabilidad de estos. Además, el uso del detergente es crucial para determinar la fórmula o mezcla de componentes, dado que entre la diversidad de detergentes disponibles en el mercado actual se incluyen detergentes para cargas pesadas o livianas, ropa normal o delicada, e incluso detergentes suavizadores de prendas. Con cada uno de estos atributos, la formulación demanda los componentes y la naturaleza específica de los mismos, además de las condiciones de la mezcla. Por lo tanto, se necesitan componentes funcionales para el detergente, y elementos que aporten a la estética del producto (Goñi Urcelay & Alonso, 2021).

En general, los detergentes líquidos contienen los siguientes ingredientes:

- Surf actantes/ Tensoactivo
- Hidrótopos
- Agentes constituyentes
- Estabilizadores de pH
- Enzimas
- Agentes Blanqueadores (FWAa)
- Reguladores de espuma
- Otros ingredientes como: Colorantes, perfumes, etc.
- Agua

Los surfactantes son hidrocarburos que, en su papel principal y activo, ayudan a reducir la tensión superficial del agua con el fin de eliminar manchas o ensuciar la superficie a lavar. Las longitudes de la cadena de los surfactantes suelen oscilar entre diez y dieciocho carbonos, lo que influye directamente en el rendimiento de un detergente en términos de detergencia y mojabilidad de las superficies. También es posible que las cadenas de los surfactantes sean lineales o ramificadas y las cadenas ramificadas no muestren una buena biodegradabilidad (Mosquera, 2017).

Hoy en día, existen una amplia gama de surfactantes, aunque su elección y combinación se centra en su rendimiento, toxicidad, características ecológicas, sensibilidad a la dureza del agua, solubilidad, estabilidad y costo, entre otros aspectos (Gonzalez & Quijano, 2009).

Un detergente puede contener hasta el 50% de surfactante, en función de la consistencia y utilidad del mismo. No obstante, en los detergentes líquidos que incluyen componentes o "builders", la proporción de surfactante se reduce, llegando a constituir entre el 15 y el 30% de la composición definitiva. Gran cantidad de estos se acompañan con la correspondiente sal, preferentemente de Sodio. Los surfactantes, en combinación con el jabón, tienen la capacidad de formar hasta un 60% de la composición como elemento activo (Mosquera, 2017).

2.2.10. Clasificación de detergentes

a) Alcalinos

Son elementos que se encuentran en la escala de pH con valores que oscilan entre 8 y 14. Algunos detergentes interactúan con la grasa con el fin de saponificarla. Principalmente interactúan con grasas y proteínas tejidos (Chasi, 2023).

b) Ácidos

Los detergentes con pH ácido poseen un valor inferior al 7, los depósitos minerales, principalmente formados por residuos de calcio y magnesio, son eliminados de las superficies de los equipos y dispositivos (Chasi, 2023). Son capaces de eliminar residuos de alimentos y acumulaciones de aguas duras de equipos y utensilios de tejidos (Chasi, 2023).

c) Neutros

Los detergentes neutros, también denominados de uso general, se aplican principalmente en la limpieza de superficies lisas con bajo nivel de contaminación o suciedad (Cevallos et al., 2005). Principalmente son empleados en la formulación de jabones para manos telas, tiene un pH de 7 (Cevallos et al., 2005).

d) Desengrasantes

Los desengrasantes son productos formulados para remover grasas y residuos oleosos, cuyo principio activo son los tensoactivos, capaces de penetrar y dispersar aceites facilitando su eliminación. Es más empleado en áreas sólidas que en tejidos (Chasi, 2023).

e) Enzimas

Las enzimas son proteínas que desempeñan el papel de catalizadores bioquímicos. Las proteasas (que hidrolizan proteínas) y las lipasas (que hidrolizan lípidos) son fundamentales en la elaboración de agentes de limpieza, ya que promueven la eliminación de residuos de proteínas y lípidos. La utilización de enzimas posibilita el trabajo a temperaturas inferiores y con periodos de mezcla más breves, lo que representa un aporte significativo en la industria de los detergentes y tejidos (Alvarado Lindo et al., 2020).

2.2.11. Detergentes biodegradables

Se conoce como detergentes biodegradables se caracterizan por contener cadenas lineales de hidrocarburos y tensioactivos que pueden ser descompuestos rápidamente por la acción de microorganismos, lo que permite su degradación natural en plazos cortos y reduce el impacto ambiental (Agualondo, 2023). Esto quiere decir que al ser consumidos por la propia naturaleza y los microorganismos que contiene, tarda poco tiempo en desaparecer, evitando la contaminación del agua (Cevallos et al., 2005).

2.2.12. pH

El papel indicador de pH permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, otorgándole un valor en la escala de 0 a 14, de acuerdo con la variación de color que manifiesta la basicidad o acidez de la solución analizada (Mamani, 2018). Dado que la escala de pH es logarítmica, una variación de una unidad implica un cambio de diez veces en la concentración de iones hidrógeno (Mamani, 2018).

2.2.13. Alpaca

Los camélidos sudamericanos descienden de especies ancestrales originarias de Norteamérica, las cuales migraron hacia el sur del continente antes de su extinción, ocurrida aproximadamente hace 11 millones de años. Esta migración dio lugar a las formas actuales. Pertenecen a la familia de mamíferos rumiantes del orden artiodactyla y al suborden Tylopoda, incluyendo tres géneros: *Camelus*, *Lama* y *Vicugna*. El grupo está compuesto por cuatro especies: dos de vida silvestre y dos domesticadas. Según análisis de ADN mitocondrial, se ha determinado que el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*) son los ancestros de las llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*), respectivamente. Este proceso de domesticación tuvo lugar en los Andes Centrales de Sudamérica hace aproximadamente 6,000 años (Illa & Tairo, 2015). Por otro lado, múltiples investigaciones arqueológicas indican que los camélidos sudamericanos habitan su entorno actual desde hace al menos 10,000 años. Esta afirmación se respalda en hallazgos de restos óseos y arte rupestre con representaciones de camélidos, como los encontrados en la cueva de Lauricocha (Junín, Perú), situada a 4,000 metros sobre el nivel del mar, así como en grabados de la cueva de Toquepala (Tacna, Perú), los cuales evidencian su caza por poblaciones humanas hace más de 9,500 años (Vásquez, 2012).

2.2.14. Importancia de los camélidos sudamericanos

Los camélidos sudamericanos poseen una notable relevancia económica, social y científica. Desde el punto de vista fisiológico, constituyen un modelo de adaptación a entornos de gran altitud donde la actividad agrícola resulta inviable. Su hábitat natural se caracteriza por una baja concentración de oxígeno atmosférico y temperaturas promedio que oscilan entre 5.6 y 7.1 °C. Estas condiciones extremas han favorecido el desarrollo de adaptaciones particulares que les permiten tolerar el frío y la hipoxia, situándolos entre las pocas especies capaces de sobrevivir en tales ambientes. Además, presentan una destacada capacidad para ajustarse a diversas condiciones de alimentación y manejo productivo, mostrando una eficiencia superior en la degradación y absorción de nutrientes provenientes de los pastizales nativos de las zonas altoandinas (Ormachea et al., 2015).

Los camélidos sudamericanos domesticados, en ocasiones manejados conjuntamente con ovinos, representan el principal recurso para el aprovechamiento productivo de extensas superficies de pastizales naturales en las regiones altoandinas, donde la agricultura y la cría exitosa de otras especies domésticas no son viables. Estos animales transforman de manera eficiente la vegetación nativa de estos ecosistemas en carne y fibras de elevada calidad. Asimismo, sus pieles y cueros poseen aplicaciones diversas tanto en la industria como en la artesanía (Vásquez, 2012).

En la región altoandina del Perú, aproximadamente un millón y medio de personas se dedica a la crianza de camélidos sudamericanos. Esta actividad se concentra principalmente en provincias caracterizadas por altos niveles de pobreza y marginación. A pesar del creciente interés y demanda por los productos derivados de estas especies, dicha actividad aún no constituye una estrategia efectiva para mejorar las condiciones socioeconómicas de sus productores. Esta situación evidencia un sistema productivo complejo, limitado por la escasa disponibilidad de recursos naturales y su uso inadecuado, lo que genera baja productividad en los rebaños de alpacas, unidades de producción de pequeña escala y escasa articulación entre las cadenas productivas y los mercados. Las comunidades altoandinas de Argentina y Chile comparten problemáticas similares a las observadas en el contexto peruano y boliviano (Suárez, 2013).

2.2.15. Fibra de alpaca

Se entiende por fibra textil a la sustancia de constitución filamentosa que luego de ser sometida a determinadas manipulaciones, puede transformarse en hilados capaces de fijar químicamente materias colorantes y a partir de los cuales será posible elaborar tejidos (Suárez, 2013).

Es una de las cualidades que se puede extraer de la alpaca, en la industria textil es utilizada ya que las fábricas textiles, diseñadores y dientes lo utilizan, por el brillo sedoso, o retiene el agua, puede resistir la radiación solar, es 3 veces más fuerte que el de una oveja y 7 veces más caliente, tiene más de 22 colores que podemos escoger esta entre un café y gris, por las diversas cualidades se puede producir empresas a base de la alpaca, la fibra se mide con micrones y cuánto mayor de micronaje más suave (Illa & Tairo, 2015).

2.2.16. Tipos de alpaca

a) Huacaya

Las alpacas de la variedad huacaya se distinguen por la conformación y estructura de su vellón, compuesto por fibras intensamente onduladas que crecen de forma perpendicular al cuerpo. Esta disposición genera un vellón compacto que aporta volumen y resistencia, ofreciendo además una protección superior frente a las condiciones climáticas adversas. La fibra producida por la alpaca es altamente valorada en la industria textil gracias a sus propiedades particulares que garantizan una calidad excepcional (Machaca et al., 2017).



Figura 5. Alpaca huacaya

FUENTE: Machaca (2017).

b) Suri

La fibra de la alpaca Suri se caracteriza por ser lisa, sedosa y con un notable brillo, presentando una superficie externa suave, flexible y deslizante. Su longitud varía entre 15 y 20 centímetros (6 a 8 pulgadas), cayendo a lo largo de los costados del cuerpo y dejando el lomo expuesto, lo que le confiere una apariencia angulosa, comparable a la de los ovinos de raza Lincoln o las cabras Angora. Presenta escasa ondulación, lo que complica su proceso de teñido, y sus fibras crecen de manera paralela al cuerpo del animal, agrupadas en mechass con ligeras espirales u ondulaciones (Lozano, 2022).

Es relevante destacar que la fibra de la alpaca Suri es especialmente valorada por su brillo, sedosidad y considerable longitud, que puede alcanzar hasta 23 cm. El color de la fibra es muy diverso, abarcando desde el blanco hasta el negro, con tonalidades intermedias como marrón claro y oscuro, gris plateado y el característico color vicuña. El vellón puede presentar colores sólidos o combinados (Lozano, 2022).

Las fibras de alpaca Suri muestran una elevada variabilidad en aspectos como el color, el diámetro medio, la longitud, la resistencia a la tracción, la elasticidad y la flexibilidad. En términos de rendimiento, el vellón obtenido por esquila varía entre

1.2 kg y 3.5 kg. Además, estas fibras conservan su brillo y apariencia natural si no se tiñen y poseen propiedades térmicas sobresalientes: retienen el calor corporal hasta siete veces más que la lana ovina, funcionando como un aislante eficaz gracias a las cavidades microscópicas en su estructura medular que las hacen más ligeras y aptas para diversas condiciones climáticas (Lozano, 2022).



Figura 6. Alpaca Suri

FUENTE: Lozano (2022).

2.2.17. Características morfológicas de la fibra de alpaca

Cada fibra se origina en un folículo piloso ubicado en la piel de la alpaca. En su superficie, las fibras están formadas por estructuras laminadas denominadas escamas, dispuestas de manera superpuesta y orientadas desde la base hasta el extremo de la fibra. En el caso de la fibra de alpaca, estas escamas son de tamaño muy reducido, apenas perceptibles y presentan menor prominencia, con bordes menos marcados o salientes (Quispe Mamani, 2020).

2.2.18. Características químicas de la fibra de alpaca

La fibra es una estructura de naturaleza proteica, lo que implica que su calidad está directamente vinculada al estado sanitario del animal durante todo el periodo comprendido entre dos esquilas consecutivas. En general, la fibra de alpaca está constituida principalmente por queratina, una proteína fibrosa, protectora y con alta insolubilidad. Las fibras proteicas están formadas por elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, y en el caso de la lana también contienen azufre (Ormachea et al., 2015).

La red molecular de la queratina se compone de moléculas y cadenas peptídicas enlazadas mediante uniones salinas entre los grupos terminales de aminoácidos dibásicos y dicarboxílicos, así como por enlaces disulfuro (S–S) derivados de la cistina. Es importante señalar que la composición de aminoácidos en la queratina no es uniforme: varía entre distintas lanas, a lo largo de las fibras individuales debido a la alimentación, y entre los diversos componentes estructurales de la fibra. El contenido de cistina en la queratina de estas fibras es particularmente elevado en comparación con otras proteínas, lo que contribuye de manera significativa a las propiedades físicas y químicas únicas de las fibras de los camélidos (Ormachea et al., 2015).

2.2.19. Características textiles de la fibra de alpaca

La fibra de alpaca es clasificada por la industria textil como una fibra especial debido a su notable flexibilidad y suavidad al tacto, además de ser poco inflamable, presentar baja tendencia al afieltrado y generar escasas reacciones alérgicas. Los tejidos elaborados con esta fibra destacan por su excelente formación de pliegues, buena caída, apariencia estética y brillo, características que contribuyen a mantener un aspecto renovado incluso tras un uso prolongado (Vásquez, 2012).

Los vellones de alpaca presentan elevados rendimientos en limpio, con valores que oscilan entre el 87 % y el 95 %, lo que facilita un procesamiento industrial más eficiente. Tanto la fibra de alpaca como la de vicuña se caracterizan por su suavidad y elevada resistencia a la tracción (superior a 40 N/tex), propiedad esencial en procesos industriales. Además, estas fibras muestran una capacidad relativamente baja de absorción de humedad ambiental (entre 10 % y 15 %), lo que contribuye a preservar su apariencia. Finalmente, poseen una excelente capacidad de aislamiento térmico gracias a la presencia de cavidades microscópicas de aire en su médula, lo que permite que las prendas confeccionadas con fibra de alpaca sean adecuadas para una amplia variedad de condiciones climáticas (Roque Gonzales & Valdez, 2018).

La estructura de la fibra de alpaca le confiere una notable suavidad al tacto, comparable a una lana que sea entre 3 y 4 micras más delgada, exhibe un bajo grado de higroscopicidad, lo que le permite absorber la humedad del ambiente sin modificar su apariencia, además, se caracteriza por su longitud considerable y una alta resistencia a la tracción, la cual puede ser hasta tres veces superior a la de la lana ovina y la de otras fibras animales, factor de gran relevancia para los procesos textiles (Lozano, 2022).

Asimismo, es importante señalar que la fibra de alpaca muestra una baja inflamabilidad, ya que no se combustiona con facilidad incluso al contacto directo con el fuego. Finalmente, esta fibra presenta menor tendencia al afieltrado en comparación con la lana y otras fibras animales, aun cuando se encuentra bajo condiciones favorables de humedad y presión (Roque Gonzales & Valdez, 2018).

2.2.20. Contaminantes o impurezas de la fibra

La fibra en su estado bruto presenta diversos materiales asociados comúnmente denominados "impurezas", cuya presencia puede ser funcional para el propio animal. La cantidad y naturaleza de estas impurezas están influenciadas por factores biológicos y genéticos, así como por condiciones ambientales como la ubicación geográfica, el clima y el estado nutricional del animal. Estas variables pueden generar diferencias significativas en el contenido de impurezas entre distintos vellones (Illa & Tairo, 2015).

2.2.21. Composición de la fibra de alpaca

La fibra de lana es el resultado de un proceso secretor en la piel del animal, generado a partir de sus propias proteínas vivas. Su estructura se compone de varias partes principales: la cutícula o capa externa, la médula y el córtex (Lozano, 2022).

a) La cutícula o corteza

La fibra está conformada por una epicutícula y una capa córnea compuesta por escamas fibrosas, la cual ofrece mayor resistencia frente a agentes químicos en comparación con otras secciones de la fibra. Esta estructura también contribuye a disminuir su aspereza superficial, actúa como barrera que impide la penetración de moléculas externas, sin embargo, las escamas pueden ocasionar irritación cutánea en ciertas personas, el recubrimiento escamoso otorga a la lana su capacidad de resistir la abrasión, por su parte, la epicutícula es una membrana no proteica que confiere propiedades hidro repelentes a las fibras (Roque Gonzales & Valdez, 2018).

La cutícula de la fibra presenta bordes de forma ligeramente ovalada, que pueden ser simples, dentados o aserrados. El diámetro de la fibra disminuye, las escamas adoptan una forma semi coronal o coronal, mientras que, al aumentar el grosor, las escamas se reducen en anchura y sus márgenes se vuelven más irregulares y cercanos entre sí. En hembras de alpaca DL con un diámetro medio de fibra (DMF) entre 17.19 μm y 20.2 μm , la cutícula exhibe una forma ligeramente coronaria, con márgenes ovalados

y levemente dentados, variando según el diámetro. En las hembras 2D, 4D y BL, con DMF entre 20.6 μm y 24.0 μm , la cutícula presenta un patrón imbricado con márgenes aserrados, dentados u ondulados (Lozano, 2022).

La cutícula constituye aproximadamente el 10 % de la estructura total de la fibra y se divide en tres subcomponentes: epicutícula, exocutícula y endocutícula. Los bordes de las escamas pueden adoptar formas coronarias, imbricadas o cuticulares, y su morfología varía según la edad del animal y el incremento en el diámetro de la fibra. En fibras con diámetros entre 15 μm y 20 μm , las alpacas de la variedad huacaya presentan escamas de tipo coronal y semicoronal. Para fibras con diámetros entre 20 μm y 30 μm , las escamas muestran márgenes próximos y ligeramente separados. En fibras de 30 μm a 40 μm , las escamas se vuelven suavemente onduladas con espacios cortos entre ellas. Los de diámetro superior a 40 μm , las escamas adquieren formas onduladas y dentadas con un espaciamiento estrecho (Suárez, 2013).

b) La médula

La médula es la porción central hueca de la fibra, siendo más evidente en las regiones más gruesas que en las más finas. Durante el proceso de queratinización, las células corticales pueden desintegrarse, generando este canal vacío en el núcleo de la fibra. La médula puede presentarse de manera continua o fragmentada. Su presencia incrementa la refracción de la luz debido al aire contenido en su interior, lo que ocasiona que las fibras teñidas adquieran tonalidades más claras (Lozano, 2022).

c) Porcentaje de medulación

El porcentaje de medulación en la fibra de alpaca se refiere a la proporción de fibras que presentan médula. Estas fibras pueden clasificarse según el tipo de medulación en fragmentadas, discontinuas, continuas o con una medulación marcada (Lozano, 2022).

d) El córtex

El córtex constituye la parte principal de la fibra de lana, representando aproximadamente el 90 % de su estructura total y siendo responsable de la mayoría de sus propiedades, como la resistencia, la elasticidad y la capacidad de absorción de tintes. Está compuesto por células alargadas, delgadas y planas con forma similar a un cigarro, denominadas células corticales, que poseen un núcleo central y están formadas internamente por fibrillas más pequeñas (Lozano, 2022).

2.2.22. Propiedades físicas de la fibra de alpaca

a) Finura

La finura de una fibra se refiere a su diámetro, el cual se mide en micrómetros o micras ($1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$). Este atributo es fundamental para definir el tipo de hilado que puede producirse en los procesos de hilatura. La finura de la fibra varía en función de la edad del animal y de la zona corporal de la que se extrae (Illa & Tairo, 2015).

b) Longitud

La longitud constituye una de las cualidades más relevantes de la fibra de alpaca Suri, con rangos que varían desde algunos centímetros hasta cerca de 28 cm. A diferencia de la fibra huacaya, no presenta rizos marcados. Esta característica es clave para determinar su destino en los procesos de hilatura, ya sea peinada o cardada. En el ámbito industrial, la fibra Suri se emplea predominantemente en la hilatura peinada debido a su considerable extensión. La longitud de la fibra resulta fundamental para establecer el límite de hilabilidad y las propiedades mecánicas de los productos manufacturados (como hilos y telas); cuanto mayor sea la longitud de la fibra, más finos y resistentes serán los hilos producidos (Roque Gonzales & Valdez, 2018).

c) Brillo o lustre

Otra característica distintiva de la fibra de alpaca Suri está relacionada con la disposición de sus láminas epidérmicas, las cuales influyen directamente en la cantidad de luz que reflejan. Como resultado, la fibra de alpaca Suri se destaca por su notable brillo, comparable al de las fibras obtenidas de cabritos de raza Angora, conocidos por producir el Mohair (Illa & Tairo, 2015).

d) Resistencia

La resistencia de una fibra se define como su capacidad para soportar una fuerza de tracción sin romperse. Esta propiedad se expresa en gramos-fuerza (g-f). En promedio, la fibra de alpaca Suri sin teñir presenta una resistencia aproximada de 550 g-f. Comparativamente, la fibra de alpaca es hasta tres veces más resistente que la lana ovina y posee una capacidad de retención térmica hasta siete veces superior, lo que la convierte en una excelente alternativa para climas fríos (Suárez, 2013).

e) Elongación

La elasticidad de una fibra se refiere a la extensión máxima que puede alcanzar al aplicarle una fuerza determinada, tras la cual es capaz de volver a su forma original. La fibra de alpaca Suri suele presentar menor elasticidad en comparación con la fibra Huacaya. Sin embargo, en condiciones secas, la fibra Suri muestra mayor elasticidad y resistencia que la lana ovina de finura similar. En contraste, cuando está húmeda, su resistencia disminuye considerablemente (Illa & Tairo, 2015).

f) Conductividad térmica

Esta propiedad describe la capacidad de las fibras para conservar el calor, proporcionando una sensación térmica elevada a quienes visten prendas confeccionadas con hilados de estas fibras. La fibra de alpaca Suri, gracias a su medulación y la presencia de micro cavidades de aire en su estructura, actúa como un excelente aislante térmico. Estas bolsas de aire microscópicas permiten la fabricación de prendas livianas que ofrecen una eficaz protección frente al frío (Illa & Tairo, 2015).

g) Higroscopicidad

La higroscopicidad se refiere a la capacidad de las fibras textiles para absorber y retener agua, característica que influye directamente en su desempeño durante los procesos de lavado, teñido y acabado. La fibra de alpaca Suri presenta una menor capacidad de absorción de humedad en comparación con la fibra Huacaya y la lana ovina, lo que puede complicar los tratamientos realizados en condiciones húmedas (Ormachea et al., 2015).

h) Rendimiento

El rendimiento hace referencia, principalmente, a la proporción de fibra útil obtenida luego de la eliminación de impurezas y del proceso de lavado. No obstante, este parámetro también puede ser evaluado tras la hilatura e incluso después del acabado textil. En el caso del vellón de alpaca Suri, el rendimiento posterior al lavado se sitúa entre el 70 % y el 80 % (Illa & Tairo, 2015).

2.2.23. Eliminación de Impurezas

Tras la esquila, el vellón de alpaca suele presentar contaminación con suciedad, polvo, arena y diversas impurezas, incluidas partículas vegetales como pajas, semillas, espinas y fragmentos de hojas. Por ello, es necesario someter el vellón a un proceso de limpieza minucioso para eliminar completamente estos materiales indeseables (Illa & Tairo, 2015).

2.2.23.1. Propiedades químicas de la fibra de alpaca

a) Acción del agua en la fibra

La estabilidad estructural de la queratina en estado seco se debe a los enlaces iónicos entre grupos terminales ácidos (COO^-) y básicos (NH_3^+), junto con los puentes de hidrógeno. No obstante, al absorber agua —hasta un 34 % de su peso seco— estas interacciones se debilitan, mientras que los enlaces disulfuro permanecen intactos. Las interacciones hidrofóbicas solo se manifiestan con un alto contenido de agua. En medio acuoso, la fibra adquiere mayor susceptibilidad al ataque químico, pues las cadenas proteicas se ionizan y favorecen la acción de ácidos o álcalis, siendo los ambientes alcalinos los más dañinos. Sin embargo, como el lavado de la lana suele realizarse en soluciones ligeramente alcalinas (con pH del extracto acuoso entre 9 y 10) y temperaturas que no superan los 50 °C, este proceso no causa un daño significativo en la fibra (Siña, 2012).

b) Acción de los álcalis en la fibra

Los álcalis actúan sobre la queratina a través de la hidrólisis de la cadena polipeptídica, modificando residuos aminoacídicos y originando enlaces cruzados. Las proteínas con elevado contenido de cistina muestran mayor susceptibilidad, dado que sus enlaces disulfuro reaccionan fácilmente con el medio alcalino. El ataque alcalino sobre la fibra provoca una disminución de su resistencia, tendencia al amarillamiento, y una textura más áspera, lo que afecta negativamente su valor comercial. Por este motivo, los procesos realizados en medios alcalinos requieren condiciones cuidadosamente controladas para evitar un daño excesivo en la fibra (Quispe Mamani, 2020).

c) Acción de las sales metálicas sobre la fibra

Al tratarse la fibra con soluciones de sales metálicas, tiende a formar sales básicas, tales como sulfato de aluminio, sulfato ferroso o sulfato de cromo. Al someterse a temperaturas elevadas durante la ebullición, estas sales se descomponen, generando una sal básica e hidróxido metálico, el cual precipita en los poros de la fibra, mientras que el ácido mineral queda libre en la solución. Este comportamiento puede ejemplificarse con la reacción que ocurre con el sulfato de aluminio (Siña, 2012).

2.2.24. Propiedades biológicas

Las fibras de origen proteico son vulnerables al ataque tanto de microorganismos como de insectos. Aunque presentan cierta resistencia frente a bacterias y hongos, su desarrollo puede manifestarse como manchas en los tejidos. Para protegerlas de los insectos, es necesario aplicar tratamientos químicos específicos que reduzcan su atractivo para estos organismos y prevengan la liberación de olores desagradables asociados con la exudación de ceras naturales presentes en la fibra (Siña, 2012).

a) Reacción al calor

Las fibras proteicas soportan temperaturas de hasta 100 °C sin sufrir daños, recuperando sus propiedades originales una vez que vuelven a condiciones normales. Sin embargo, a 130 °C comienzan a descomponerse, liberando vapores amoniacales y adquiriendo un tono amarillento. A 170 °C emiten vapores con compuestos sulfurados y, al alcanzar los 300 °C, se produce su carbonización (Siña, 2012).

b) Colores de fibra de alpaca

La fibra de alpaca presenta una amplia gama de colores naturales que se agrupan en cinco tonalidades básicas: blanco, crema, café, gris y negro, con múltiples matices y combinaciones intermedias. Aproximadamente el 80 % de la población de alpacas corresponde al color blanco, resultado de una crianza orientada a satisfacer la elevada demanda industrial, ya que esta fibra es más fácil de teñir en diversos colores y alcanza un mayor valor comercial. Por el contrario, solo el 20 % de los animales presenta otros colores, cuya crianza es menos prioritaria debido a la menor demanda, precios más bajos y calidad generalmente inferior (Ormachea et al., 2015).

2.2.25. Tipos de lavado

2.2.25.1. Lavado manual

El proceso de lavado tiene como objetivo eliminar impurezas, grasa y suciedad de la fibra. En el ámbito artesanal, este lavado se realiza una vez obtenida la madeja, utilizando entre dos y cinco tinas de plástico. La fibra se somete a un lavado con detergente y bicarbonato de sodio, seguido de enjuagues sucesivos. Para el secado artesanal, se emplean colgadores que, mediante la circulación de aire, permiten reducir gradualmente el contenido de humedad de la fibra (Salazar, 2017).

2.2.25.2. Lavado industrial

El lavado industrial es la transformación significativa de la fibra, modificando su apariencia inicial y aplicando los primeros agentes químicos del proceso. Por lo general, este procedimiento se lleva a cabo en cinco tinas. La primera tina tiene como objetivo principal la mayor parte del suint y una fracción reducida de grasas mediante el uso de agua caliente. Posteriormente, la segunda y tercera tina contienen agua caliente con detergente, permitiendo que la solución penetre en los intersticios, poros y hendiduras de la fibra, facilitando la remoción de contaminantes por disolución y emulsificación. Finalmente, las dos últimas tinas se destinan al enjuague, asegurando la completa eliminación de los residuos y agentes contaminantes (Salazar, 2017).

2.2.25.3. Rendimiento al lavado

El rendimiento al lavado de la fibra de alpaca definido como la proporción de fibra limpia obtenida tras la eliminación de suciedad, grasa y otros contaminantes depende tanto de la calidad de la fibra como del método de lavado empleado. Por lo general, este rendimiento varía entre 75 % y 95 %, siendo más elevado en fibras finas con menor contenido de impurezas. Diversos estudios han registrado valores de rendimiento en la fibra de alpaca Huacaya que oscilan entre 85.71 % y 94 %, según fuentes universitarias y repositorios académicos. En particular, un análisis sobre fibra clasificada de alpaca Huacaya reportó un rendimiento promedio del 92.58 % (Cáceres, 2020).

2.2.26. Prueba sensorial

La evaluación sensorial de la fibra de alpaca consiste en analizar propiedades como suavidad, brillo, caída y textura al tacto, además de su comportamiento frente a la acumulación de electricidad estática. Una fibra de alpaca de calidad superior se distingue por su tacto suave y liso, sensación de frescura, brillo natural y ausencia de picazón o acumulación de carga estática (Cáceres, 2020).

- **Suavidad:** La fibra de alpaca presenta una sensación táctil suave. Esta característica de suavidad puede ser evaluada mediante la manipulación directa de la fibra o al examinar una prenda confeccionada con ella.
- **Brillo:** La fibra de alpaca posee un brillo natural apreciable tanto visualmente como al tacto. Este nivel de brillo se considera un indicador relevante de la calidad de la fibra.
- **Textura:** La fibra de alpaca, particularmente en aplicaciones para prendas de abrigo, debe exhibir una caída adecuada y una apariencia visual atractiva. Es preferible que presente una textura uniforme y suave para garantizar su calidad y valor estético.
- **Comportamiento ante la electricidad estática:** La fibra de alpaca se caracteriza por su baja tendencia a acumular electricidad estática, diferenciándose así de otras fibras de origen natural o sintético.

2.2.27. Anova

El ANOVA (Análisis de Varianza) es una herramienta estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos, con el propósito de determinar si las diferencias observadas entre ellas son estadísticamente significativas o si, por el contrario, pueden explicarse por efecto del azar, fundamenta su análisis en la descomposición de la variabilidad total de los datos en distintas fuentes de variación, evaluando si la variabilidad entre los grupos supera significativamente la variabilidad interna de cada grupo (Reynaga, 2010).

2.2.28. Diseño factorial completamente al azar

Se trata de un diseño experimental que permite analizar el impacto de dos o más factores, cada uno con distintos niveles, sobre una o varias variables de respuesta. En este enfoque, se evalúan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores, y la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos se lleva a cabo de manera completamente aleatoria (Reynaga, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La parte experimental del presente trabajo de investigación se desarrolló en los Laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca sede en Ayabacas, ubicado en el HWQ3+PFH, Juliaca 21100, distrito de San Miguel – provincia de San Román, donde se llevó a cabo la elaboración del proceso del lavado de fibra y creación del detergente.

3.1.1. Datos geoespaciales

- Superficie: 533.47 km²
- Altitud: 3.82412 m s. n. m.
- Población (2020): 307 417 Hab.
- Densidad: 409,6 Hab/km²
- Temperatura ambiente: - 4 a 18.08 °C
- Humedad relativa: 56.7 %
- Radiación solar: 7,087 kWh/m² /día.

3.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se empleó fue experimental, debido a que el objetivo de este estudio fue crear un detergente biodegradable a partir de sábila, saqta, saponaria. Para Álvarez A. (2020), se orienta a conseguir conocimientos destinados a crear soluciones en problemáticas o cuestiones específicas.

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación explicativo, cuyo propósito es resolver y dar solución a los problemas que afectan a un individuo o a un grupo.

3.2.3. Enfoque de la investigación

El enfoque es cuantitativo "Análisis y recolección de datos para contestar preguntas y probar hipótesis de investigación, indicando que confía en la estadística por el uso de números al ser más precisos" (Sampieri, 2019).

3.2.4. Diseño de la investigación

El diseño que se usó para esta investigación es el Diseño Completamente al Azar (DCA) que sirve para comparar distintas poblaciones y evaluar su variabilidad (Álvarez, 2020).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Población

Para la obtención del detergente nuestra población fue la sábila (*aloe vera*), saponaria (*saponaria officinalis*) estas plantas fueron obtenidas en la región Puno y saqta (*c. parviflora subsp. biumbellata*) fue obtenida en la región de Cusco. Así mismo, se utilizó la fibra de alpaca de la raza huacaya, proveniente de la zona norte de la región de Puno, de los criadores pequeños de la Provincia de Melgar de la comunidad de Malliripata teniendo entre alpacas hembras y machos de color café y blanco.

3.3.2. Muestra

Otzen & Manterola (2017), nos dice que el muestreo por conveniencia, permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador. Por lo tanto, para la presente investigación la muestra es no probabilística y se optó por el tipo de muestreo por conveniencia debido a que las muestras de nuestra población lo seleccionamos porque están disponibles y a nuestro alcance. La muestra que se tomó es de 252 mechones de la fibra de alpaca de la raza huacaya, para el estudio de lavado de fibra de alpaca. Por lo cual, se utilizó el programa de G- POWER con la finalidad de

que este programa nos da como resultado de las muestras obtenidas, para el número de réplicas por tratamiento, determinando para el lavado manual de la fibra de alpaca.

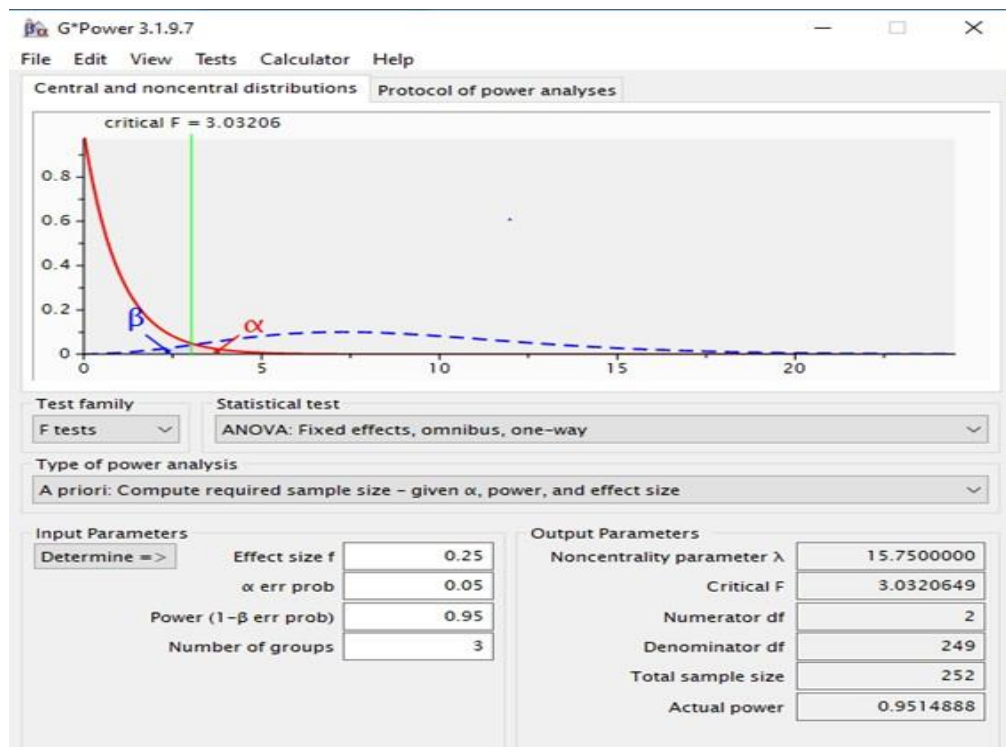


Figura 7. Cálculo de muestra lavado manual

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 7, como se puede observar se calculó la muestra para el lavado manual, dio como resultado 252 muestras, entonces serían 84 réplicas por cada tratamiento, son tres tratamientos y su tipo de efecto es mediano, los cuales se puede visualizar en el anexo. G- Power, es un programa estadístico, de descarga gratuita, diseñado para realizar estimaciones de la potencia estadística y del tamaño del efecto (Cárdenas & Arancibia, 2014). Permite a los investigadores determinar el tamaño de muestra necesario para sus estudios y evaluar la probabilidad de detectar un efecto real si existe. G Power es compatible con una variedad de pruebas estadísticas, incluyendo pruebas t, pruebas F, y pruebas de chi-cuadrado (Cárdenas & Arancibia, 2014).

En términos más simples, G Power ayuda a los investigadores a planificar sus estudios de manera más efectiva al asegurar que tengan suficientes datos para detectar resultados significativos. El programa calcula la potencia estadística, que es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa. En otras palabras, ayuda a determinar la probabilidad de encontrar un efecto real si existe (Cárdenas & Arancibia, 2014).

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.1. Materia prima

- a) **Fibra de alpaca:** Para la realización de la investigación se utilizó la fibra de alpaca Huacaya color blanco y café.
- b) **Especies herbáceas:** Se utilizó la sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*).

3.4.2. Equipos y materiales para la obtención del detergente

Para la obtención del detergente se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

a) Equipos

- Peachimetro (1)
- Balanza analítica marca XING YUN,(1000 g), (1)

b) Instrumentos de vidrio

- Probetas de 100 ml (5)
- Vasos de precipitados 50 ml (5)
- Vasos de precipitados de 500 ml (10)
- Vaso de precipitados de 600 ml (6)
- Varilla de vidrio (1)
- Tubos de ensayos (12)
- Termómetro de mercurio (1)

c) Materiales

- Morteros grandes de porcelana (3)
- Jarras de plástico de 1 litro (2)
- Tamizador (1)
- Cocinas eléctricas (3)
- Ollas (5)
- Embudo (1)

3.4.3. Equipo para el lavado de fibra

Para el lavado de la fibra se utilizó una centrifuga hidroextractora de marca CIMELCO TX-12.

3.4.4. Reactivos y productos auxiliares

En la presente investigación se utilizaron los siguientes reactivos y productos auxiliares los cuales son:

- Agua destilada
- Glicerina
- Soda cáustica (NaOH)

3.4.5. Otros equipos y materiales

En el transcurso de la investigación se utilizaron equipos y materiales adicionales los cuales fueron:

a) Equipos

- Cámara de fotos del celular Redmi note 8 pro
- Cámara de fotos del celular Poco
- USB 32G
- Laptop Hp CORE i5 Samsung

b) Materiales

- Botellas descartables de 2.5 litro (20)
- Marcador permanente
- Tijeras metálicas
- Piqueteras
- Cuaderno de apunte tamaño normal
- Lapiceros tinta líquido azul, rojo, negro
- Folder Vinifan

3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. Extracción de saponinas de la sábila, saqta y saponaria

La extracción de las saponinas de los frutos y raíz, requiere de un buen control en cada uno de los procesos como: Moliendo, triturado y secado, para obtener una buena eficiencia de los procesos en mención.

3.5.1.1. Extracción de la saponina de la sábila

La extracción de un alto contenido de saponina se realizó mediante dos procedimientos, la primera se hizo en base al secado y en la segunda prueba se obtuvo el gel de la sábila. Según Kusumastuti & Yunia (2018) la cáscara de la sábila tiene un alto potencial de saponina.

- a) **Extracción en base seca.** Se seleccionó hojas maduras y sanas de sábila, seguidamente se les lavó con abundante agua. La separación de la cáscara se hizo con un cuchillo, realizando un corte longitudinal para separar la cáscara del gel interno como se observa en la figura 8.



Figura 8. Obtención de la cáscara de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

La cascara se secó en estufa eléctrica (Figura 9) a una temperatura de 80°C por 2 horas hasta alcanzar una humedad final menor del 10% aproximadamente.



Figura 9. Secado en la estufa eléctrica de la cáscara de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 10, se observa las cáscaras de sábila seca para la etapa de molienda manual.



Figura 10. Cáscara seca de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

Una vez completamente seco las cáscaras de sábila, se realizó la molienda manual en un mortero como se observa en la Figura 11, obteniendo 5 g de muestra para la extracción de la saponina.



Figura 11. Triturado de cáscara seca de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

- b) **Extracción en base húmeda.** Se seleccionaron hojas maduras y sanas de sábila, se les lavó con abundante agua. La cáscara se peló con un cuchillo, realizando cortes longitudinales para separación de la cáscara del gel interno como se observa en la figura 12.



Figura 12. Obtención del gel de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 13, se observa el gel de sábila para los procesos de extracción de saponina.



Figura 13. Muestra de gel de la sábila

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.1.2. Extracción de la saponina de la raíz de saqta

La extracción de saponina de la raíz de saqta se realizó mediante dos métodos que se describen a continuación:

- a) **Primer método:** Se utilizó el fruto de la raíz de saqta para la extracción de saponina. En la figura 14, se observa el pelado manual de la saqta.



Figura 14. Proceso de pelado de la saqta

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 15, como se puede ver se realizó el proceso de ebullición, en donde se usó 10 kg de saqta.



Figura 15. Proceso de ebullición por 30 minutos

FUENTE: Elaboración propia.

- b) **Segundo método:** Se utilizó 30 kg del fruto de la raíz de saqta para la extracción de la saponina. En la figura 16, se muestra el proceso del rallado de la saqta en un mortero.



Figura 16. Proceso de rallado de la saqta

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 17, se visualiza la trituration de la saqta para la extracción de saponina.



Figura 17. Proceso de machacado de la saqta

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 18, se puede apreciar la saponina extraída de la saqta una vez realizada la trituration.



Figura 18. Obtención de la saponina de la saqta

FUENTE: Elaboración propia

3.5.1.3. Extracción de la saponina de la raíz de saponaria

Para la extracción de alto contenido de saponina de la raíz de saponaria se realizó un ensayo.

- a) **Primer ensayo:** Se utilizó 24 kg de la saponaria, para la sacar la saponina, se puso a hervir por 30 min, y se obtuvo 24 L de saponina como se puede visualizar en la figura 19.



Figura 19. Proceso de ebullición de la raíz de saponaria

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.2. Determinación de la composición del detergente líquido de sábila, saqta y saponaria

3.5.2.1. Ensayos previos para la determinación de la composición del detergente

- a) **Combinación de saponinas.** Para la elaboración del detergente a partir de las saponinas extraídas se realizaron las siguientes combinaciones:
- **Combinación 1:** Cáscara de sábila, saqta hervida, y saponaria.
 - **Combinación 2:** Gel de sábila, zumo de saqta y saponaria.
- b) **Proceso de mezcla y obtención del detergente.** Se mezcló las saponinas, seguidamente se colocó a ebullición por 5 minutos, luego se agregaron 10 g de soda cáustica y 10 mL de glicerina.
- **Prueba de lavado manual.** Para el lavado manual, se realizaron dos pruebas de lavado manual como describen a continuación:
 - **Primera prueba:** En esta prueba se utilizó la combinación 1 que consiste en

cáscara de sábila, saqta hervida y saponaria, no fue muy eficaz debido a que no se aprovechó el total de las saponinas. En la figura 20, se visualiza a) la combinación de las saponinas utilizando la cáscara de sábila, saqta hervida y la saponaria b) la prueba de lavado manual y c) con una muestra de fibra de alpaca teniendo baja eficacia en el lavado.



Figura 20. Prueba de lavado manual con cáscara de sábila, saqta hervida y saponaria

FUENTE: Elaboración propia.

- **Segunda prueba:** En esta prueba se utilizó la combinación 2 que consiste en gel de sábila, zumo de saqta, saponaria, siendo esta muy eficaz debido a que se aprovechó al 100% los extractos de las saponinas. Por consiguiente, se tomó la decisión de utilizar esta combinación para la preparación del detergente. En la figura 21, se visualiza a) la combinación de las saponinas utilizando el gel de sábila, zumo de saqta y la saponaria b) la prueba del lavado manual y c) con una muestra de fibra de alpaca siendo está muy eficaz.

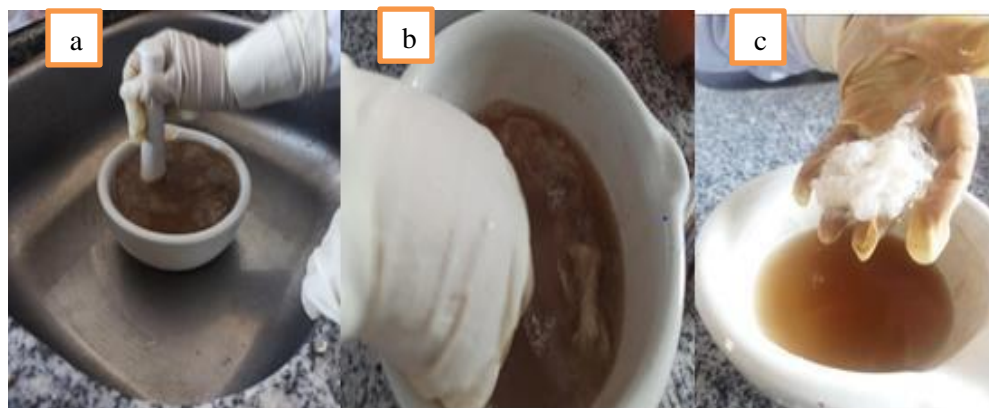


Figura 21. Prueba de lavado manual con gel de sábila, zumo de saqta y saponaria

FUENTE: Elaboración propia.

3.5.2.2. Composición del detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*)

En esta etapa se elaboraron los detergentes biodegradables a base de saponinas con pH apropiado para el lavado de la fibra de alpaca. Así mismo, se formularon las composiciones de los detergentes líquidos con diferentes concentraciones con soda cáustica y glicerina.

a) Elaboración del primer detergente

Se utilizaron las combinaciones de los tres extractos de saponinas (sábila, saqta y saponaria), para ello se utilizaron 8 L de cada uno de los extractos de saponina, combinándolos hasta obtener un volumen de 24 L.

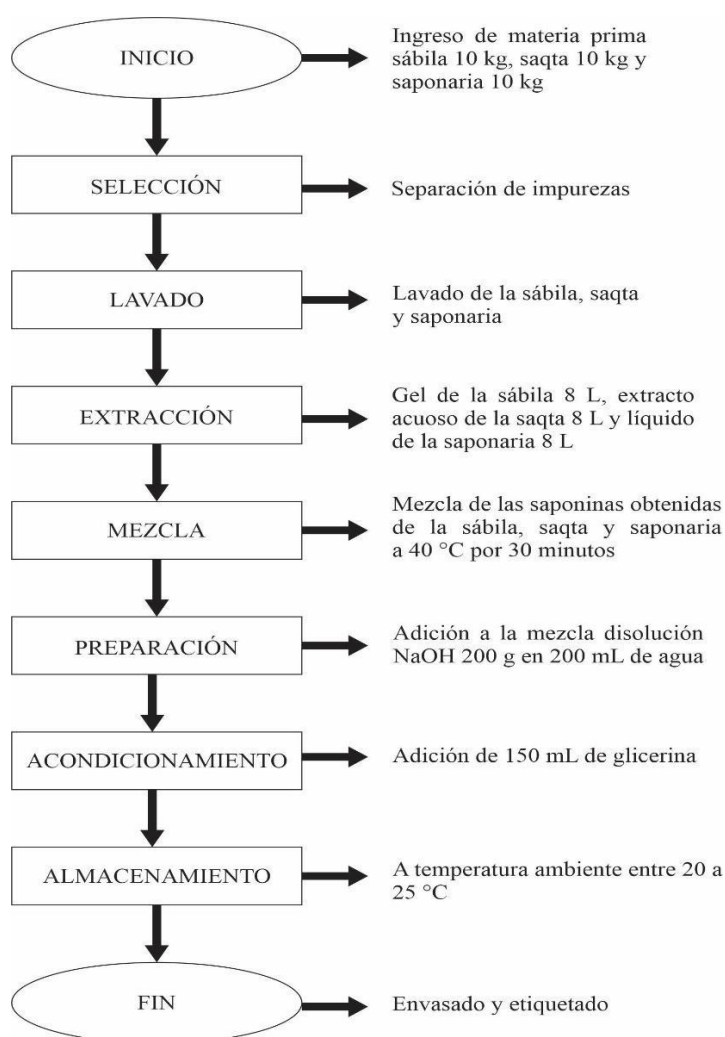


Figura 22. Diagrama de flujo para la elaboración del primer detergente

Seguidamente la mezcla fue sometida a calentamiento hasta su ebullición. Luego se añadió 200 g de soda caustica a la mezcla. Así mismo, se agrega a la mezcla 150 mL de glicerina. Se realizó la medición del pH 12.27 del detergente obtenido. Finalmente, el detergente se envaso para su maceración por 7 días.

b) Elaboración del segundo detergente

Se utilizaron 8 L de cada uno de los extractos de saponina (sábila, saqta y saponaria), mezclándolos hasta la obtención de un volumen de 24 L. La mezcla se calentó hasta su ebullición. Luego se le añadió 150 g de soda caustica a la mezcla. Se agregó a la mezcla 100 mL de glicerina. Se midió el pH 7.83 del detergente obtenido. Finalmente, el detergente se envaso para su maceración por 7 días.

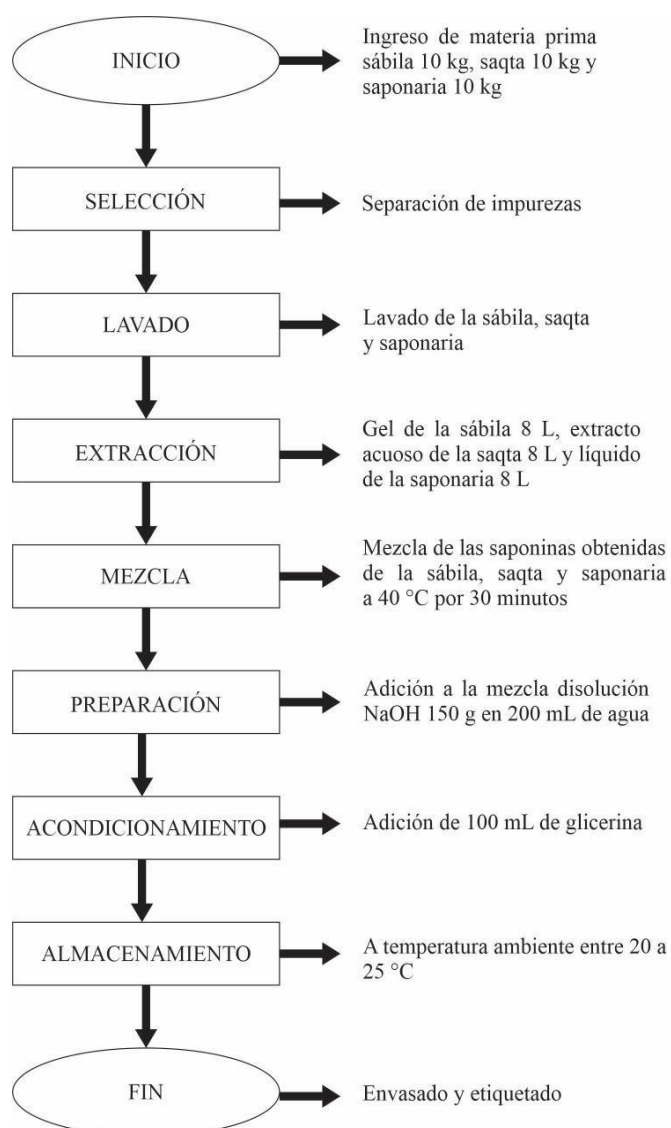


Figura 23. Diagrama de flujo para la elaboración del segundo detergente

c) Elaboración del tercer detergente

Se utilizaron 8 L de cada uno de los extractos de saponina (sábila, saqta y saponaria), luego se les mezcló para obtener un volumen de 24 L. Esta mezcla se calentó hasta su ebullición. Luego se le añadió 100 g de soda caustica a la mezcla. Se agregó a la mezcla 50 mL de glicerina. Se midió el pH 6.70 del detergente obtenido. Finalmente, el detergente se envaso para su maceración por 7 días.

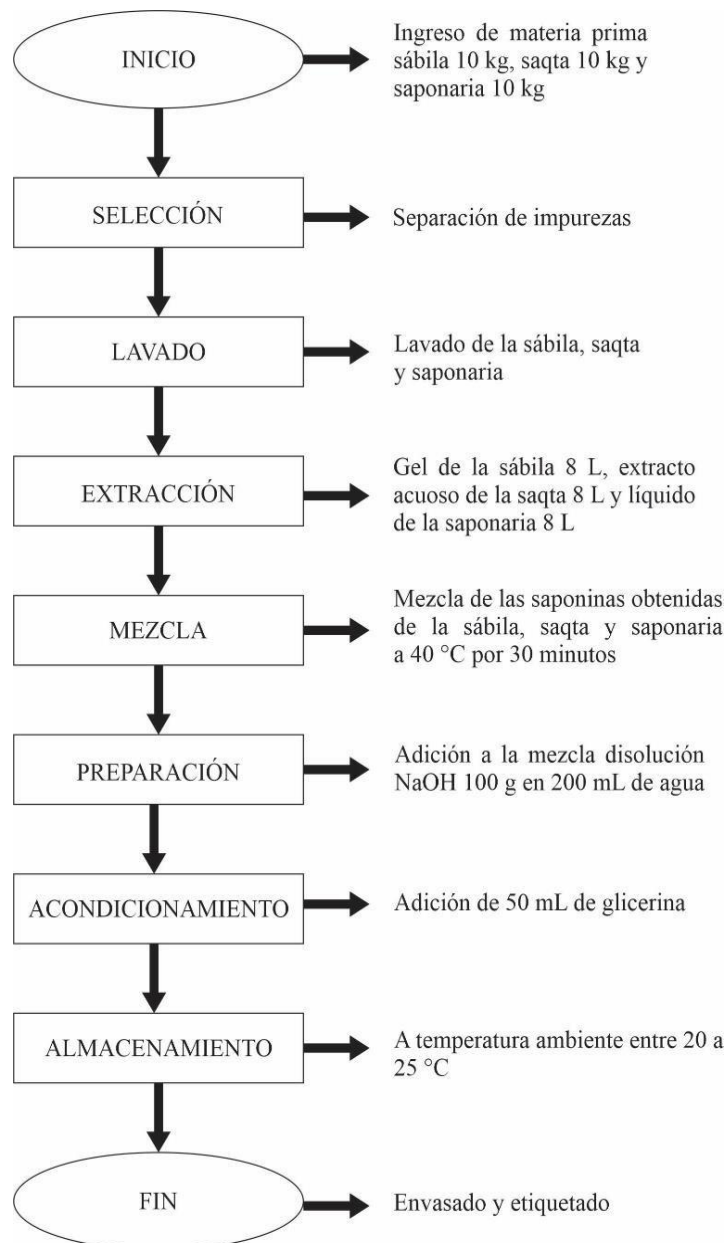


Figura 24. Diagrama de flujo para la elaboración del tercer detergente

3.5.3. Evaluación del rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con las diferentes formulaciones de detergentes

$$\% \text{ Rendimiento al lavado} = \frac{\text{Peso de la fibra sucia}}{\text{Peso de la fibre limpia}} \times 100$$

3.5.3.1. Proceso del lavado de la fibra de alpaca

Primeramente, se realizó la limpieza para eliminar la suciedad y polvo de la fibra de alpaca, seguidamente se clasificó según su color y calidad. En la figura 25, se observa la eliminación de las impurezas tales como pajas, tierra, piedras y otros materiales indeseables de la fibra de alpaca, seguidamente se realizó su clasificación.



Figura 25. Limpieza y clasificación de la Fibra de alpaca

FUENTE: Elaboración propia.

Para las pruebas de lavado manual se utilizaron 84 muestras de fibra de alpaca de las cuales 42 muestras correspondieron a una fibra de color café y 42 muestras a la fibra de color blanco. Cada muestra tuvo un peso de 2 g.

3.5.3.2. Diseño experimental

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Hipótesis

H₀: Los tratamientos no generan diferencias en el rendimiento al lavado.

H₁: Al menos un tratamiento genera diferencia en el rendimiento al lavado.

3 Tratamientos
84 Repeticiones
252 unidades experimentales

a) Matriz del diseño experimental

Este proceso se realizó para la variable dependiente, con el lavado de la fibra de alpaca en el lavado manual. Para el trabajo de investigación se consideró 3 tratamientos (concentración de detergente a base de especies herbáceas), con tres niveles de pH (6.7, 7.83, 12.27), cada uno con 3 tratamientos, 252 muestras y 84 réplicas, esto implica un Diseño Completamente al Azar (DCA)

Tabla 4. Descripción del diseño experimental del lavado manual

N°	Colores	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	Blanco			
2	Blanco			
3	Blanco			
⋮	⋮			
42	Blanco			
43	Café			
44	Café			
45	Café			
⋮	⋮			
67	Café			

Réplicas	Colores	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
69	Café			
70	Café			
71	Café			
⋮	⋮			
84	Café			

b) Análisis de varianza (ANOVA)

- Factor de corrección(C)

$$C = \frac{Gran\ total^2}{\#\ Unidades\ experimentales}$$

- Suma de cuadrados del total (SCT)
- Suma de cuadrados de los tratamientos (en este caso como son las variedades SCV)
- Suma de cuadrados del error

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OBTENCIÓN DEL DETERGENTE

El procedimiento para la obtención del detergente comienza, con la mezcla de las saponinas extraídas de la sábila, saqta y saponaria: esta mezcla es sometida a calentamiento de 40° y remover con paleta durante 10 minutos, posteriormente se añadió la soda cáustica y glicerina con la misma temperatura de calentamiento se remueve durante 20 minutos adicionales, obteniendo un pH de 6.70.

4.2. EXTRACCIÓN DE SAPONINA DE LA SÁBILA, SAQTA Y SAPONARIA

4.2.1. Extracción de saponina de la sábila (*Aloe vera*)

- a) **Materia prima usada:** Se utilizaron 10 kg de hojas frescas, lavadas y troceadas de sábila.
- b) **Método aplicado:** El método aplicado consistió en la maceración en agua caliente (50 °C) durante 45 minutos.
- c) **Rendimiento:** Se obtuvieron 9.5 L de extracto mucilaginoso con saponinas.
- d) **Observaciones:**
 - Alta viscosidad y contenido espumante medio.
 - pH 5.2, color verdoso claro.
 - Estabilidad de 5 a 6 días bajo refrigeración.

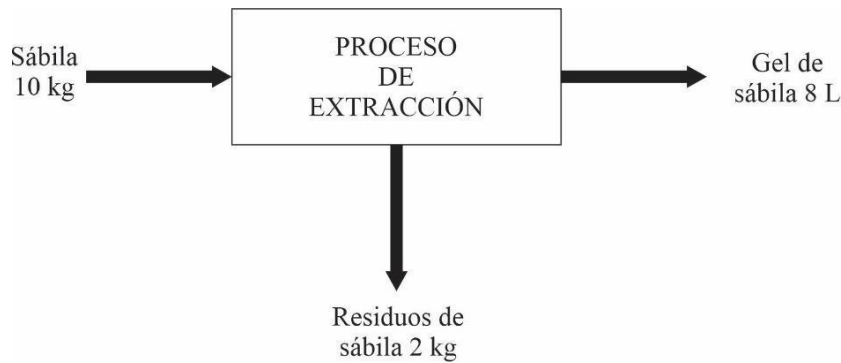


Figura 26. Balance de materia de la extracción de saponina de la sábila

4.2.2. Extracción de saponina de la saqta (*Caiophora parviflora* subsp. *biumbellata*)

- a) **Materia prima usada:** Como materia prima se utilizaron 10 kg de la planta de saqta seca y triturada.
- b) **Método aplicado:** El método consistió en la cocción acuosa a 60 °C durante 40 minutos.
- c) **Rendimiento obtenido:** Se obtuvieron 8 L de extracto de saponina.
- d) **Concentración estimada:** Aproximadamente se obtuvieron 800 mL por kg de saqta.
- e) **Observaciones:**
 - El extracto presentó espuma estable y persistente, confirmando presencia de saponinas.
 - Color marrón claro, pH 5.8, sin presencia de sólidos después del filtrado.
 - Estabilidad del extracto: 7 días en refrigeración sin sedimentos visibles.

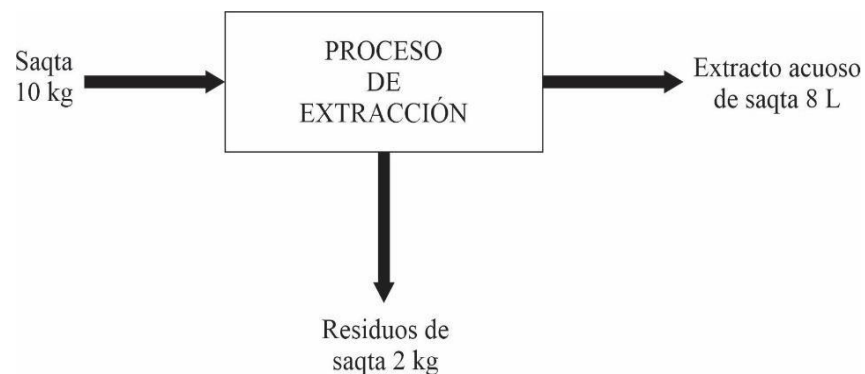


Figura 27. Balance de materia de la extracción de saponina de la saqta

4.2.3. Extracción de saponina de saponaria (*Saponaria officinalis*)

- a) **Materia prima usada:** Se utilizaron 10 kg de raíz seca y triturada de saponaria para la extracción de saponina.
- b) **Método aplicado:** En método aplicado consistió en la cocción a 60 °C durante 40 minutos.
- c) **Rendimiento:** Se obtuvieron 8.2 L de extracto espumante.
- d) **Observaciones:**
 - Mayor poder espumante entre las tres plantas.
 - pH 6.3, color ámbar claro, espuma fina y duradera.

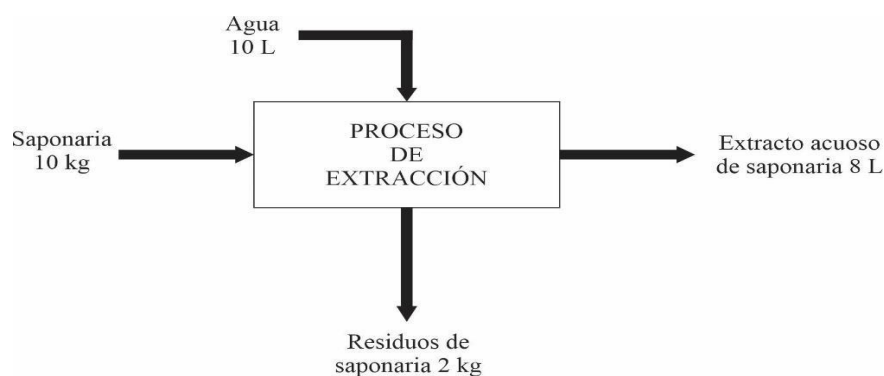


Figura 28. Balance de materia de la extracción de saponina de la saponaria

Tabla 5. Datos obtenidos de la extracción de saponinas

Planta	Peso usado (kg)	Volumen obtenido (L)	Rendimiento (mL/kg)	pH
Saqta	10	8	800	5.8
Sábila	10	9.5	950	5.2
Saponaria	10	8.2	820	6.3

4.3. COMPOSICIÓN DE LOS DETERGENTES LÍQUIDOS BIODEGRADABLES

En el proceso de elaboración de los detergentes líquidos biodegradables, los extractos de saponinas extruidas de la sábila, saqta y saponaria se combinaron para su posterior ebullición como se aprecia en la figura 29.



Figura 29. Etapa de mezclado y ebullición de las saponinas para la fabricación de los detergentes líquidos biodegradables

En la figura 30, se observa a) pesaje y b) la adición de la soda caustica a la mezcla de saponinas para obtener detergentes líquidos biodegradables con acción tensioactivo no iónico suave.

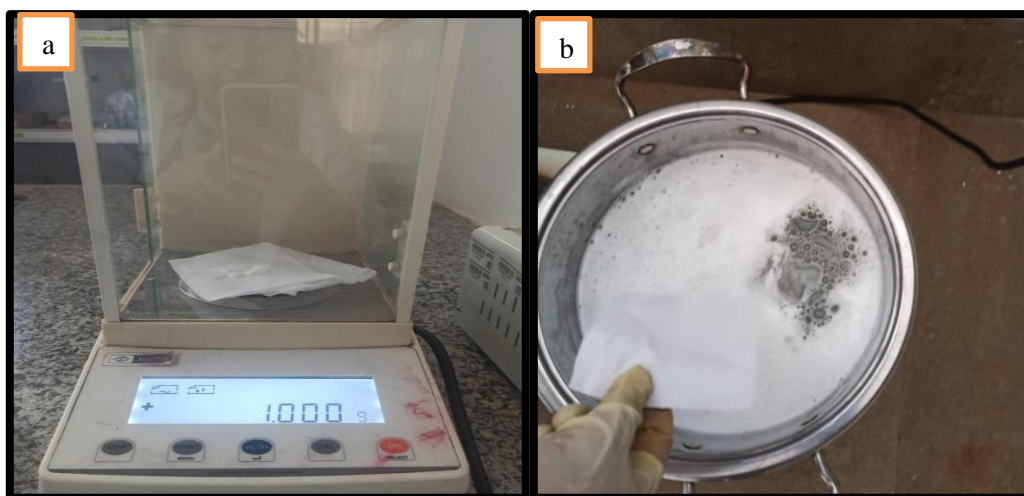


Figura 30. Pesaje y adición de la soda caustica a la mezcla de extractos de saponinas.

Así mismo en la figura 31, en la elaboración de los detergentes líquidos biodegradables se agregaron glicerina a la combinación de las saponinas para que cumpla una función humectante y emoliente.



Figura 31. Medición de la glicerina para la elaboración de los detergentes líquidos

Se realizó la medición de pH de los detergentes líquidos obtenidos como se muestra en la figura 32.



Figura 32. Medición de pH de los detergentes líquidos biodegradables

Finalmente, los detergentes líquidos fueron envasados para la maceración por 7 días como se muestra en la figura 33.



Figura 33. Detergente líquido biodegradable elaborado

4.3.1. Composición del primer detergente líquido biodegradable

En la tabla 6, se muestran los ingredientes e insumos para la elaboración del primer detergente y sus respectivas funciones. Se utilizaron 8 L de gel de sábila, 8 L de zumo de saqta, 8 L de concentrado de saponaria, para tener un volumen total de 24 litros, así mismo se agregaron 200 g de soda cáustica, 150 mL de glicerina en líquido.

Tabla 6. Composición del primer detergente líquido biodegradable

Ingrediente	Cantidad	Función
Extracto de Sábila (<i>Aloe vera</i>)	8 L	Humectante, suavizante, bactericida
Extracto de Saqta	8 L	Espumante natural (saponinas)
Extracto de Saponaria officinalis	8 L	Tensioactivo natural, espumante
Soda caustica	200 g	Tensioactivo no iónico suave
Glicerina	150 mL	Humectante y emoliente
Sal	200 g	Espesante

4.3.2. Composición del segundo detergente líquido biodegradable

En la tabla 7 se muestra los ingredientes e insumos la elaboración del segundo detergente y su función de estos. Se utilizaron 8 L de gel de sábila, 8 L de zumo de saqta, 8 L de concentrado de saponaria, para tener un volumen total de 24 litros, así mismo se agregaron 150 g de soda cáustica, 100 mL de glicerina en líquido.

Tabla 7. Composición del segundo detergente líquido biodegradable

Ingrediente	Cantidad	Función
Extracto de Sábila (Aloe vera)	8 L	Humectante, suavizante, bactericida
Extracto de Saqta	8 L	Espumante natural (saponinas)
Extracto de Saponaria officinalis	8 L	Tensioactivo natural, espumante
Soda caustica	150 g	Tensioactivo no iónico suave
Glicerina	100 mL	Humectante y emoliente
Sal	200 g	Espesante

4.3.3. Composición del tercer detergente líquido biodegradable

En la tabla 8 se muestra los ingredientes e insumos la elaboración del tercer detergente y la función de cumple cada ingrediente. Para este detergente se utilizaron 8 L de gel de sábila, 8 L de zumo de saqta, 8 L de concentrado de saponaria, para tener un volumen total de 24 litros, así mismo se agregaron 100 g de soda cáustica, 50 mL de glicerina en líquido.

Tabla 8. Composición del tercer detergente líquido biodegradable

Ingrediente	Cantidad	Función
Extracto de Sábila (<i>Aloe vera</i>)	8 L	Humectante, suavizante, bactericida
Extracto de Saqta	8 L	Espumante natural (saponinas)
Extracto de Saponaria officinalis	8 L	Tensioactivo natural, espumante
Soda caustica	100 g	Tensioactivo no iónico suave
Glicerina	50 mL	Humectante y emoliente
Sal	200 g	Espesante

4.4. RENDIMIENTO AL LAVADO DE LA FIBRA DE ALPACA CON LAS DIFERENTES COMPOSICIONES DEL DETERGENTE

En la figura 34, se observa que el lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente mostró una eficacia limitada, ya que no logró eliminar por completo la suciedad presente en la fibra de alpaca. Esto se atribuye a su mayor proporción de aditivos y a un pH de 12.27, que resultó insuficiente para un lavado efectivo de la fibra de alpaca.



Figura 34. Lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente

En la figura 35, se muestra el lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente logrando una limpieza adecuada, pero sin eliminar por completo las impurezas. Esto se debió a su proporción intermedia de aditivos y a un pH de 7.83, que resultaron insuficientes para garantizar una remoción total de la suciedad presente en la fibra de alpaca.



Figura 35. Lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente

En la figura 36, se muestra el lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente mostrando esta un rendimiento superior, logrando lavar la fibra de alpaca de manera eficaz al eliminar por completo la suciedad e impurezas. Esto se atribuye a su adecuada proporción de aditivos y a un pH de 6.70, parámetros que resultaron óptimos para un lavado efectivo de la fibra de alpaca.



Figura 36. Lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente

En la figura 37, se aprecia las muestras de fibra de alpaca de color blanco y café lavadas con el detergente líquido.



Figura 37. Muestras lavadas de fibra de alpaca

4.4.1. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente

En la siguiente tabla 9, se muestra de 84 réplicas que son los resultados obtenidos del rendimiento al lavado de la fibra de alpaca color blanco y café con el primer detergente obtenido con un pH de 12.27. Estos datos nos indican que tuvo un 61.2 % el porcentaje obtenido nos indica que degradar la fibra, elimina el brillo y afectar la suavidad; por lo tanto, tiene un rendimiento bajo.

Tabla 9. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el primer detergente

N°	Color	Rendimiento (%)
1	Blanco	55
2	Blanco	70
3	Blanco	65
4	Blanco	65

5	Blanco	60
6	Blanco	55
7	Blanco	55
8	Blanco	55
9	Blanco	70
10	Blanco	65
11	Blanco	65
12	Blanco	60
13	Blanco	55
14	Blanco	55
15	Blanco	60
16	Blanco	55
17	Blanco	55
18	Blanco	70
19	Blanco	65
20	Blanco	65
21	Blanco	60
22	Blanco	55
23	Blanco	55
24	Blanco	65
25	Blanco	60
26	Blanco	55
27	Blanco	55
28	Blanco	70
29	Blanco	65

30	Blanco	65
31	Blanco	60
32	Blanco	55
33	Blanco	55
34	Blanco	70
35	Blanco	65
36	Blanco	60
37	Blanco	60
38	Blanco	55
39	Blanco	55
40	Blanco	70
41	Blanco	65
42	Blanco	65
43	Café	70
44	Café	75
45	Café	65
46	Café	60
47	Café	55
48	Café	55
49	Café	55
50	Café	55
51	Café	55
52	Café	55
53	Café	55
54	Café	55

55	Café	70
56	Café	75
57	Café	65
58	Café	60
59	Café	55
60	Café	55
61	Café	55
62	Café	70
63	Café	75
64	Café	60
65	Café	60
66	Café	60
67	Café	60
68	Café	55
69	Café	70
70	Café	75
71	Café	65
72	Café	60
73	Café	55
74	Café	55
75	Café	55
76	Café	70
77	Café	75
78	Café	65
79	Café	60

80	Café	55
81	Café	55
82	Café	55
83	Café	70
84	Café	75

Nota: Requena & Zaravia (2019), nos indica que tuvo como resultado rendimientos elevados en el lavado para las tres calidades de fibra de alpaca analizadas.

4.4.2. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente

En la siguiente tabla 10, se muestra de 84 réplicas que son los resultados obtenidos del rendimiento al lavado de la fibra de alpaca color blanco y café con el primer detergente obtenido con un pH de 7.83. Estos datos nos indican que tuvo un 78 % el porcentaje obtenido nos indica que elimina bien la suciedad, pero puede deteriorar la fibra o eliminar propiedades útiles.

Tabla 10. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el segundo detergente

N°	Color	Rendimiento (%)
1	Blanco	60
2	Blanco	75
3	Blanco	70
4	Blanco	65
5	Blanco	60
6	Blanco	55
7	Blanco	55
8	Blanco	75
9	Blanco	60

10	Blanco	75
11	Blanco	70
12	Blanco	65
13	Blanco	60
14	Blanco	55
15	Blanco	55
16	Blanco	55
17	Blanco	75
18	Blanco	70
19	Blanco	65
20	Blanco	60
21	Blanco	55
22	Blanco	55
23	Blanco	60
24	Blanco	75
25	Blanco	70
26	Blanco	65
27	Blanco	60
28	Blanco	55
29	Blanco	55
30	Blanco	55
31	Blanco	75
32	Blanco	70
33	Blanco	65
34	Blanco	60
35	Blanco	55
36	Blanco	55

37	Blanco	60
38	Blanco	75
39	Blanco	70
40	Blanco	65
41	Blanco	60
42	Blanco	55
43	Café	60
44	Café	55
45	Café	55
46	Café	60
47	Café	55
48	Café	55
49	Café	70
50	Café	65
51	Café	65
52	Café	60
53	Café	55
54	Café	55
55	Café	70
56	Café	65
57	Café	60
58	Café	70
59	Café	65
60	Café	60
61	Café	55
62	Café	55
63	Café	70

64	Café	65
65	Café	65
66	Café	60
67	Café	55
68	Café	55
69	Café	65
70	Café	60
71	Café	55
72	Café	55
73	Café	70
74	Café	65
75	Café	65
76	Café	60
77	Café	55
78	Café	55
79	Café	55
80	Café	70
81	Café	65
82	Café	65
83	Café	60
84	Café	55

Nota: Polit & Pecuarias (2024), nos menciona que la utilización cuidadosa del bicarbonato de sodio en el lavado del hilo de alpaca no solo mejora la intensidad de blancura y la sensación táctil, sino que también contribuye a mantener la brillantez única de la fibra. Estos hallazgos subrayan la importancia de las prácticas de lavado y procesamiento en la producción de hilos de alpaca de alta calidad y atractivos en el mercado textil.

4.4.3. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente

En la siguiente tabla 11, se muestra de 84 réplicas que son los resultados obtenidos del rendimiento al lavado de la fibra de alpaca color blanco y café con el primer detergente obtenido con un pH de 6.70. Estos datos nos indican que tuvo un 88 % el porcentaje obtenido nos indica una alta remoción de suciedad sin dañar la fibra. Asu vez, conserva suavidad y brillo natural.

Tabla 11. Rendimiento del lavado de la fibra de alpaca con el tercer detergente

N°	Color	Rendimiento (%)
1	Blanco	65
2	Blanco	60
3	Blanco	55
4	Blanco	55
5	Blanco	55
6	Blanco	70
7	Blanco	75
8	Blanco	65
9	Blanco	60
10	Blanco	55
11	Blanco	60
12	Blanco	65
13	Blanco	70
14	Blanco	75
15	Blanco	65
16	Blanco	60
17	Blanco	55
18	Blanco	55
19	Blanco	55

20	Blanco	70
21	Blanco	75
22	Blanco	65
23	Blanco	60
24	Blanco	55
25	Blanco	55
26	Blanco	55
27	Blanco	70
28	Blanco	75
29	Blanco	65
30	Blanco	60
31	Blanco	55
32	Blanco	55
33	Blanco	55
34	Blanco	70
35	Blanco	75
36	Blanco	65
37	Blanco	60
38	Blanco	55
39	Blanco	55
40	Blanco	60
41	Blanco	70
42	Blanco	65
43	Café	55
44	Café	60
45	Café	75
46	Café	70

47	Café	65
48	Café	60
49	Café	55
50	Café	55
51	Café	75
52	Café	55
53	Café	75
54	Café	70
55	Café	65
56	Café	60
57	Café	55
58	Café	55
59	Café	75
60	Café	60
61	Café	75
62	Café	70
63	Café	65
64	Café	60
65	Café	55
66	Café	55
67	Café	65
68	Café	55
69	Café	75
70	Café	70
71	Café	65
72	Café	60
73	Café	55

74	Café	55
75	Café	75
76	Café	60
77	Café	75
78	Café	55
79	Café	65
80	Café	60
81	Café	55
82	Café	55
83	Café	70
84	Café	55

Nota: Agualongo (2023), nos indica que la lana de ovino lavado con detergente biodegradable más 150 g de sal en grano presentó mejores características de intensidad de blancura, tacto y brillantez puesto que la sal en grano tiene propiedades tales como: eliminar las manchas difíciles, excluir los olores no deseados entre otros.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.5.1. Cálculos del análisis de varianza

a) **Facto de corrección (C)**

$$C = \frac{\text{Gran total}^2}{\# \text{ Unidades experimentales}} = \frac{(15630)^2}{252} = \frac{244296900}{252} = 969432.14$$

b) **Suma de cuadrados del total (SCT)**

$$SCT = (55^2 + 70^2 + 65^2 \dots \dots 55^2) - c = 969575 - 969432.14 = 142.85$$

c) **Suma de cuadrados de los tratamientos (en este caso como son las variedades SCV)**

$$SCV = \frac{(5160^2 + 5205^2 + 5265^2)}{84} - C = \frac{81437850}{84} - 969432.14$$

$$= 969498.21 - 969432.14 = 66$$

d) **Suma de cuadrados del error**

$$SCE = SCT - SCV = 142.85 - 66 = 76.85$$

Luego seguidamente se busca en la tabla de valores críticos de la distribución t y nos da como resultado el p-valor de 0.1265.

4.5.2. Prueba de normalidad del lavado manual

H₁: Los datos de los tres tratamientos tienen una distribución normal.

H₀: Los datos de los tres tratamientos no tienen una distribución normal.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PORCENTAJE DEL RENDIMIENTO AL LAVADO	.216	252	<.001	.848	252	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 38. Prueba de normalidad de los datos en el spss

Nivel de significancia (α): 5 % (0.05)

Prueba estadística: análisis de la Varianza (ANOVA) probabilística.

Regla de decisión

El nivel de significancia del P valor es 0.01 por lo tanto es menor, entonces se rechaza la hipótesis alterna.

El resultado del P valor nos indica que los datos de los tres tratamientos no tienen una distribución normal.

4.5.3. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas

4.5.3.1. Prueba de homogeneidad de varianzas para el lavado manual

H₁: Tienen diferente homogeneidad de varianza.

H₀: No Tienen diferente homogeneidad de varianza.

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PORCENTAJE DEL RENDIMIENTO AL LAVADO	Se basa en la media	1.588	2	249	.206
	Se basa en la mediana	.986	2	249	.375
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.986	2	243.262	.375
	Se basa en la media recortada	1.634	2	249	.197

Figura 39. Pruebas de homogeneidad de los datos en el spss

En la figura 39, de prueba de homogeneidad de varianza se tiene un P valor de 0.206 en donde es mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, donde nos indica que o Tienen diferente homogeneidad de varianza. Se puede apreciar en la figura, que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna ya que su P valor es de 0.206 en donde es mayor de 0.05 indicándonos que tiene una diferente homogeneidad de varianza.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	66.071	2	33.036	.700	.498
Dentro de grupos	11751.786	249	47.196		
Total	11817.857	251			

Figura 40. Prueba del ANOVA

Nivel de significancia (α): 5 % (0.05)

Prueba estadística: análisis de la Varianza (ANOVA) probabilística.

Regla de decisión

El nivel de significancia del P valor es 0.498 es mayor al 0.05 % entonces se acepta la hipótesis alterna.

4.5.4. Resultado del análisis de varianza del lavado manual

Hipótesis alterna (H_1): El detergente obtenido con sábila (*aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) es eficiente para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca – 2024.

Hipótesis nula (H_0): El detergente obtenido con sábila (*aloe vera*), saqta (*C. parviflora subsp. biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) no es eficiente para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca - 2024

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	194.64	2	97.32	2.08	0.1265
TRATAMIENTOS	194.64	2	97.32	2.08	0.1265
Error	11623.21	249	46.68		
Total	11817.86	251			

Figura 41. Análisis de varianza

Como se puede ver en la figura 52, tenemos un p- valor de 0.1265 y por lo tanto no es significativo.

Nivel de significancia (α): 5 % (0.05)

Prueba estadística: análisis de la Varianza (ANOVA) probabilística.

Regla de decisión

El valor de significancia obtenido P valor es 0.1265 es mayor que el nivel de significancia establecido (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

4.5.5. Resultado de la prueba estadística Tukey

```
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.47451
Error: 46.6796 gl: 249
TRATAMIENTOS Medias n E.E.
T3          63.04 84 0.75 A
T2          62.14 84 0.75 A
T1          60.89 84 0.75 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 42. Prueba estadística de Tukey

En la figura 42, se puede observar que en la prueba estadística de Tukey no son significativamente diferentes. Según los resultados obtenidos nos dice que el tratamiento 1, 2 y 3 no presentan diferencias significativas en el rendimiento al lavado de la fibra de alpaca de raza huacaya de color blanco y café.

Se puede apreciar que en la figura 42, que no son significativamente diferentes los tres tratamientos en la prueba estadística de Tukey en el lavado de manual de la fibra de alpaca de color blanco y café de la raza huacaya.

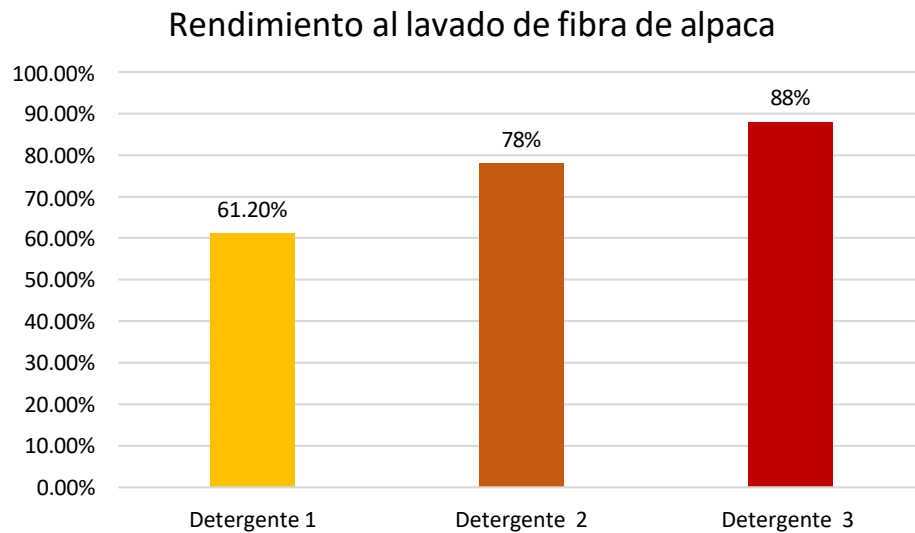


Figura 43. Rendimiento al lavado de fibra de alpaca según la prueba estadística de Tukey

Como se puede observar en la figura 43, en la prueba estadística de tukey nos da los resultados de que el detergente 3 teniendo un 88 % de rendimiento al lavado es más eficiente que los demás tratamientos, teniendo un pH de 6.70 siendo el más eficaz en el proceso del lavado de la fibra de alpaca.

Se puede apreciar en la figura 43, se tiene los resultados de los tres tratamientos en donde nos indica que el tratamiento tres es el más eficaz en el lavado de la fibra de alpaca de color blanco y café a su vez, se puede apreciar el porcentaje del lavado de la fibra de alpaca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que se obtuvo un detergente líquido a base de sábila (*Aloe vera*), saqta (*Cistanthe parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) en la región de Juliaca, constituye una alternativa sustentable y ecoamigable frente a los detergentes convencionales. La combinación de estas plantas con propiedades tensioactivas y biodegradables permitió desarrollar un producto eficaz en la remoción de impurezas sin comprometer la estructura ni las propiedades físico-mecánicas de la fibra. Este enfoque contribuye no solo a la valorización de recursos naturales locales, sino también al fortalecimiento de prácticas textiles responsables con el medio ambiente y con la calidad del producto final.
- Se concluye que se ha logrado la extracción de saponinas a partir de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), obteniéndose cantidades significativas de saponinas de cada especie vegetal, adecuadas para su uso en la formulación de detergentes.
- Se concluyó que se logró determinar la composición de un detergente líquido a base de extractos de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*). Para su preparación se emplearon 8 L de extracto de cada planta, sumando un total de 24 L. La formulación incluyó como aditivos principales soda cáustica y glicerina, y se evaluaron tres tratamientos diferenciados:
 - **Tratamiento 1:** Combinación de los extractos con 200 g de soda cáustica y 150 mL de glicerina, obteniéndose un pH final de 12.27.

- **Tratamiento 2:** Combinación con 150 g de soda cáustica y 100 mL de glicerina, con un pH de 7.83.
- **Tratamiento 3:** Combinación con 100 g de soda cáustica y 50 mL de glicerina, alcanzando un pH de 6.70.

Estos tratamientos permitieron evaluar el efecto de las concentraciones de soda cáustica y glicerina sobre el pH y las propiedades finales del detergente líquido biodegradable.

- Se concluye que, entre las diferentes composiciones del detergente líquido elaborado a base de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), la fórmula número tres presentó el mayor rendimiento en el lavado de la fibra de alpaca. Esta formulación, con un pH de 6.70, demostró ser eficaz para la limpieza de la fibra, sin comprometer su calidad.
- Asimismo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de los datos y la comprobación de hipótesis mediante análisis estadístico. Para este propósito se utilizó el software InfoStat, seleccionando el Diseño Completamente al Azar (DCA) como prueba estadística, dado que permite comparar distintas poblaciones y evaluar su variabilidad. Posteriormente, se aceptó la hipótesis alterna, ya que el valor de significancia (p-valor) fue mayor a 0.05%, lo que indica que el detergente elaborado a base de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) se aplica de manera eficiente en el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) en Juliaca, 2024.
- Por lo tanto, de los tres tratamientos evaluados, el más eficaz fue el tratamiento tres, que empleó 100 g de soda cáustica y 50 mL de glicerina, obteniendo un pH de 6.70. Esta formulación resultó más eficiente en el proceso de lavado de la fibra de alpaca, ya que permitió una eliminación más completa de impurezas y suciedad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda validar a escala piloto la formulación del detergente líquido elaborado con extractos de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para asegurar su eficacia y compatibilidad con la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*). Asimismo, se sugiere optimizar las condiciones de

extracción y concentración de los principios activos, realizar ensayos de estabilidad fisicoquímica y evaluar su impacto ambiental en comparación con detergentes sintéticos. Finalmente, se recomienda promover estudios de aceptación comercial en la región de Juliaca, considerando la valorización de recursos vegetales locales y la generación de productos sostenibles orientados al sector textil especializado.

- Se recomienda definir las condiciones óptimas para la extracción de saponinas a partir de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*). Esta propuesta se fundamenta en los resultados obtenidos y en antecedentes técnicos previos. Asimismo, se sugiere profundizar en la investigación orientada al desarrollo de detergentes líquidos biodegradables, considerando que la industria textil se encuentra entre las principales fuentes de contaminación a nivel mundial.
- Se recomienda para una mejor formulación del detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), evaluar la incorporación de distintos aditivos o sustancias y realizar ensayos con rangos variados de pH. Esta estrategia permitirá identificar el pH más adecuado y las combinaciones más efectivas para garantizar la estabilidad, eficacia limpiadora y características biodegradables del producto final.
- Se recomienda que, para lograr un buen rendimiento en el lavado de la fibra de alpaca con las diferentes formulaciones de detergente líquido a base de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C. parviflora* subsp. *biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*), dichas formulaciones aseguren una eficacia adecuada en la remoción de suciedad sin comprometer la calidad de la fibra.
- Se sugiere profundizar la investigación sobre detergentes naturales, dado su carácter prioritario en el contexto nacional. Existe una amplia diversidad de especies vegetales con potencial para ser utilizadas como agentes detergentes en el lavado de fibra de alpaca. El aprovechamiento de estos recursos permitiría reducir el impacto ambiental asociado al uso de detergentes químicos convencionales, contribuyendo así a prácticas más sostenibles y ecológicas en la industria textil.

- Para investigaciones futuras, se recomienda emplear diversas especies de plantas herbáceas con el fin de desarrollar distintos tipos de detergentes naturales, así como evaluar el efecto de diferentes conservantes en dichas formulaciones. Asimismo, se propone llevar a cabo el proceso completo de elaboración del hilado de fibra de alpaca, desde el escarmenado hasta la producción del hilo, con el objetivo de analizar la resistencia de la fibra tras el uso de los detergentes naturales aplicados.
- Basándonos en los resultados obtenidos y en antecedentes previos, se sugiere explorar el tema de la extracción de las saponinas y el rendimiento al lavado, ya que hoy en día el ámbito textil es la industria más contaminante a nivel internacional.
- Además, se sugiere experimentar con diferentes tipos de pH para la fabricación de un detergente.
- Profundizar el tema de investigación de los detergentes naturales, ya que es muy primordial en nuestro país. Existe una gran variedad de plantas que se puede aprovechar como detergente en el proceso de lavado de fibra de alpaca, ya que nos permite reducir la contaminación del medio ambiente causada por los detergentes químicos.
- Para la siguiente investigación utilizar diferentes tipos de plantas herbáceas para obtener diferentes tipos de detergentes naturales y a la vez probar diferentes tipos de conservantes. Así mismo realizar todo el proceso de elaboración de hilado de fibra, desde escarmenar hasta que se produce el hilado, para saber la resistencia de la fibra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M., & Whitcomb, P. (2001). Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis. In *Technometrics* (Vol. 43, Issue 2). <https://doi.org/10.1198/tech.2001>.
- Agama-Acevedo, E., Juárez-García, E., Evangelista-Lozano, S., Rosales-Reynoso, O. L., Bello-Pérez, L. A. (n.d.). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis characteristics of maize starch and relationship with its biosynthesis enzymes.
- Agualondo, M. M. (2023). Lana de ovino (*Ovis aries*) lavada con detergente biodegradable más sal en grano. <https://dspace.esoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/09508a2a-1ebc-45ff-8657-817200237a43/content>.
- Altmajer, D., Bravo, V., & Olea, J. (2004). Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayos de Lavado, PhD. Editorial de La Universidad e Granada, 1–309.
- Alvarado Lindo, L. K., Bernal Alva, E. A., Chambí Frisancho, G., Loja Romero, G. Z., & Vela Reppo, M. A. (2020). Detergente biodegradable a base de choloque. 390. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/10141>
- Alvarez, M. (2004). La industria de los surfactantes: tendencias mundiales y perspectivas para Colombia. *Revista Palmas*, 25(especial,), 340–353. <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1050>.
- Baldassa, E., Dealbera, G., & Intra, M. S. (2022). *Obtención de glicerina USP*. 1–265. [https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/6067/Obtencion de glicerina USP_Baldassa_Dealbera_Intra_V27.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/6067/Obtencion%20de%20glicerina%20USP_Baldassa_Dealbera_Intra_V27.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Beltrán, A. P. (2014). Aprovechamiento de la glicerina en la obtención de productos de alto valor agregado mediante un proceso de pirólisis rápida. <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/353e15d4-2342-414b-8df7-075b12e2c470/content>

- Bonilla, J. S. (2017). Dimensionamiento de un reactor para la producción del detergente líquido autopolish a nivel industrial en la empresa Produqim LTDA. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/35ab9984-389b-4152-b00e-9a2a0ecd576f/content>
- Brañez Sánchez, M. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Campus*, 23(26), 129–143. <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03>
- Canchari, E., & Salazar, E. (2020). Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. Google Académico. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.
- Cáceres, S. D. (2020). Sistemas biodegradables en el lavado ecológico de fibra de alpaca. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17073/1/17T01710.pdf>
- Castro, A. (2015). Recolección de datos. Obtenido de Fichas: <https://melpe025.files.wordpress.com/2015/03/lasfichas-amycastro14215.pdf>
- Cárdenas, J. M., & Arancibia, H. (2014). Potencia estadística y cálculo del tamaño del efecto en G*Power: complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en psicología. *Salud & Sociedad*, 5(2), 210–224. <https://doi.org/10.22199/S07187475.2014.0002.00006>.
- Cevallos, G., Arnao, K., & Ramírez, J. (2005). Estudio De La Biodegradación De Los Detergentes Comerciales Domesticos De Nuestro País. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química, 95.
- Chávez cobo, p. (2015). uso tradicional de la ruda como planta medicinal en el cantón vicotz, del municipio de nebaj, departamento de quiché. *cusacq*, 199951728.
- Chasi, J. N. F. (2023). Uso de detergente biodegradable más bicarbonato de sodio en el lavado de fibra de alpaca. 75 /Proyecto de química/1. Antecedentes/1.chimborazo lavado de fibra.

- Chipayo, J. C., Nieto, J. I., & Collantes, I. E. (2020). Contribución al estudio fitoquímico del zumo de *Colignonia parviflora* subsp *biumbellata* (Saqta). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(2), 112–122. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i2.281>
- Cogollo, K. A., Barraza, V. F., & Manuel, C. (2008). Bondades del fruto del jaboncillo (*Sapindus saponaria*) como un detergente biodegradable. <https://cienciaybiologia.com/wp-content/uploads/2014/03/bondades-fruto-jaboncillo.pdf>
- Cortes, Erika y Jimenez, Luz. Análisis comparativo de las características físicoquímicas y técnicas de los detergentes ecológicos derivados de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la saponina del jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.) | *Boletín Semillas Ambientales*. (n.d.). Retrieved June 24, 2022, from [en línea]. 2019, Vol.13 No.1. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2022]. ISSN: 2463-0691.
- Diaz Alegría, P. (2022). Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales. 81. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4460>
- Domínguez-Fernández, R. N., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Welti-Chanes, J. S., Alvarado-González, J. S., Garibay-Febles, V., & Gutiérrez-López, G. F. (2012). El gel de aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23–43. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v11n1/v11n1a3>.
- Egg, A. (17 de 10 de 2017). Tipos y niveles de investigación. Obtenido de <http://devnside.blogspot.com/2017/10/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>
- Elena, G., Rojas, B., Enrique, D., & Sánchez, J. (2023). Plan de negocios para la producción y comercialización de detergente ecológico en láminas a base de choloque peruano en Lima metropolitana, 2022.
- Fernández, W., Farías, J., Guardia, G., Márquez, E., & Moreno, J. (2019). Detergente Ecológico En Láminas.

- Fiorovich, I. (2019). Estudio etnofarmacológico del Alore vera “Sábila” y su actividad antioxidante en relación al perfil fitoquímico. 1–161. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/406>.
- Flechas, H., Arango, C., Morales, N. B., & Jiménez, J. (2008). Investigación y desarrollo de tres productos del jaboncillo (*sapindus saponaria* l.) como base para su industrialización. *Colombia Forestal*, 12(0), 171. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a12>. Freire, J., Vaca, M., &
- Almeida, M. (2024). Lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante compuestos biodegradable y carbonato de calcio. *Revista Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad*, 3(1), 52-68.
- Gadea Alcazar, A., Heng Fat, G., Manrique, H., Marianela, S., Jauregui, M., Canales, N., Valeria, J., Albinagorta, R., & Pia, M. (2019). Detergente eco amigable Saphi.113. <http://hdl.handle.net/10757/626571>.
- Gálvez, V. R. (2020). Elaboración de jabón neutro a partir de saponina extraída de la quinua para tratamiento de material textil. *Repositorio de Tesis - UNMSM*, 166. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15701>.
- Gamero, A., & Rondinelli, M. (2018). Producción de Soda Cáustica. 1–171.
- García, F. (2016). Contaminación medioambiental en la industria textil. *Universidad Miguel Hernández*, 0–28.
- García Leiva, M. C., Gonzales Jara, M. G., Gonzales Santacruz, G. A., & Vargas Tacuche, M. E. (2020). Elaboración y comercialización de jabón líquido para manos a base de saqta. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/0456ed0e-6429-4ffe-8c09-4634a847c064>.
- Guevara, R. V. (2013). Proceso de desarrollo y formulacion de detergentes. 182. <http://132.248.9.195/ptd2013/noviembre/0706129/0706129>.
- Goñi Urcelay, F., & Alonso, A. (2021). Detergentes: De los principios físicos a las aplicaciones biofarmacéuticas (o por qué prevenimos la Covid-19 con agua y jabón). *Anales de La Real Academia Nacional de Farmacia*, 87(87(01)), 53–96.

- Gonzalez, A. M., & Quijano, J. D. (2009). Determinación de propiedades físico-químicas de un detergente liquido formulado con metil ester sulfonado-mes-proveniente de aceite de palma africana como principio activo. <https://repositorio.uniandes.edu.pe>.
- Gutierrez, B., Nathalie, K., Tantauillca, C., Anaya, G., Edmundo, R., & Huamán, Q. (2024). Detergente Ecológico Biosaqta.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta ed.). México.
- Illa, G. P., & Tairo, G. (2015). Teñido de fibra de alpaca suri (Vicugna pacos) con carmín de cochinilla (Dactylopius coccus) [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe>.
- Jampar. (10 de 02 de 2022). ¿Cuáles son y tipos de equipos de laboratorio existen en la actualidad? Obtenido de <https://www.jampar.com.pe/>
- Jiménez, S. D. C. (2020). Sistemas biodegradables en el lavado ecológico de fibra de alpaca. 61. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17073/1/17T01710.pdf>
- Junior, J., Castro, H., Raquel, K., & Gupio, Q. (2019). Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en las siguientes carreras: LUIS MIGUEL ARIAS TUCTO Administración de Empresas Ingeniería Industrial Administración de Empresas Marketing y G.
- Knight, A. (2007). Saponaria. A Guide to Poisonous House and Garden Plants, 245–245. <https://doi.org/10.1201/b16160-159>
- Kusumastuti, Y., & Yuniar, G. (n.d.). Extracción de saponina de aloe. 235–238.
- Lozano, F. (2022). Decoloración en fibra negra y marrón de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) a diferentes tiempos con peróxido de hidrógeno y evaluación del porcentaje de medulación. <https://repositorio.unamba.edu.pe>.
- Machado Inca, J. G. (2013). Previa a La Obtención Del Título De Bioquímico Farmacéutico Presentado Por. 64–70. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3223>

- Maldonado, R. (2020). Técnicas de investigación observación y encuesta. Obtenido https://issuu.com/merisala100/docs/revista_bloque_v_grupo_no._6.docx_/s/17245391618
- Maguiña, S. y Romero, J. Factores que determinan la compra de detergentes ecológicos en amas de casa, entre 20 y 40 años, del nivel socioeconómico B, de Lima Metropolitana y Callao [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2022].
- Machaca, V., Bustinza, A. V., Corredor, F. A., Paucara, V., Quispe, E. E., & Machaca, R. (2017). Características de la fibra de alpaca huacaya de cotaruse, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(4), 843–851. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13889>
- Mamani, D. (2018). Acondicionamiento secuencial del proceso de secado de detergente, dara la mejora de la concentración de pH, en la empresa Clean & Clear SAC. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.14717/507/1/Mamani_Danmer_Trabajo_Suficiencia_2018.
- Maxfield, M. G., & Babbie, E. R. (2017). *Research methods for criminal justice and criminology*. Cengage Learning.
- Mena, L., Tamargo, B., Salas, E., Plaza, L. E., Blanco, Y., Otero, A., & Sierra, G. (2015). Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1), 106–116. <http://scielo.sld.cu/scielo>.
- Mecánica, F. DE, Por, P., & Diego Cruz Freire Darwin Vinicio Chimbo Chimbo, J. (2015). Diseño de un proceso industrial para la elaboración de detergentes a partir de la saponina obtenida del fruto de choloque (*Sapindus Saponaria* L.).
- Minagri. (2018). Situación de la Alpaca en el Perú. Dirección Regional de Políticas Agrarias. https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/268/1/bol_etn-situación-de-la-alpaca-en-el-perú-nov-2018.
- Mosquera, S., & Ph, D. (2017). Luis Alberto Montenegro Barrera Luis Alberto Montenegro Barrera.

- Montiel N.(2022). Componentes del gel de Aloe Vera y su relación con efectos terapéuticos. Una alternativa para su uso en la aplicación clínica. Revista Digital de La Facultad de
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). Metodología de investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis. <https://books.google.es/books> Metodología Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.
- Ormachea, E., Calsín, B., & Olarte, U. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas huacaya del distrito de Corani Carabaya, Puno. Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation, 17(2), 215. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.115>
- Ortega, C. (2023). Análisis comparativo: Qué es y cómo se realiza. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-463-comparativo/>.
- Orsini, S. M. D., & Aparicio, G. P. P. (2021). Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (ft-ir) para análisis de muestras de harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca.
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal, 1(4), 1-4.
- Peña Cervantes, H. R., & Nicho Chavez, M. C. Uso del shampoo de Saqta como alternativa de disminución de surfactantes químicos en aguas grises–Villa el Salvador, 2019.
- Pinilla, S. I. (2020). Plan de negocio para la creación de una planta de soda cáustica en Colombia.<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/7e007c94-535f-40a9-9183-e04a557b697d/content>.
- Pouleurs, D. (1996). El gran libro del agua.Latinoamérica. *Xilem Watermark*, 72. <https://read.worldreader>. El gran libro del agua latinoamérica trata sobre la importancia,muchos fenómenos en la Naturaleza.
- Quispe Mamani, Y. (2020). Evaluacion de la produccion y calidad de fibra de Alpaca Huacaya (Vicugna pacos) en la comunidad originaria Chacaltaya. Apthap, Volumen 6, Número 3(3), 2027–2043.

- Polit, E. S., & Pecuarías, C. (2024). Biodegradable compounds and calcium carbonate. 3(1), 52–68.
- Reynaga, J. (2010). Definición de normalidad en estadística y medidas de descripción de datos. In *Epidemiología y Estadística en Salud Pública* (pp. 221–238). <http://paginas.facmed.unam>.
- Requena, J., & Zaravia, W. (2019). Rendimiento al lavado de la fibra clasificada de alpaca huacaya (vicugna pacos). Universidad Nacional De Huancavelica, 70. [https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3196/Tesis-2019- zootecnia-requena cárdenas y zaravia apacolla](https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3196/Tesis-2019- zootecnia-requena_cárdenas_y_zaravia_apacolla).
- Rodríguez, P. (2001). Abastecimiento de agua. (p. 499). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34792833/ABASTECIMIENTO_DE_AGUA_Pedro_rodriguez_Ruiz_ITO-libre.
- Rodríguez, J., & Rodríguez, D. (1999). Los procedimientos clásicos de fabricación de la Sosa. In *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete* (Vol. 14, pp. 293–309). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2292804>
- Roque Gonzales, L. A., & Valdez, E. O. (2018). Productive and textile characteristics of fibre in Huacaya alpacas from Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(4), 1325–1334. <https://doi.org/10.15381/rivep.v19i4.14117>
- Rosa, C., Aguilar, B., Prado, R. D. M., & Castellanos, L. (2016). Revisión bibliográfica en la producción de biodiesel , aplicaciones Review. July 2018. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4329.2403>
- Salazar, X. (2017). “Diseño y evaluación de un biorreactor uasb para depuración biológica de aguas residuales procedentes de lavado de fibra de alpaca y la producción de biogás.”
- Sampieri, R., Collao, C., & Lucio, P. (20023). *Procesos de investigación y enfoques 468 cuantitativos y cualitativos: hacia un modelo integral*. México: Megraw-Hill Interamericana.

- Santos, C., Ccatamayo, B., Isaac, I., Guzmán, M., Saldarriaga, J. J., Flavio, G., Cuadra, P., Alberto, L., & Aguilar, M. (2020). Implementación de un plan de negocio para el lanzamiento de un detergente biodegradable en base de la saponina del olluco. Universidad Tecnológica Del Perú. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3132>
- Siña, M. A. (2012). Características físicas de la fibra de alpacas huacaya del distrito de Susapaya, provincia de Tarata. <https://repositorio.unjbg.edu.pe>.
- Suárez (2013). Sitio Argentino de Producción Animal Vet. Arg, 277(8400), 304. www.produccion.animal.com.ar/volvera:Cursodeproducciondecamelidossudamericano.
- Torres, F. (2015). Agua Agua. *N Engl J Med*, 14372, 1349–1358. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.
- Varela, L. (2010). Determinación del perfil del cliente del eco bola en la ciudad de bogota 2010. *Africa Education Review*, 15(1), 156–179.
- Vásquez Onzueta, R. A. (2016). Determinación de las características físicas de la fibra de alpaca de raza Huacaya color blanco en la comunidad de Iscahuaca, Cotaruse, Apurímac.
- Vásquez, R. A. (2012). Determinación de las características físicas de la fibra de alpaca de raza huacaya color blanco en la comunidad de Iscahuaca, Cotaruse, Apurímac. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/455/T_0062.
- Veliz, J. (2015). Influencia del pH del medio de reacción en la obtención de hidróxido férrico y la temperatura de calcinación del mismo en la producción de óxido férrico rojo a partir del cloruro férrico y soda caústica. 1–151.
- Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., & Pereda-Solís, M. E. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1–13. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>.
- Villacrés Alvarez, M.-G., Calderón Tapia, C.-G., Cauja Moyón, L.-M., & Arcos Guamán, T.-M. (n.d.). Resumen Abstract 37. 2019. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2022].

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de materias primas e insumos utilizados



Anexo 2. Extracción de la saponina de la safta



Anexo 3. Extracción de la saponina de la sábila



Anexo 4. Conservantes para la fabricación del detergente



Anexo 5. Muestra del lavado manual de fibra



Anexo 6. Proceso de elaboración del detergente



**Agregado de la
soda cáustica**



**Agregado de la
glicerina**



**Ebullición del
detergente**



**Detergente
obtenido**

Anexo 7. La medición del pH del detergente



Anexo 8. Clasificación de la fibra de alpaca



Anexo 9. Procesamiento del lavado de fibra en la máquina industrial



Anexo 10. Secado de la fibra después del lavado




Anexo 11. Pesado de las fibras



Anexo 12. Cardado de la fibra



Anexo 13. Ficha de validación de instrumentos por juicio de expertos.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIAL
 Escuela profesional de ingeniería textil y de confecciones

**FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS**

I. DATOS GENERALES

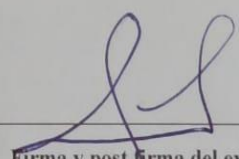
Apellidos y nombres : Farfán Flores Juan Americo
Grado académico : Maestro
Institución que labora : Universidad Nacional de Juliaca
Título de la investigación : Obtención de detergente líquido de sábila (*Aloe vera*), saqta (*C.parviflora subsp. Biumbellata*) y saponaria (*Saponaria officinalis*) para el lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), Juliaca-2024
Autor del instrumento : Tesistas Paccosonco Grande, Sandra y Quispe Beltran, Heydy Laura
Nombre del instrumento: Ficha de recolección de datos
Criterios de aplicabilidad :

- a) De 1 a 9 (no valida, reformular)
- b) De 10 a 12: (no valida, modificar)
- c) De 12 a 15: (valido, Mejorar)
- d) De 15 a 18: (valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (valido, aplicar)

II. ASPECTOS PARA EVALUAR:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACION DE FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL RENDIMIENTO AL LAVADO	DEFICIENTE (1-9)	REGULAR (10-12)	BUENO (12-15)	MUY BUENO (15-18)	EXCELENTE (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	está formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	está expresado con conductas observables				X	
ACTUALIDAD	adecuada al avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	adecuado para valorar los aspectos de estudios					X
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico científico y del tema de estudio					X
COHERENCIA	entre las variables, dimensiones y variables					X
METODOLOGÍA	la estrategia responde al propósito del estudio				X	
CONVENIENCIA	genera nuevas pautas para la investigación					X
Sub total					12	35
Total					47	

VALORACIÓN CUANTITATIVA (total x 0.4) : 47 x 0.4=18.8
VALORACIÓN CUALITATIVA : excelente
OPINIÓN DE APLICABILIDAD : valido para aplicar


 Firma y post firma del experto
 DNI: 23911342



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
 JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres : EDGARDO MARTIN FIGUEROA DONAYLE
 Grado académico : DOCTOR
 Institución que labora : Universidad Nacional de Juliaca
 Título de la investigación: 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
 Autor del instrumento : Tesistas Paccosonco Grande, Sandra y Quispe Beltran, Heydy Laura
 Nombre del instrumento: Ficha de recolección de datos
 Criterios de aplicabilidad :

- a) De 1 a 9 (no valida, reformular)
- b) De 10 a 12: (no valida, modificar)
- c) De 12 a 15: (valido. Mejorar)
- d) De 15 a 18: (valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (valido, aplicar)

II. ASPECTOS PARA EVALUAR:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACION DE FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL RENDIMIENTO AL LAVADO	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
		(1-9)	(10-12)	(12-15)	(15-18)	(18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	está formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	está expresado con conductas observables					X
ACTUALIDAD	adecuada al avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
INTENCIONALIDAD	adecuado para valorar los aspectos de estudios					X
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico científico y del tema de estudio				X	
COHERENCIA	entre las variables, dimensiones y variables					X
METODOLOGÍA	la estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	genera nuevas pautas para la investigación					X
Sub total					8	40
Total						

VALORACIÓN CUANTITATIVA (total x 0.4) : 48 x 0.4 = 19.2
 VALORACIÓN CUALITATIVA : valido
 OPINIÓN DE APLICABILIDAD : valido para aplicar

firma y post firma del experto

DNI: 10307534



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres : Jara Huaranca Rolando Rody
 Grado académico : Maestría en Ingeniería Química
 Institución que labora : Universidad Nacional de Juliaca
 Título de la investigación: 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
 Autor del instrumento : Tesistas Paccosonco Grande, Sandra y Quispe Beltran, Heydy Laura
 Nombre del instrumento: Ficha de recolección de datos

Criterios de aplicabilidad :

- a) De 1 a 9 (no valida, reformular)
- b) De 10 a 12: (no valida, modificar)
- c) De 12 a 15: (valido. Mejorar)
- d) De 15 a 18: (valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (valido, aplicar)

II. ASPECTOS PARA EVALUAR:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACION DE FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL RENDIMIENTO AL LAVADO	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
		(1-9)	(10-12)	(12-15)	(15-18)	(18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	está formulado con lenguaje apropiado				X	
OBJETIVIDAD	está expresado con conductas observables				X	
ACTUALIDAD	adecuada al avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
INTENCIONALIDAD	adecuado para valorar los aspectos de estudios				X	
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico científico y del tema de estudio					X
COHERENCIA	entre las variables, dimensiones y variables				X	
METODOLOGÍA	la estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	genera nuevas pautas para la investigación					X
Sub total					20	25
Total					45	

VALORACIÓN CUANTITATIVA (total x 0.4) : 45 x 0.4 = 18

VALORACIÓN CUALITATIVA : Excelente

OPINIÓN DE APLICABILIDAD : Valido su uso

firma y post firma del experto

DNI: 42716308