



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



**"OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica urens*)
MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SU INFLUENCIA EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS, JULIACA 2025"**

Ana Nelva Machaca Quispe

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

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita



JULIACA - PERÚ

2026





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA



FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES**



**“OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica urens*)
MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SU INFLUENCIA EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS, JULIACA 2025”**

Ana Nelva Machaca Quispe

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

Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita



JULIACA – PERÚ

2026



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



“OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica urens*)
MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SU INFLUENCIA EN LAS
PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS, JULIACA 2025”

Ana Nelva Machaca Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

ASESOR: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

Juliaca, 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Machaca, A. (2026). *Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante enriado químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca.

AUTOR: Ana Nelva Machaca Quispe

TITULO: Obtención de fibras de tallos de ortiga (*Urtica urens*) mediante enriado químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025

PUBLICACION: Juliaca, 2026

DESCRIPCION: Cantidad de páginas (158 pp.)

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

CODIGO: 04-000039-04/M13

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

PALABRAS CLAVE: Enriado químico, fibra textil, ortiga, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

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

**“OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica*
urens) MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SU**
INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO
MECÁNICAS, JULIACA 2025”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL Y DE
CONFECCIONES

Presentada por:

Ana Nelva Machaca Quispe

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

D. Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa

PRESIDENTE DE JURADO



Mtra. Roxana Tacuri Robles

JURADO (secretario)



2° MIEMBRO

Mg. Jesús Arias Escobar

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita
ASESOR DE TESIS

Ana Nelva Machaca Quispe

OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica urens*) MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SU INFLUENCIA EN LAS PR...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:607907453

Fecha de entrega

14 jul 2026, 4:53 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 jul 2026, 4:56 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA (*Urtica urens*) MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO Y SUpdf

Tamaño del archivo

5.1 MB

158 páginas

36.552 palabras

199.333 caracteres

10% 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

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi familia, por ser mi mayor fuente de fortaleza, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante en cada etapa de mi formación profesional.

A mi padre, por creer siempre en mí y por brindarme el apoyo necesario para hacer realidad el sueño de alcanzar una segunda carrera profesional. Su confianza, esfuerzo y sacrificio fueron el impulso que me motivó a seguir adelante y a no renunciar a esta meta.

A mi hermano, por acompañarme siempre con su ejemplo de profesionalismo, integridad y valores. Su dedicación, responsabilidad y perseverancia han sido una inspiración constante para mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Juliaca, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por proporcionarme los conocimientos, valores y experiencias que contribuyeron a mi desarrollo académico y personal.

Mi especial agradecimiento a mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia, dedicación y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos y recomendaciones fueron fundamentales para la culminación satisfactoria de este trabajo.

Asimismo, agradezco al personal de los Laboratorios Generales de la Universidad Nacional de Juliaca por su apoyo técnico, disposición y colaboración durante la realización de los ensayos y actividades experimentales, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.4.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	4
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	4
1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	5
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	8
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	8
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	15
2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES	16
2.2. BASES TEÓRICAS	19
2.2.1. FIBRAS TEXTILES	19
2.2.2. ORTIGA	21
2.2.2. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE FIBRA	27
2.2.3. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	41
3.2. DISEÑO Y MÉTODOS	42
3.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	42
3.2.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	42
3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	42
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	43
3.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	43
3.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	43
3.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	43
3.4.3. VARIABLES	43
3.5. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	44
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA	45

3.6.1. POBLACIÓN	45
3.6.2. MUESTRA	46
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	47
3.7.1. TÉCNICA.....	47
3.7.2. INSTRUMENTO	47
3.7.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	48
3.8. MATERIALES, REACTIVOS, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	49
3.8.1. MATERIAL BIOLÓGICO	49
3.8.2. REACTIVOS.....	49
3.8.3. MATERIALES DE LABORATORIO	49
3.8.4. SOFTWARE.....	50
3.8.5. INSTRUMENTOS	50
3.8.6. EQUIPOS	51
3.9. PROCESO TÉCNICO	52
3.9.1. RECOLECCIÓN DE LA PLANTA ORTIGA.....	52
3.9.2. LIMPIEZA DEL TALLO.....	53
3.9.3. TAJO DEL TALLO.....	53
3.9.4. ENRIADO DEL TALLO	53
3.9.5. SEPARACIÓN DE LAS FIBRAS	55
3.9.6. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN	55
3.9.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	57
3.9.8. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA	61
3.9.9. REDACCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	65
4.1.1. RESULTADO DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS	65
4.1.2. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	73
4.1.3. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN	86
4.2. DISCUSIÓN	93
4.2.1. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS	93
4.2.2. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	94
4.2.3. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN	95

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	97
5.2. RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Taxonomía de la planta de ortiga</i>	22
Tabla 2: <i>Composición química de la fibra de ortiga</i>	23
Tabla 3: <i>Comparación entre la Urtica dioica y Urtica Urens</i>	24
Tabla 4: <i>Propiedades físico mecánicas de la fibra en función de la posición del tallo de ortiga</i>	25
Tabla 5: <i>Propiedades físico mecánicas de diferentes fibras textiles vegetales</i>	26
Tabla 6: <i>Potenciales productos elaborados a partir de la planta de Ortiga</i>	26
Tabla 7: <i>Operacionalización de Variables</i>	44
Tabla 8: <i>Tamaño de grupo muestral por tratamiento</i>	47
Tabla 9: <i>Reactivos químicos usados en la investigación</i>	49
Tabla 10: <i>Instrumentos usados en el proceso de investigación</i>	50
Tabla 11: <i>Equipos usados en el proceso de investigación</i>	51
Tabla 12: <i>Condiciones enriado en agua</i>	54
Tabla 13: <i>Condiciones enriado químico con hidróxido de sodio y clorito de sodio</i>	54
Tabla 14: <i>Condiciones enriado químico con peróxido de hidrogeno y ácido acético</i>	55
Tabla 15: <i>Balance de materia de los tratamientos experimentales</i>	55
Tabla 16: <i>Escala para la evaluación de liberación de fibras textiles</i>	56
Tabla 17: <i>Escala para la evaluación de la facilidad de extracción de las fibras</i>	57
Tabla 18: <i>Interpretación de coordenadas CIELAB</i>	59
Tabla 19: <i>Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis diámetro Aparente</i>	66
Tabla 20: <i>Estadísticos descriptivos diámetro aparente</i>	66
Tabla 21: <i>Grupos que muestran diferencias significativas diámetro aparente</i>	68
Tabla 22: <i>Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis blancura de las fibras</i>	70
Tabla 23: <i>Estadísticos descriptivos blancura de las fibras</i>	70
Tabla 24: <i>Grupos que muestran diferencias significativas blancura de las fibras</i>	72
Tabla 25: <i>Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis carga de rotura</i>	74
Tabla 26: <i>Estadísticos descriptivos carga de rotura</i>	75
Tabla 27: <i>Grupos que muestran diferencias significativas carga de rotura</i>	76
Tabla 28: <i>Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis tenacidad</i>	79
Tabla 29: <i>Estadísticos descriptivos tenacidad</i>	79
Tabla 30: <i>Grupos que muestran diferencias significativas tenacidad</i>	81
Tabla 31: <i>Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis porcentaje de alargamiento</i>	83

Tabla 32: Estadísticos descriptivos porcentaje de alargamiento.....	83
Tabla 33: Grupos que muestran diferencias significativas porcentaje de alargamiento...	85
Tabla 34: Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis liberación de fibras	86
Tabla 35: Estadísticos descriptivos liberación de fibras.....	87
Tabla 36: Grupos que muestran diferencias significativas liberación de fibras	88
Tabla 37: Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis facilidad de extracción.....	90
Tabla 38: Estadísticos descriptivos facilidad de extracción	90
Tabla 39: Grupos que muestran diferencias significativas facilidad de extracción	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Planta de Ortiga</i>	21
Figura 2: <i>Esquema de diseño experimental</i>	42
Figura 3: <i>Determinación del Tamaño de muestra</i>	46
Figura 4: <i>Procedimientos generales de investigación</i>	52
Figura 5: <i>Diagrama de balance de materia del proceso de obtención</i>	56
Figura 6: <i>Procedimientos para el cálculo de la densidad lineal</i>	58
Figura 7: <i>Procedimientos para el cálculo de la blancura de fibras</i>	60
Figura 8: <i>Procedimientos para la caracterización mecánica</i>	61
Figura 9: <i>Procedimientos para el cálculo de la densidad lineal</i>	63
Figura 10: <i>Grafica de Probabilidad del Diámetro Aparente</i>	65
Figura 11: <i>Gráfico de caja diámetro aparente de los cinco tratamientos</i>	67
Figura 12: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de diámetro aparente</i>	68
Figura 13: <i>Grafica de Probabilidad de la Blancura de Fibras</i>	69
Figura 14: <i>Gráfico de caja blancura de las fibras de los cinco tratamientos</i>	71
Figura 15: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de blancura de las fibras</i>	72
Figura 16: <i>Grafica de Probabilidad Carga de Rotura</i>	74
Figura 17: <i>Gráfico de caja carga de rotura de los cinco tratamientos</i>	75
Figura 18: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de carga de rotura</i>	77
Figura 19: <i>Grafica de Probabilidad Tenacidad</i>	78
Figura 20: <i>Gráfico de caja tenacidad de los cinco tratamientos</i>	80
Figura 21: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de tenacidad</i>	81
Figura 22: <i>Grafica de Probabilidad Porcentaje de Alargamiento</i>	82
Figura 23: <i>Gráfico de caja tenacidad de los cinco tratamientos</i>	84
Figura 24: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de porcentaje de alargamiento</i>	85
Figura 25: <i>Gráfico de caja liberación de fibras de los cinco tratamientos</i>	87
Figura 26: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de liberación de fibras</i>	89
Figura 27: <i>Gráfico de caja facilidad de extracción de los cinco tratamientos</i>	91
Figura 28: <i>Gráfico de comparaciones múltiples de facilidad de extracción</i>	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: <i>Matriz de consistencia</i>	110
Anexo 02: <i>Ficha de registro de datos parámetros experimentales</i>	111
Anexo 03: <i>Ficha de registro de datos propiedades físicas</i>	1122
Anexo 04: <i>Ficha de registro de datos propiedades mecánicas</i>	117
Anexo 05: <i>Fichas de validación de instrumentos aprobadas</i>	122
Anexo 06: <i>Informe de ejecución de parte experimental laboratorios generales</i>	125
Anexo 07: <i>Registro fotográfico de insumos y equipos utilizados durante la investigación</i>	127
Anexo 08: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos generales de investigación</i> ..	128
Anexo 09: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 1</i>	129
Anexo 10: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 2</i>	130
Anexo 11: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 3</i>	131
Anexo 12: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 4</i>	132
Anexo 13: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 5</i>	133
Anexo 14: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo de la densidad lineal</i>	134
Anexo 15: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo del grado de blancura (luminosidad)</i>	135
Anexo 16: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo del diámetro medio</i>	136
Anexo 17: <i>Secuencia fotográfica de los procedimientos para la caracterización mecánica</i>	137
Anexo 18: <i>Registro fotográfico de las fibras de ortiga en microscopio electrónico</i>	138
Anexo 19: <i>Registro fotográfico de las fibras de ortiga en medulometro</i>	139
Anexo 20: <i>Curvas de reflectancia vs longitud de onda en espectrofotómetro por tratamiento</i>	140

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia del enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga (*Urtica urens*), Juliaca 2025; siendo la investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo; se evaluaron cinco tratamientos de enriado: T1 (enriado en agua), T2 (NaOH 4%), T3 (NaOH 4% + NaClO₂ 1%), T4 (H₂O₂ 15%) y T5 (H₂O₂ 15% + CH₃COOH 15%). Los tallos de ortiga fueron recolectados en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, región Puno; teniendo un tamaño de muestra de 220 unidades (44 por tratamiento); las fases experimentales se realizaron en los laboratorios generales y especializados de la Universidad Nacional de Juliaca. Los resultados obtenidos mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos; en lo que respecta a las propiedades físicas, el tratamiento T3 presentó el menor diámetro aparente (34.29 μm) en las fibras de ortiga, mientras que T4 y T5 alcanzaron los mayores niveles de blancura de las fibras ($L^* > 74$); en las propiedades mecánicas, el tratamiento T3 registró la mayor tenacidad (16.58 cN/tex), mientras que T2 y T3 alcanzaron los mayores porcentajes de alargamiento (3.77 % y 3.48 %); en lo que respecta al proceso de obtención, el tratamiento T3 obtuvo la mayor liberación de fibras y mejor facilidad de extracción. Concluyendo que el enriado químico influye significativamente en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, siendo el tratamiento T3 (NaOH 4 % + NaClO₂ 1 %) el más eficaz.

Palabras clave:

Enriado químico, fibra textil, ortiga, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the influence of chemical retting on the physical and mechanical properties of fibers obtained from nettle (*Urtica urens*) stems in Juliaca, 2025. The research was applied in nature, with a quantitative approach, an experimental design, and an explanatory level. Five retting treatments were evaluated: T1 (retting in water), T2 (4% NaOH), T3 (4% NaOH + 1% NaClO₂), T4 (15% H₂O₂), and T5 (15% H₂O₂ + 15% CH₃COOH). The nettle stems were collected in the district of Juliaca, province of San Román, Puno region, with a sample size of 220 units (44 per treatment). The experimental phases were carried out in the general and specialized laboratories of the National University of Juliaca. The results obtained using the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$) showed significant differences between treatments. Regarding physical properties, treatment T3 exhibited the smallest apparent diameter (34.29 μm) in the nettle fibers, while T4 and T5 achieved the highest fiber whiteness levels ($L^* > 74$). In terms of mechanical properties, treatment T3 registered the highest tenacity (16.58 cN/tex), while T2 and T3 achieved the highest elongation percentages (3.77% and 3.48%, respectively). Regarding the extraction process, treatment T3 resulted in the greatest fiber release and easiest extraction. In conclusion, chemical retting significantly influences the physical and mechanical properties of the fibers obtained from nettle stems, with treatment T3 (4% NaOH + 1% NaClO₂) being the most effective.

Keywords:

Chemical retting, textile fiber, nettle, physical properties, mechanical properties.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria textil global enfrenta uno de sus mayores retos: la importancia de desarrollar modelos de producción sostenibles de fibras textiles que puedan satisfacer la creciente demanda de estas sin comprometer el estado del medio ambiente; la excesiva utilización de fibras sintéticas y el gran impacto ambiental que genera el cultivo de fibras convencionales han conllevado a la búsqueda de fibras textiles ecológicas y renovables. En ese sentido la fibra de ortiga emerge como una alternativa prometedora debido a su naturaleza biodegradable, el bajo requerimiento de insumos agrícolas y sus propiedades textiles potenciales (Jankauskienė & Gruzdevienė, 2010).

Sin embargo, aun cuando ciertas variedades de esta fibra han sido utilizadas históricamente, su aprovechamiento a gran escala en la industria textil se ve frenado por la limitada cantidad de investigaciones acerca de los métodos de extracción de esta fibra eficientes como es el enriado químico; la aplicación de estos procesos permite aumentar la velocidad de separación y limpieza de las fibras de ortiga (Deepa y Kumaresan, 2022). Analizar adecuadamente los efectos de este proceso sobre las propiedades físicas y mecánicas de la fibra es fundamental para promover el uso de esta fibra a nivel industrial siendo esta sostenible y competitiva a nivel mundial (Viotti et al., 2022).

En ese contexto la presente investigación, titulada “Obtención de fibras de tallos de ortiga (*Urtica urens*) mediante enriado químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025”, busca dar respuesta a la necesidad de generar conocimiento acerca de los procesos de extracción y caracterización de fibras textiles vegetales que permitan desarrollar una industria textil competitiva y sostenible en nuestro ámbito regional, específicamente de una fibra vegetal altiplánica como lo es la ortiga, que si bien es cierto es conocida por su uso en el área de la medicina natural, no ha sido estudiada como alternativa textil. De esta manera esta investigación se divide en cinco capítulos en los cuales se explica ordenadamente como se desarrolló el proceso investigativo.

En el capítulo I denominado Planteamiento del Problema, se plantea inicialmente el problema de investigación, la pregunta general y específica de investigación, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación de la investigación y los alcances y

limitaciones, fundamentando la necesidad de evaluar el impacto del enriado químico en las propiedades textiles de estas fibras.

En el capítulo II presenta la Revisión de Literatura, la primera parte desarrolla los antecedentes de la investigación, subdividido en investigaciones internacionales, regionales y locales, en estos párrafos se resumen las investigaciones en las que se apoyó la presente investigación; la segunda parte denominada bases teóricas menciona conceptos fundamentales de las variables de investigación como son los métodos de extracción de fibra (enriado químico) y las propiedades textiles (propiedades físicas y propiedades mecánicas), en la última parte de este capítulo de desarrolla conceptos del objeto de estudio que es la planta de ortiga (*Urtica urens*) y expone el estado del arte esta fibra como recurso textil.

En el capítulo III detalla los materiales y métodos de la investigación, inicialmente se presenta el lugar de ejecución de la investigación, el diseño y método de investigación, tipo y nivel de investigación, formulación de la hipótesis y la operacionalización de variables, el diseño de contrastación de hipótesis, población y muestra, las técnicas e instrumentos de investigación, materiales, equipos y herramientas y el proceso técnico; este capítulo detalla los protocolos seguidos para garantizar la reproducibilidad y rigor científico de la investigación.

En el capítulo IV presenta una parte fundamental de la investigación que son los resultados y discusión de la investigación, inicialmente se desarrolla los resultados de los tres objetivos específicos donde se detalla el efecto de cada tratamiento de enriado químico sobre las propiedades físico mecánicas en fibras de ortiga; posteriormente se desarrolla la discusión de la investigación por objetivos, en la cual se interpreta el significado de las variaciones detectadas confrontando los hallazgos con la literatura revisada.

En el capítulo V se menciona las conclusiones y recomendaciones, se sintetiza las conclusiones según los objetivos planteados resaltando la información más relevante, finalmente en la sección de recomendaciones se detallan sugerencias para investigaciones futuras que puedan profundizar en la optimización del procesamiento y aplicación de fibras textiles de ortiga mediante enriado químico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Cada año se comercializa más de 80 000 millones de prendas de vestir, haciendo de la industria textil una de las más contaminantes a nivel mundial; la gran mayoría de estas prendas están elaboradas en base a fibras sintéticas que no son biodegradables, por ejemplo, la demanda de fibras de poliéster se ha incrementado en más de la mitad desde 1980, por lo que actualmente el poliéster es el textil más usado a nivel mundial, por delante del algodón. También es necesario resaltar que la fibra de origen natural más utilizada es el algodón, para la producción de algodón se utiliza casi el 20 por ciento de pesticidas y el 25 por ciento de los insecticidas del total usados mundialmente (Sempere, 2019).

Debido a esto y otras muchas razones en los últimos decenios la moda sostenible ha suscitado un interés creciente, y por consiguiente la producción de fibras textiles sostenibles que sean amigables con el medio ambiente y las personas, y que además reduzcan en toda su fase de fabricación los efectos negativos que pueden destruir el entorno, ejemplos de estas fibras textiles sostenibles son las fibras en base a algodón ecológico, plátano, soya, corcho, la ortiga entre otras. Para Deepa y Kumaresan (2022), el uso de fibra de ortiga da como resultado una producción textil biodegradable, renovable, sostenible y respetuosa con el medio ambiente con un bajo consumo de energía.

En Perú, la industria textil es un sector clave de la economía, con una rica tradición en el uso de fibras naturales como la alpaca y el algodón. Sin embargo, la innovación en el uso de nuevas fibras, como la ortiga es limitada, si bien es cierto, es una especie vegetal autóctona, representativa del altiplano y con una presencia común en la región de Puno, no ha sido utilizada como fibra textil como muchas culturas alrededor del mundo, siendo su aprovechamiento relegado inicialmente con el desarrollo de fibras textiles naturales

como el algodón y lino y posteriormente con fibras artificiales y manufacturadas. En nuestra región, específicamente en la ciudad de Juliaca se tiene un fuerte potencial para el desarrollo de la industria textil basada en fibras naturales debido a su biodiversidad y tradición artesanal. No obstante, la falta de investigación en los métodos más eficientes para la obtención y uso de fibras de vegetales limita las oportunidades de innovación local.

En ese sentido la investigación sobre los métodos de obtención de fibra de ortiga a partir de tallos de esta planta recolectados previamente podría abrir nuevas oportunidades para diversificar la producción textil, mejorando la competitividad y sostenibilidad del sector. Con respecto a los métodos de obtención de fibra textil a partir de tallos se pueden mencionar la decortezación, enriado en agua, enriado biológico y enriado químico, definiéndose enriado como el proceso de fermentación microbológica (maceración) de los tallos en el caso biológico; siendo el más efectivo según investigaciones anteriores el método de enriado químico, ya que las sustancias químicas usadas agilizan este proceso de separación de las fibras del tallo de la planta utilizada (Campues, 2022).

Por tal motivo comprender cómo el enriado químico influye en las propiedades físico mecánicas de las fibras de ortiga podría impulsar el desarrollo de nuevos procesos textiles usando fibras vegetales, generando un impulso en la economía regional, promoviendo productos textiles únicos y sostenibles que podrían posicionarse en mercados nacionales e internacionales.

1.2. LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye el enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la influencia del enriado químico en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga?

- ¿Cuál es la influencia del enriado químico en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga?
- ¿Cuál es la influencia del enriado químico en el proceso de obtención de las fibras de los tallos de ortiga?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la influencia del enriado químico en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.
- Analizar la influencia del enriado químico en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.
- Analizar la influencia del enriado químico en el proceso de obtención de las fibras de los tallos de ortiga.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La presente investigación se realiza con el propósito de determinar de manera científica y cuantificable cómo influye el método de enriado químico, el método de extracción más eficiente reportado en la literatura (Campues, 2022), en las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de ortiga (*Urtica urens*), dado que, a pesar de su potencial textil documentado, los parámetros técnicos óptimos para su procesamiento en esta especie son aun escasamente conocidos.

Para ello se emplean normas internacionales estandarizadas ASTM D7879, ASTM D3822 y AATCC TM 110 y equipos especializados como el Fiber EC, el espectrofotómetro CM-700d y el aparato de tensión-deformación PASCO, garantizando reproducibilidad y rigor científico. Los resultados obtenidos permiten establecer parámetros técnicos precisos para el tratamiento de esta fibra, constituyendo una base sólida para optimizar su integración en procesos de

manufactura textil y orientar investigaciones futuras hacia la hilatura y el tejido de fibras vegetales altiánicas con respaldo experimental.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Esta investigación se justifica ambientalmente porque contribuye a la búsqueda de alternativas textiles sostenibles en un contexto global urgente: la producción de algodón la fibra natural más utilizada en el mundo demanda casi el 20% de los pesticidas y el 25% de los insecticidas usados mundialmente (Sempere, 2019) y la expansión del poliéster genera residuos no biodegradables de larga permanencia en los ecosistemas. Frente a ello, la fibra de ortiga representa una alternativa de bajo impacto ambiental, ya que en su estado silvestre crece sin requerir fertilizantes, pesticidas ni riego artificial.

Pero más allá de su crecimiento espontáneo, diversas investigaciones han demostrado que su cultivo controlado es completamente viable podemos mencionar a autores como Viotti et al.(2022) que señalan que la ortiga es relativamente fácil de cultivar en climas templados con precipitaciones razonables; Campues (2022) detalla que el cultivo de *Urtica urens* requiere muy pocos fertilizantes y casi ningún herbicida; y Kartick et al.(2021) concluyen que, con el desarrollo adecuado de tecnologías de cultivo y procesamiento, puede consolidarse como una materia prima textil verdaderamente sostenible. Esto significa que si los resultados de esta investigación impulsan su producción a mayor escala, la sostenibilidad de la ortiga no depende únicamente de su recolección silvestre, sino que está respaldada por un modelo de cultivo demostrado, renovable y con huella ambiental significativamente menor a la de las fibras convencionales. La investigación, entonces, no solo caracteriza la fibra, sino que sienta las bases técnicas para hacer viable esa transición.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La investigación se justifica económicamente porque genera el conocimiento técnico necesario para convertir a la ortiga (*Urtica urens*) en una fuente real de materia prima para la industria textil de la región Puno, específicamente de la ciudad de Juliaca, que cuenta con una sólida tradición artesanal y una industria textil en permanente búsqueda de diversificación. En la actualidad esta planta

crece de manera silvestre en el altiplano, representando un recurso de muy bajo costo de adquisición; sin embargo, como se ha discutido en la justificación ambiental, su cultivo a mayor escala ya está demostrado como viable (Viotti et al., 2022; Campues, 2022), lo que abre la posibilidad de una cadena de valor estructurada: desde la producción agrícola hasta la elaboración de productos textiles con valor agregado.

Valladares et al.(2021) demostraron la viabilidad comercial de productos elaborados con fibra de ortiga, identificando un mercado objetivo de más de 46,000 consumidores potenciales solo en Lima, con una proyección de crecimiento anual del 5%. En ese sentido, conocer con precisión los parámetros de procesamiento más eficientes, que es exactamente el aporte de esta investigación, es el paso previo e indispensable para que emprendedores e industrias locales puedan incorporar esta fibra en su cadena productiva con sustento científico, promoviendo el desarrollo económico regional a partir de un recurso propio del altiplano peruano y posicionando productos textiles sostenibles en mercados nacionales e internacionales.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Esta investigación se justifica socialmente porque genera conocimiento científico aplicable al beneficio directo de las comunidades del altiplano peruano, especialmente de la región Puno, donde la ortiga (*Urtica urens*) forma parte del entorno natural y cultural desde épocas prehispánicas. La planta ha sido aprovechada históricamente por sus propiedades medicinales y alimenticias en comunidades aymara y quechua (Mamani, 2020; Jilapa et al., 2024), pero su potencial como fibra textil permanece inexplorado localmente, desaprovechando así un recurso que podría generar bienestar para las poblaciones rurales que lo tienen al alcance.

Al determinar los parámetros técnicos óptimos para el procesamiento de esta fibra, la investigación abre una oportunidad concreta para que artesanos, pequeños productores y emprendedores de la región puedan incorporar la ortiga como materia prima en su actividad productiva, diversificando sus fuentes de ingreso y reduciendo su dependencia de fibras importadas o de mayor costo. Este

beneficio es especialmente relevante en un contexto donde la tradición textil artesanal de Juliaca y sus alrededores constituye una actividad de subsistencia e identidad cultural para numerosas familias. Además, investigaciones como la de Lanzilao et al.(2016) han concluido que los métodos de procesamiento de ortiga son viables para comunidades locales, lo que refuerza la pertinencia social de generar este tipo de conocimiento adaptado a las condiciones del altiplano.

En ese sentido, esta investigación no solo produce datos científicos, sino que contribuye a democratizar el acceso a tecnologías de procesamiento textil a partir de recursos propios, fortaleciendo la autonomía productiva de las comunidades de la región y promoviendo una industria textil local con identidad, sostenibilidad y base científica.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El desarrollo de esta investigación ha permitido realizar un análisis integral del efecto que tiene el método de enriado químico en las propiedades mecánicas y físicas de los tallos de ortiga muestreados (*Urtica urens*), apoyándose para asegurar la confiabilidad los hallazgos en un diseño experimental adecuado y técnicas cuantitativas validadas estadísticamente. Los resultados generan una base científica técnica para optimizar el procesamiento de fibra de ortiga, logrando quizás una fibra vegetal de alta calidad que pueda ser competitiva frente a otros productos textiles; adicionalmente esta investigación contribuye en el aumento del conocimiento local y regional acerca de la posibilidad del aprovechamiento de las fibras vegetales con bajo impacto ambiental y alta relevancia económica.

Aun cuando el estudio presenta resultados sólidos y específicos, se presentaron limitantes propias de las condiciones del estudio y su alcance como se describe a continuación:

- Las muestras de ortiga se restringieron a un lugar y periodo determinado, limitando así la posibilidad de poder generalizar los resultados a otras variedades de ortiga o quizás parámetros ambientales diferentes.

- Considerando que las investigaciones de fibras textiles vegetales son un tema poco abordado en nuestra realidad regional, este estudio se centró en determinar las propiedades físicas (diámetro aparente y blancura de fibras), propiedades mecánicas (carga de rotura, porcentaje de alargamiento, tenacidad) de las fibras obtenidas de los tallos de la planta de ortiga, excluyendo las propiedades químicas que serían complementarias para la caracterización de las fibras tratadas.
- Los tratamientos de experimentación consideran primero a un método de enriado en agua y cuatro métodos de enriado químicos, siendo posible hacer una comparación de las propiedades físico mecánicas de las fibras como si hubieran sido obtenidas naturalmente y con las tratadas químicamente, no obstante, es importante mencionar que no se incorporó otros métodos de enriado químico que quizás puedan ser estudiados en otra investigación.
- Se reconoce que convencionalmente la evaluación textil requiere de formación de un hilo para medir propiedades mecánicas, en la presente investigación no se pudo llegar a la etapa de hilado debido a las limitaciones de escala y equipamiento requeridos para la experimentación de cinco métodos diferentes de enriado, no obstante la literatura especializada indica que es factible realizar mediciones de propiedades mecánicas en fibras textiles (Quilca, 2023; Deepa y Kumaresan, 2022; Gomez, 2015; Dreyer et al., 2002). Por lo tanto, los resultados obtenidos se presentan como un primer acercamiento experimental que permita elegir el método más adecuado para su experimentación a una mayor escala.
- Finalmente, variables como la sostenibilidad ambiental de la producción de la fibra de ortiga a escala industrial, el coste económico que conllevaría su desarrollo y la aceptación del mercado de los productos textiles realizados con esta fibra no fueron objetivo de esta investigación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Vishwajeet et al.(2024) realizaron la investigación denominada Structure and properties of fibres extracted from Himalayan nettle (*Girardinia diversifolia*), el objetivo de esta investigación fue analizar de manera integral la estructura y las propiedades físico mecánicas de las fibras extraídas de la ortiga del Himalaya (*Girardinia diversifolia*) empleando condiciones óptimas de extracción alcalina para evaluar su potencial en aplicaciones textiles y no textiles. Para ello, se empleó un tratamiento químico de enriado alcalino, consistente en sumergir cintas secas de ortiga en una solución de 8% hidróxido de sodio (NaOH) durante 1 hora a 85 °C (relación material: líquido 1:40); posteriormente, las fibras se neutralizaron con 1% de ácido acético durante 10 minutos a 60 °C, se lavaron y secaron hasta peso constante. Las fibras de ortiga extraídas fueron sometidas a análisis morfológico, físico, químico, cristalográfico y térmico bajo normativas internacionales; en cuanto a las propiedades mecánicas, las fibras enriquecidas presentaron tenacidad promedio de 6.2 gf/den, módulo de 204 gf/den y elongación al quiebre de 4.1%. En conclusión, estas cifras resaltan la capacidad de la ortiga para formar hilados de alta resistencia y su potencial como refuerzo en materiales compuestos, superando o igualando a fibras tradicionales como lino y yute.

Vallejo (2024) en la investigación denominada Obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) generado en la industria panelera del Cantón Echeandía se planteó como objetivo de que a partir de los residuos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) generar fibras útiles para la industria textil. Para ello, se aplicaron dos métodos de obtención: un método físico artesanal y un método químico basado en la extracción y síntesis

de celulosa para la producción de hilo de rayón cuproamoniaco. El proceso químico incluyó una hidrólisis básica con hidróxido de sodio al 15%, seguida de una hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 10%, para lograr extraer celulosa pura del bagazo. Posteriormente, se preparó una solución cuproamoniaco para la formación de la viscosa y hilado químico del rayón. Los resultados mostraron que la celulosa obtenida tuvo un rendimiento promedio cercano al 45%, sin diferencias significativas entre métodos alcalino y ácido. Sin embargo, la viscosa producida no alcanzó la textura adecuada, presentando una consistencia pastosa que dificultó el hilado y tejido, lo que limitó su uso para elaborar productos textiles. En contraste, el método físico permitió obtener fibras aptas para hilatura artesanal, con características similares a fibras naturales como lino, y con resistencia a la tracción y elongación adecuadas para la elaboración de artesanías.

Kartick et al.(2023) desarrollaron la investigación *Properties of Himalayan Nettle Fiber and Development of Nettle/Viscose Blended Apparel Textiles* en la cual el objetivo principal fue evaluar las propiedades de la fibra de ortiga del Himalaya y su potencial para el desarrollo de textiles de vestimenta a través de mezclas con viscosa. En cuanto a la metodología, la fibra fue extraída mediante un proceso de enriado microbiano de tallos de ortiga recolectados en Manipur (India), empleando bacterias pectinolíticas en un baño de agua con 0.5% de fosfato diamónico, a 30–35 °C y en una relación licor/fibra de 15:1, el proceso duró de 3 a 5 días. Las fibras muestreadas fueron caracterizadas en términos de propiedades físicas, mecánicas, químicas, térmicas y morfológicas. Posteriormente, se desarrollaron hilados mezclados de ortiga/viscosa en proporciones de 100/0, 75/25, 50/50 y 25/75, los cuales se utilizaron en telar manual para producir tejidos con urdimbre de algodón y se realizaron procesos de blanqueo con H₂O₂. Los resultados mostraron que la fibra de ortiga posee finura de 2.2–2.4 tex, tenacidad de 10–16 cN/tex y elongación cercana al 3%. La mezcla con viscosa mejoró la flexibilidad de los hilos y tejidos, reduciendo la rigidez (módulo inicial de 554 a 271 cN/tex) y la rigidez flexional de las telas. Aunque la tenacidad de los hilados mezclados disminuyó ligeramente respecto a la ortiga pura, se observó un incremento en la blancura, la recuperación al arrugado y la facilidad de teñido.

Campues (2022), en el trabajo de investigación denominado Desarrollo de un género textil a base de tallos de ortiga para la aplicación en indumentaria, llegó al resultado de generar un producto apto en base a tallos de ortiga para ser trabajado como material en la industria textil, los parámetros hallados en cuanto a las características y propiedades del género textil cumplen con los estándares requeridos para que pueda ser usado como materia prima en la construcción de un tejido que pueda ser sostenible, y generado en base a materia prima ecológica y propia de la región ecuatoriana. Se elaboró un género textil que mezcla la lana de ovino y fibra de ortiga en una proporción de 25% y 75% respectivamente, producido a través de cardado, hilado y tejido manual, obteniéndose finalmente un tejido de tipo plano, suave y resistente, siendo óptimo su empleo en la industria textil.

Deepa y Kumaresan (2022), en la investigación denominada Stinging nettle fibres extraction and characterization using chemical retting method and influence of tensile properties, estudiaron las propiedades de resistencia a la tracción de las fibras de ortiga tratadas con soluciones de hidróxido de sodio y clorito de sodio. En este estudio, las muestras de fibra de ortiga se sumergieron en soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) al 4 % y clorito de sodio (NaClO₂) al 1 % a una temperatura de 100 °C durante 90 min. Las muestras de fibra de ortiga se prepararon y probaron como se detalla en las normas ASTM D3822. Así, la resistencia a la tracción media de las fibras de ortiga tratadas aumentó un 27,17 % en comparación con la fibra no tratada. El tratamiento con álcali suave aumenta la resistencia a la tracción, el contenido de celulosa y disminuye el alargamiento debido a la extracción de fibras y la degradación de materiales no celulósicos como la hemicelulosa, la lignina y la pectina. En comparación con la fibra de ortiga sin tratar, el módulo de Young medio de la fibra tratada con clorito de hidróxido de sodio aumentó un 26,79 %.

Viotti et al. (2022) en la investigación denominada Nettle, a Long-Known Fiber Plant with New Perspectives; plantearon como objetivo presentar una perspectiva histórica de las características de selección, cosecha y procesamiento de la fibra donde se detalla el estado del arte de la selección varietal de ortiga. Se proporciona una síntesis del conocimiento general sobre su biología,

adaptabilidad y componentes genéticos, destacando las lagunas en nuestro conocimiento actual sobre las interacciones con otros organismos. Además, abordaron las características de cultivo y procesamiento, poniendo especial énfasis en los sistemas de cosecha y los procesos de extracción de fibra para mejorar el rendimiento y la calidad de la fibra. Llegando a la conclusión de que las ortigas son relativamente fáciles de cultivar, particularmente en climas templados, siempre que haya precipitaciones razonables.

Mudoi et al.(2022) desarrollaron la investigación denominada Optimizing the alkali treatment of cellulosic Himalayan nettle fibre for reinforcement in polymer composites. En este estudio, las fibras extraídas se trataron con una solución alcalina al 3, 5, 7 y 10% en peso y se caracterizaron las fibras crudas y tratadas en cuanto a propiedades químicas, morfológicas, físicas, mecánicas y térmicas. El objetivo es encontrar la concentración de álcali optimizada para el tratamiento de la superficie de la fibra para su uso como refuerzo en compuestos poliméricos. Los resultados revelaron que el tratamiento con álcali eliminó ceras, lignina y hemicelulosa de la superficie y mejoró las propiedades de la fibra para hacerla compatible con la matriz polimérica. Sin embargo, la concentración de álcali afectó significativamente las propiedades de la fibra. El tratamiento con 5 % de álcali resultó en un índice máximo de cristalinidad (79,1 %), rugosidad promedio (26,8 nm), resistencia a la tracción (296,97 MPa), energía de activación (181,33/180,97 kJ/mol) y temperatura inicial para la etapa de degradación II (311,2 °C). Esta investigación concluye que el 5 % es la concentración de álcali optimizada para el tratamiento superficial de la fibra de ortiga.

Kartick et al. (2021) desarrollaron la investigación denominada Applications of Nettle Fibre in Textile: A Brief Review, la cual tiene como objetivo principal es evaluar las propiedades, procesos de obtención, tratamientos y aplicaciones textiles de la fibra de ortiga, resaltando sus ventajas medioambientales y funcionales. En esta investigación se probaron tratamientos químicos, principalmente con hidróxido de sodio (NaOH) en diferentes concentraciones y temperaturas, que mejoran significativamente la resistencia a la tracción, elongación y finura de la fibra. Llegando principalmente al resultado de que un tratamiento con 5% de NaOH incrementó la resistencia a 5.57 g/den y elongación

al 3.6%, mientras que un tratamiento con 10% de NaOH redujo la finura a 20.1 denier, mejorando las características mecánicas y de cristalización. Además se ha explorado la producción de hilos y tejidos, incluyendo mezclas con algodón y bambú, dando lugar a textiles con buena resistencia y elongación, aptos para moda y textiles técnicos. En conclusión, la fibra de ortiga, con el desarrollo adecuado de tecnologías de cultivo y procesamiento, puede ser una valiosa materia prima textil sostenible.

Singh et al.(2020) en la investigación denominada Chemical treatment of nettle ribbons and its effect on tensile property of extracted fiber se planteó el objetivo de evaluar el efecto del pretratamiento químico en la mejora de las propiedades mecánicas de la fibra de ortiga del Himalaya (*Girardinia diversifolia*), cuya rigidez e inextensibilidad han limitado su aprovechamiento en la industria textil. El proceso experimental consistió en recolectar cintas de ortiga las cuales fueron sometidas a diferentes concentraciones de dióxido de cloro (NaClO_2), ácido acético e hidróxido de sodio (NaOH), variando los tiempos de exposición con el fin de optimizar las condiciones de tratamiento. Posteriormente, las fibras extraídas fueron caracterizadas en términos de finura, tenacidad, elongación y fuerza de ruptura, utilizando instrumentos digitales especializados, y se compararon con fibras sin tratamiento (muestra control). Los resultados mostraron que el pretratamiento produjo una reducción en la finura de 14.77 a 11.60 denier, un incremento en la tenacidad de 3.84 a 5.46g/den, un aumento en la elongación de 1.66% a 3.33% y una mayor fuerza de ruptura, que pasó de 54.93g a 77.84g; concluyendo que el tratamiento químico aplicado a la ortiga mejoró de manera significativa sus propiedades físicas y mecánicas, favoreciendo su flexibilidad, resistencia y procesabilidad.

Sett et al.(2016) realizaron la investigación denominada Studies on the extraction and properties of himalayan giant nettle en la cual plantearon el objetivo de desarrollar un método eficiente y ecológico para la extracción de fibras de ortiga gigante del Himalaya (*Girardinia diversifolia*) y evaluar sus propiedades para aplicaciones textiles. El proceso propuesto comienza con el corte y apertura mecánica de cintas de corteza seca, seguido de un tratamiento químico multietapa: primero, las fibras se empapan en una solución de Clorito de Sodio

al 3 - 4% (relación fibra: líquido 1:15) e incuban a temperatura ambiente toda la noche; tras un lavado, se tratan con una solución de hidróxido de sodio al 5 - 6% con surfactante durante 40 - 45 h a 25 - 30 °C, seguido de un blanqueo con peróxido de hidrógeno alcalino al 3 - 5% y estabilizador, y finalmente un tratamiento enzimático con pectinasa (pH 8) por 25 - 30 h, para obtener fibras individuales limpias y suaves. Los resultados mostraron que el desgomado redujo la finura de 3.06 a 1.44 tex y aumentó la pureza de celulosa (de 68.1% a 74.2%), las fibras tratadas exhibieron tenacidad de 43.3 cN/tex, módulo inicial de 85.6 N/tex, elongación de 1.5% y resistencia específica al trabajo de ruptura de 4.58 N/tex. En esta investigación se concluyó que este método es viable para comunidades locales y mejora la calidad textil de la ortiga, permitiendo su procesamiento en sistemas modernos de hilatura y la obtención de hilados aptos para productos de mayor valor añadido.

Lanzilao et al.(2016) en la investigación denominada Estudio de las características morfológicas y propiedades físicas de la fibra de la ortiga gigante del Himalaya (*Girardinia diversifolia*) en comparación con la fibra de la ortiga europea (*Urtica dioica*) se plantearon como objetivo comparar las propiedades mecánicas de la fibra de la ortiga gigante del Himalaya con la fibra de ortiga europea; obteniendo como resultados con respecto a la longitud que la ortiga gigante del Himalaya es sustancialmente mayor que de la ortiga europea, en lo referente al área de sección transversal ambas especies presentaron la misma forma, finalmente el valor de tensión máximo fue alcanzado por las fibras de la ortiga gigante del Himalaya siendo este más del doble que la otra especie analizada, concluyendo que las fibras de la especie *Girardinia diversifolia* presentan propiedades de tracción que favorecen el uso de esta planta en aplicaciones del área textil.

Gomez (2015), desarrolló la investigación Obtención experimental de nuevas fibras textiles vegetales, cuyo fin fue recolectar y experimentar con especies vegetales no aprovechadas en Ecuador los cuales fueron mimosa, caña de azúcar, eucalipto, maíz, pino, quinua, san pedro, cacto opuntia, agapantos, juncos, totora, achira y yuca. Las fibras se obtuvieron por método artesanal y enriado químico con soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) en concentraciones del 2% y 5%,

adecuado para fibras suaves y duras respectivamente. Los resultados mostraron que plantas como Maíz, Caña de Azúcar, Eucalipto, Yucca Guatemalensis, Acacia de abalta y Polylepsis racemosa son prometedoras para la producción de fibras textiles e hilatura, presentando fibras aptas para procesos de blanqueamiento y tinturado, mientras que otras como Pino no resultaron viables. La investigación concluye que estas fibras tienen potencial para ampliar los recursos textiles sustentables en Ecuador, vinculando aspectos científicos, técnicos y de sostenibilidad.

Martínez y Martínez (2015) en la investigación denominada Extracción de la fibra del Escobo (*Sida rhombifolia*) por el método de enriado para su posible utilización en la industria textil plantearon el objetivo de extraer la fibra vegetal del tallo del escobo a partir del método de extracción mecánico variando factores como la temperatura y tiempo de extracción, emplearon una metodología de tipo experimental, considerando procesos de enriado mecánicos, biológicos y químicos; analizando las variables de tiempo (15 y 30 días) y la temperatura (ambiente y ebullición), y la purificación de los tallos con soluciones (KOH, NaOH y H₂O₂). Los resultados concluyeron en que un tratamiento de enriado biológico de 15 días y una purificación con Peróxido de Hidrogeno a temperatura de ebullición lograron fibras más limpias, de color blanco y mejor calidad.

Bacci et al.(2011) realizaron la investigación denominada Effect of different extraction methods on fiber quality of nettle (*Urtica dioica*) cuyo objetivo fue comparar el efecto de diferentes métodos de extracción (enriado químico, enriado en agua, microbiológico y enzimático) sobre la calidad de las fibras de ortiga (*Urtica dioica*), midiendo sus propiedades morfológicas, mecánicas y composición química, aplicando estos métodos tanto a tallos completos como a fibras previamente decorticadas, incluyendo el uso de bacterias anaerobias y aeróbicas, así como enzimas comerciales (Viscozyme L y Pectinex Ultra SP-L) con y sin adición de EDTA. Sus análisis incluyeron mediciones de diámetro y longitud de fibra, tenacidad y elongación, además del contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, utilizando técnicas estandarizadas (ISO 5079-98, Van Soest y ANOVA). En los resultados podemos mencionar que los métodos de extracción microbiológico y enzimático con EDTA producen fibras más finas

(diámetro: 24–33 μm), mientras que el enriado en agua y procesos químicos dan fibras algo más gruesas (30–41 μm), las máximas tenacidades se registran en fibras decorticadas sin enriar (hasta 126 cN/tex), pero con menor calidad textil por su bajo contenido de celulosa, los procesos microbiológicos y enzimáticos (con EDTA) dan tenacidades de 40–64 cN/tex, los tratamientos químicos y algunos enzimáticos llegan a elongaciones máximas de 5.6 %, mientras que la mayoría de métodos microbiológicos y enzimáticos se sitúan en el rango 0.8–3.8 %.

Bonilla et al.(2009), realizaron la investigación denominada Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*), realizaron el proceso de extracción de la fibra por diversos métodos, de manera que la fibra se retire con daños mínimos; con el objetivo de caracterizar la fibra y conocer sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Indicando como resultado. Por un lado, el método mecánico resultó ser el más efectivo para extraer la fibra, esta trata de un proceso tradicional de descortezado, adaptado con algunas modificaciones en una desfibradora de cabuya; siendo el desfibrado relativamente rápido y con fibras más limpias y con un bonito brillo; por otro lado, dentro de los métodos químicos, el que dio mejores resultados fue el que empleó una relación licor de 4:1, con un tiempo de inmersión de una hora, usando peróxido de hidrógeno al 37,5% en peso y ácido acético glacial al 50% w/w, todo a temperatura de ebullición. Con este tratamiento, las fibras se desprendían con mucha más facilidad, quedaban más sueltas y limpias, y además lograban un blanqueado muy superior al que se obtenía con los demás métodos probados.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Valladares et al.(2021), en el trabajo de investigación denominado Estudio de Pre – Factibilidad para la elaboración de bolsos de mano a base de fibra natural de ortiga, plantearon el objetivo de promover el aprovechamiento de la fibra natural de ortiga como materia prima para productos textiles y alternativa a las fibras convencionales, ayudando a reducir el impacto ambiental generado por la industria textil, adicionalmente brinda una base teórica de los resultados de rentabilidad y factibilidad acerca del aprovechamiento de esta fibra para la

elaboración de bolsos que pueden ser usados por emprendedores; finalmente la investigación llegó a la conclusión de que gracias a las encuestas e investigación de mercado se pudo delimitar claramente el mercado objetivo de la empresa Orti Bags S.A.C, siendo su segmento de mercado elegido 46,467 personas del sexo femenino que tienen entre 13 a 39 años, quienes pertenecen al Nivel Socioeconómico A y B, planteándose inicialmente cubrir el 2% del mercado objetivo, con una tasa de crecimiento anual del 5%.

Vega y Villanueva (2020), en la tesis denominada Influencia de la concentración de hidróxido de sodio sobre la resistencia a la tracción de fibras individuales de *Stipa ichu*, plantearon como objetivo principal evaluar la influencia del aumento de la concentración de hidróxido de sodio en la resistencia a la tracción de fibras individuales de *Stipa ichu*. El proceso de experimentación que se siguió en esta investigación inicio con la limpieza previa de la planta, posteriormente se realizó los tratamientos de mercerizado con Hidróxido de Sodio al 2.5, 5, 7, 10, 12.5, 15, 20 y 25 por ciento peso volumen, según la norma ASTM D1965. Se caracterizaron física, química y mecánicamente las fibras mercerizadas de *Stipa ichu* midiendo diámetro, humedad, composición química, y mediante FTIR, SEM y tracción (norma ASTM D3822). Los resultados muestran que subir la concentración de NaOH reduce la humedad y ciertos componentes, aumenta la rugosidad y afecta la resistencia a la tracción. El mejor desempeño se dio con 7.5% p/v, logrando un aumento del 21% y un máximo de 103.02 MPa. Las concentraciones entre 2.5% y 7.5% dieron resistencias de 91.13 a 103.02 MPa, mientras que concentraciones más altas provocaron una caída hasta 39.54 MPa, por debajo del valor de referencia (85.11 MPa). En definitiva, la concentración de NaOH determina directamente la resistencia de las fibras.

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES

Coaquira y Sucaticona (2025), en su tesis titulada Caracterización de la fibra extraída del pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*): evaluación de métodos de extracción a través de propiedades físicas y mecánicas, San Pedro de Putina Punco, Sandia – 2024, tuvieron como objetivo evaluar la influencia de los métodos de extracción (físico, biológico, químico y mixto) en las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de plátano. La metodología fue de tipo

experimental con diseño completamente al azar, utilizando 16 unidades muestrales, para la extracción, desarrollaron una desfibradora mecánica, obteniendo una eficiencia del 1.8%. Los resultados mostraron que el método mixto produjo el menor diámetro (98.10 μm), mientras que el método biológico destacó por su mayor resistencia a la tracción (129.82 MPa). Sin embargo, el análisis ANOVA indicó que las diferencias en resistencia a la tracción no fueron estadísticamente significativas, concluyen que el método biológico es el más efectivo para la resistencia mecánica, aunque el método mixto optimiza la finura, recomendando estudios adicionales sobre concentraciones, tiempos de aplicación y su comparación con otras especies de Musa.

Condori (2025), desarrollo la tesis denominada Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (*Zea mays*), Juliaca 2025, tuvo como objetivo determinar el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de fibras extraídas de pancas de maíz obtenidas del mercado dominical de Juliaca. La metodología fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental factorial 2^4 con dos réplicas, totalizando 32 unidades muestrales, los factores evaluados fueron concentración de NaOH (4 y 7 g/L), ácido acético (1 y 3 g/L), temperatura (60 y 90 °C) y tiempo (60 y 120 min). Los resultados mostraron que el tratamiento químico tuvo efectos altamente significativos en la resistencia a la tracción ($p = 0.000$), alcanzando 21.97 cN/tex con la combinación de NaOH 4 g/L, 60 °C y 60 min; el porcentaje de elongación ($p = 0.027$) alcanzó 24.10% con ácido acético 3 g/L, 60 °C y 60 min; y el tiempo de rotura ($p = 0.003$) fue de 13.92 s. Concluye que el tratamiento químico optimiza las propiedades mecánicas de las fibras de panca de maíz, evidenciando su potencial como biofibra textil sostenible con un margen de contribución del 54.19% en producción artesanal

Taipe (2024) desarrollo la investigación denominada: Determinar las propiedades textiles de la seda de araña a 3 824 m.s.n.m. Juliaca, 2023", tuvo como objetivo determinar las propiedades textiles de la seda de araña (*Araneus diadematus*) en la ciudad de Juliaca, evaluando sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. La metodología fue de tipo básico, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal, con una muestra de 385 unidades de seda de

araña de 60 cm de longitud, recolectadas en tres cementerios de Juliaca mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron un diámetro medio de fibra (MDF) de 23.38 μm , índice de confort de 77.95%, factor picazón de 22.08% y una medulación del 100% no medulada con MDF de 12.85 μm , en propiedades mecánicas, la mayor resistencia se alcanzó con 10 hebras (1.85 N) y una elongación de 23.10%, mientras que la absorción de humedad fue de 28.14% inicial y 21.81% final. Concluye que la finura de la seda de araña (23.38 μm) se asocia significativamente a la calidad de fibras de alpaca, ubicándose en la categoría "alpaca fleece" (fina) según la NTP 231.301:2014, demostrando su potencial como fibra textil alternativa.

Quilca (2023) realizó la investigación cuyo título es Obtención de fibra textil, a base de totora (*Schoenoplectus californicus*), utilizando una solución básica; cuyo objetivo principal fue lograr procesar fibra textil proveniente de la totora (*Schoenoplectus californicus*) utilizando una solución de carácter alcalino. La metodología utilizada consistió en términos generales en utilizar muestras de totora de 10cm de longitud, las cuales fueron sometidas a tres ensayos diferentes: en el primer ensayo se trata la muestra con Hidróxido de Sodio al 2% en una cocción a 90°C por un tiempo de 120 minutos de ebullición, en el segundo ensayo el porcentaje de Hidróxido de Sodio fue de 5% a la misma temperatura en cocción y 90 minutos en ebullición y el tercer ensayo se trató la muestra en una estufa en una solución de Hidróxido de Sodio al 2% a una temperatura de 85°C por 60 minutos. Los tres ensayos arrojaron resultados bastante distintos: en el primero, la fibra tratada alcanzó una longitud de 46.50 mm, con una elongación en seco del 32.56% y en húmedo del 11.63%, en el segundo ensayo, la fibra textil obtenida midió 52.00 mm, con elongaciones del 16% en seco y 32% en húmedo y en el tercero, se logró una fibra mucho más larga, de 98.25 mm, pero con elongaciones más bajas: 9.38% en seco y 18.75% en húmedo. Pudiendo concluir que el primer ensayo fue el que dio los mejores valores en cuanto a elongación y capacidad de recuperación elástica, lo que lo convierte en el tratamiento más adecuado entre los tres probados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FIBRAS TEXTILES

Las fibras textiles son polímeros lineales largos que poseen una alta resistencia a la deformación; ellos soportan bajos estiramientos y poseen un alto modulo y alta resistencia a la tracción. Las características generales de las fibras se reflejan a nivel intramolecular, como sus moléculas se acomodan en dirección de su cadena principal, su resistencia a la tracción reside al final en la resistencia de los enlaces químicos entre las cadenas del polímero (Raimondo, 2010).

Para Lockuan (2013), una fibra textil es un elemento de escasa sección transversal y una relación longitud-sección considerablemente alta. También se puede definir como un filamento que se caracteriza por una elevada longitud en relación a su diámetro; siendo estos muy diversos dependiendo de la procedencia de la fibra. (Flores D. , 2011).

Para Raimondo (2010), el número de fibras usadas por el hombre actualmente bordea las 550 y son clasificadas de la siguiente forma:

a) Naturales vegetales o celulósicas:

1. Pelos: algodón
2. Tallos: yute, lino, ramio, cáñamo
3. Hojas: manila, sisal
4. Frutos: coco

b) Naturales animales o proteínicas:

1. Filamentos: seda
2. Pelos: lana de oveja, de camélidos de cabras (cashmere, mohair) y de conejos (angora)

c) Naturales minerales:

1. Asbestos

d) Artificiales o regeneradas vegetales:

1. Esteres celulósicos: acetato de celulosa
2. Rayones: rayón convencional, rayón de alta tenacidad o de modulo húmedo alto, rayón polinosico, liocoles

3. Alginatos

e) Artificiales o regeneradas proteínicas:

1. Azlon: vicara

f) Artificiales o regeneradas minerales:

1. Vidrio
2. Metálicas

g) Sintéticas o hechas por el hombre (man made):

1. Poliésteres: dracon, forcel, trevira, terylene
2. Poliamidas: Nylon 6, nylon 6.6, Nomex, Qiana
3. Poliacrlicas: orlon, acrilán, dynel
4. Poliuretánicas: lycra, spandex
5. Polifluorocarbonicas: Teflon
6. Polivinilcloruricas: Vinyon
7. Polivinildenicas: Saran
8. Polietilenicas
9. Polipropilenicas

a. FIBRAS DE LÍBER

Las fibras de los tallos de ortiga son fibras de líber, este tipo de fibras también llamadas fibras de estopa, se obtienen como resultado de la extracción del floema (recubrimiento del núcleo leñoso del tallo de las plantas dicotiledóneas); el floema es la corteza que protege a la planta de los constantes cambios de temperatura y la ayuda en la evaporación de su humedad interna y a mantenerse erguida. La composición de este tipo de fibras son las células alargadas con paredes anchas sobrepuestas entre sí, las podemos hallar en forma de hebras por debajo de la corteza, manteniéndose unidas debido a un material de carácter no celulósico que está a lo largo del tallo (Campues, 2022).

2.2.2. ORTIGA

La ortiga (*Urtica urens*) junto con la ortiga mayor (*Urtica dioica*), representan las especies más comunes del género *Urtica*, que comprende 63 especies de plantas con flores y pertenece a la familia *Urticaceae* (40 géneros y más de 500 especies) de los principales grupos de angiospermas. Estas dos especies son nativas de Europa, África, Asia y América del Norte. El nombre “Ortiga” podría provenir de la palabra anglosajona “noedl” que significa aguja, y *Urtica* es una palabra latina que significa “quemar”, que hace referencia al ardor que provoca al tocar la planta (Viotti et al., 2022).



Figura 1: *Planta de Ortiga*

FUENTE: Elaboración propia

La familia de las ortigas puede ser catalogada como mala hierba, teniendo todas cualidades urticantes (la sensación de picazón que genera después del contacto con la piel); es una familia de plantas que han sido utilizadas por muchos años como tratamiento de enfermedades, en la alimentación y como fibra textil para prendas de vestir. La *Urtica urens*, probablemente la más común en nuestra región, también llamada ortiga menor, se le suele encontrar creciendo junto con la ortiga mayor (*Urtica dioica*), su tamaño aproximado suele ser entre 50 a 70 centímetros de altura, es una planta anual, de germinación otoñal con plántula de porte erguido, con un tallo de forma prismática y hojas dispuestas en pares opuestos, presenta cotiledones ovalados, de 4 a 6 mm de largo, con el ápice

levemente hendido y cubiertos por finos pelos rígidos (Centro de investigación y tecnología agroalimentaria de Aragón, 2018).

La ortiga presenta una raíz blanquecina, fibrosa y pivotante, con crecimiento anual, cuya extensión del tallo varía entre 0.5 a 1 metro; presenta una buena resistencia al frío invernal, atribuida a su follaje alargado y a los bordes de textura áspera y aserrada. A excepción de los tallos jóvenes y las hojas, casi toda la planta está cubierta de vello urticante (ácido fórmico), este vello presenta puntas que se quiebran con facilidad al contacto y terminan incrustándose en la dermis, inyectando inmediatamente el contenido urticante y generando una sensación de dolor que puede llegar a estar activo hasta 36 horas (Avogel, 2024).

La *Urtica urens* es originaria de Europa e introducida al Perú, creciendo en bosques, lomas y otros lugares ubicados entre los 0 a 4500 m.s.n.m. presente en varias regiones del país (Mostacero et al., 2009).

a. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica de la planta de ortiga es la siguiente:

Tabla 1: *Taxonomía de la planta de ortiga*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Urticaceae
Género:	Urtica
Especie:	U. urens

FUENTE: Tomado de Fanerógamas del Perú: taxonomía, utilidad y eco geografía (Mostacero et al., 2009)

b. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Bacci et al.(2011) reportaron que la fibra de ortiga sin enriar presenta un contenido de celulosa de 65.3%, el cual se incrementa hasta 86.3% tras el enriado, evidenciando que el proceso elimina materiales no celulósicos como

hemicelulosa, lignina y pectina; por otro lado, Vishwajeet et al.(2024) determinaron la composición química de la ortiga del Himalaya, encontrando que las cintas sin tratar presentan 69.2% de celulosa, 5.3% de hemicelulosa y 15.8% de lignina.

Tabla 2: *Composición química de la fibra de ortiga*

Muestra	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)
Fibra de ortiga sin tratar	69.2	5.3	15.8	9.7
Fibra de ortiga con enriado alcalino	89.7	1.3	7.7	1.3

FUENTE: Tomado de Structure and properties of fibres extracted from Himalayan nettle (Vishwajeet, Majumdar, & Gupta, 2024)

c. HISTORIA

El uso de la ortiga como fuente de fibra textil tiene una larga trayectoria de alrededor de 2000 años. En la década de 1720, en Alemania se realizó uno de los primeros intentos para comercializar fibras textiles obtenidas de esta planta; sin embargo, con la llegada de materias primas como el algodón, más fáciles de cultivar y procesar, la ortiga perdió importancia. Durante la Primera y Segunda Guerra Mundial también se emplearon materiales derivados de *Urtica dioica*. Entre 1927 y 1950, el Dr. Gustav Bredemann trabajó con cruces de especímenes vegetales escogidos de esta especie, basándose en características como resistencia al frío, tallos largos y rectos, pocas ramas y alto contenido de fibra, el resultado de estos esfuerzos fue una variedad conocida como Fibre Nettle (Campues, 2022).

En la región Puno la planta de ortiga es una especie altiplánica representativa, se adaptó a las duras condiciones climáticas de nuestras zonas altoandinas, creciendo de manera silvestre y cultivada en diversos pisos ecológicos de la región, siendo estas aprovechadas desde culturas prehispánicas por sus propiedades diuréticas y anti inflamatorias (Mamani, 2020).

d. CULTIVO Y COSECHA DE LA FIBRA DE ORTIGA

Las investigaciones sobre el cultivo y la cosecha de la ortiga se han centrado principalmente en *Urtica dioica* (ortiga mayor); considerada internacionalmente la especie más relevante para la obtención de fibra textil, esta planta prospera en suelos arcillosos, húmedos y con ligera sombra en espacios abiertos, requiere suelos ricos en nitrógeno y con un pH cercano a 6.5, antes de sembrar, es necesario controlar las malezas y preparar el terreno de manera similar al cultivo de maíz o papa; la planta puede propagarse mediante semillas, plantones, esquejes o fragmentos de rizoma, y sus semillas germinan entre 10 y 15 días según el clima, la rotación de cultivos resulta fundamental.

En el caso de *Urtica urens* (ortiga menor), una especie anual, los cultivos ideales son las leguminosas y los que se trabajan con azadón, debido a su aporte de nitrógeno; aunque suele repetirse la siembra en el mismo terreno por la presencia de semillas remanentes, este cultivo requiere muy pocos fertilizantes y casi ningún herbicida para manejar las gramíneas. La cosecha se realiza cuando las flores femeninas alcanzan la madurez, momento en el que la planta está lista para ser cortada, lo cual ocurre cuando el tallo representa aproximadamente el 80% del peso total de la planta (Campues, 2022).

Tabla 3: Comparación entre la *Urtica dioica* y *Urtica Urens*

Característica	Ortiga Mayor (<i>Urtica dioica</i>)	Ortiga Menor (<i>Urtica urens</i>)
Ciclo de vida	Perenne (vive varios años)	Anual (completa su ciclo en un año)
Altura	Más alta, puede superar los 2 metros	Más baja, generalmente hasta 60 cm
Hábito de crecimiento	Forma grandes colonias extendidas	Crece en plantas aisladas o pequeños grupos
Flores	Dioica: plantas con flores masculinas y femeninas separadas	Monoica: flores masculinas y femeninas en la misma planta
Forma de la hoja	Base en forma de corazón (cordada); el diente terminal es más largo que los laterales	Base no cordada (redondeada o atenuada); el diente terminal es tan largo como los laterales

Pecíolo (rabo de la hoja)	A menudo mide menos de la mitad del largo de la lámina	Generalmente es más largo que la lámina de la hoja
Imagen		

FUENTE: Tomado de Fanerógamas del Perú: taxonomía, utilidad y eco geografía (Mostacero et al., 2009)

e. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA FIBRA DE ORTIGA

En la siguiente tabla se mencionan algunas propiedades físico mecánicas según la posición en el tallo de ortiga como son el diámetro, longitud, resistencia a la tracción y elongación (Suryawan et al., 2017).

Tabla 4: *Propiedades físico mecánicas de la fibra en función de la posición del tallo de ortiga*

Propiedades		Inferior	Medio	Superior
Físicas	Diámetro (um)	31 – 63	21 – 42	10 – 26
	Longitud (mm)	27 – 60	39 - 63	40 – 73
Mecánicas	Resistencia a la tracción (cN /Tex)	12 – 40	38 - 98	24 – 98
	Alargamiento	1.5 – 3	1.3 – 3.5	1 – 6

FUENTE: Tomado de Estudio de los materiales compuestos verdes reforzados con fibras de ortiga (*Urtica dioica* L.): una revisión (Suryawan et al., 2017).

Las propiedades mecánicas de la fibra de ortiga comparado con otras fibras naturales indica que esta tiene una resistencia a la tracción más alta entre las otras fibras naturales que es de 1594 Mpa, como se puede inferir de la siguiente tabla:

Tabla 5: *Propiedades físico mecánicas de diferentes fibras textiles vegetales*

	Propiedades Mecánicas			Propiedades Físicas	
	Módulo de Young (Gpa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Deformación a la rotura (%)	Densidad (g/cm ³)	Diámetro medio (um)
Ortiga	59 – 115	2294 – 914	2.92 – 1.3	0.72	24.3 – 15.5
Lino Ariane	73 – 43	1825 – 853	3.31 – 3.23	1.53	23.6 – 12.0
Lino Agatha	96 – 46	1800 – 962	2.9 – 1.3	1.53	15.6 – 14.4
Cáñamo	21.6 – 16.6	310 – 230	0.9 – 0.7	1.48	36.1 – 26.3
Ramio	24.5	560	2.5	1.51	34

FUENTE: Tomado de Estudio de los materiales compuestos verdes reforzados con fibras de ortiga (*Urtica dioica* L.): una revisión (Suryawan et al., 2017).

f. POSIBLES USOS INDUSTRIALES DE LA ORTIGA

La ortiga presenta una gran gama de aplicaciones, además de sus usos en la industria textil, todas las partes de la ortiga pueden tener el potencial de ser usados por sus propiedades únicas, como se muestra a continuación:

Tabla 6: *Potenciales productos elaborados a partir de la planta de Ortiga*

Sector	Usos	Parte de la planta
Textil /fibra	Ropa, acabados antibacterianos textiles, compuestos de base biológica, tintes	Tallo
Medicamento	Anemia, antioxidante, analgésico, diabetes, cáncer, resistencia a las infecciones bacterianas	Hojas, tallo, raíces
Productos cosméticos	Jabón, champú	Hojas, raíces
Alimentos	Colorante o aditivo alimentario	Hojas, tallo, raíces, semillas
Forraje	Suplementos dietéticos para animales	Hojas, tallo, raíces
Cultivos	Abono verde, control de plagas, fertilizante a base de plantas	Hojas, tallo, raíces

FUENTE: Tomado de Estudio de los materiales compuestos verdes reforzados con fibras de ortiga (*Urtica dioica* L.): una revisión (Suryawan et al., 2017).

Todas sus partes se aprovechan en el proceso de producción, la principal desventaja reside en la dificultad de procesarla en el ciclo de producción textil. El proceso de producción inicia con la extracción de las fibras de la

planta mediante la maceración enzimática, como se hace con el lino y el cáñamo (Ghezzi, 2015).

Algunos de las aplicaciones más prometedoras de la planta de ortiga son por ejemplo su uso como sustituto de la fibra de vidrio en la fabricación de materiales compuestos para la industria automotriz (Viotti et al., 2022).

Otra aplicación importante es el uso de la ortiga en el fitomanejo, la ortiga se puede cultivar como parte de una estrategia de gestión de tierras para espacios abandonados o marginales. La fitogestión es un enfoque que utiliza plantas para estabilizar o exportar contaminantes del suelo mientras se limita la dispersión y los riesgos de los contaminantes del suelo, la inclusión de la ortiga en las prácticas de fitogestión ofrece de manera innovadora posibles ganancias de sostenibilidad entre ellas:

- Recuperación de fibra natural
- Autosostenibilidad de la cubierta vegetal
- Su alto valor de biodiversidad como fuente de variadas redes alimentarias
- Su resistencia a diferentes condiciones del terreno (Viotti et al., 2022).

2.2.2. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE FIBRA

Según Gomez (2015), los métodos de separación de la fibra natural vegetal son tres:

a. DECORTEZACIÓN

También llamado método mecánico, consiste en que la planta se exprima entre unos rodillos que presentan ranuras separando la fibra del tejido vegetal, repitiéndose este proceso varias veces para lograr una separación total de la fibra de la planta; de manera manual se puede realizar al triturar la planta mediante piedras o maderas, mientras se va peinando con un cepillo artesanal (Gomez, 2015).

b. ENRIADO BIOLÓGICO

También llamado método biológico es el proceso de separación de las fibras vegetales mediante enzimas producidas por microorganismos como hongos y bacterias. Se realiza para separar los haces de fibras ubicados en el esclerénquima del núcleo lignificado, lo que ayuda a pelar la corteza y extraer los haces de fibras más fácilmente (Viotti et al., 2022).

c. ENRIADO EN AGUA

El enriado en agua es un método de enriado de fibra vegetal tradicional que permite la obtención de fibras de líber a bajo costo, este método consiste en sumergir los tallos en agua, la mayoría de las veces a temperatura ambiente, de esta manera se descompone las sustancias pépticas del tejido vegetal. En investigaciones con fibra de lino sometidas a enriado en agua se pudo demostrar que mientras más tiempo se sometan los tallos al agua mejoraran propiedades como la blancura, finura y otras propiedades mecánicas de las fibras (Ruan et al., 2015).

El enriamiento al agua es un método rentable y respetuoso con el medio ambiente usado también en fibras como el yute, ya que utiliza procesos naturales sin necesidad de productos químicos. No obstante, requiere también un control cuidadoso, aun así suele ser una práctica muy usada en lugares donde se procesan las fibras de yute (Go Jute International, 2024).

d. ENRIADO QUÍMICO

El enriado químico consiste en diluir ácidos o alcalinos para separar las fibras de la corteza. Es similar al método biológico, diferenciándose en que en lugar del agua se utilizara y una la solución química. Durante este tipo de proceso las hojas o tallos son tratados mediante inmersión en disoluciones de hidróxido de sodio, sulfito de sodio o peróxido de hidrógeno. Estos agentes penetran en el tejido vegetal, ablandando y debilitando las paredes que rodean la fibra. Luego, el material se machaca o se raspa para liberar las fibras, que posteriormente se lavan, se limpian y se dejan secar a temperatura ambiente. (Campues, 2022).

En este proceso se diluye en un baño alcalino o ácido para separar las fibras de la corteza, siendo un método parecido al biológico en el cual en lugar del agua se utiliza la solución química (Gomez, 2015).

i. EXTRACCIÓN CON HIDRÓXIDO DE SODIO

El hidróxido de sodio (NaOH) designado popularmente como soda caústica o sosa caústica, es una sustancia incolora e higroscópica que se suele comercializar en forma de hojuelas o escamas, presenta una alta solubilidad en agua con una reacción exotérmica pronunciada, generando una disolución conocida como lejía de sosa, en la industria textil se suele utilizar en la fabricación de fibras viscosas y como componente principal para los acabados de mercerizado. El clorito de sodio (NaClO_2) es un sólido blanco cristalino y un fuerte agente oxidante utilizado ampliamente en la industria para blanquear fibras textiles y pulpa de papel, así como en desinfección y tratamiento de aguas (Veliz, 2015).

En este método las fibras de ortiga sin tratar se remojan en un químico de Hidróxido de Sodio generalmente al 2% o 4% en peso durante un tiempo que va desde los 60 a 90 minutos a temperatura de ebullición. Algunos autores sugieren que posterior a este tratamiento se pueden remojar nuevamente en una solución de Clorito de Sodio al 1% en peso durante 30 minutos a una temperatura de ebullición, finalmente se neutraliza la fibra tratada con ácido acético a un 2% en peso; cabe resaltar que se recomienda mantener la proporción de fibras de ortiga a solución alcalina sea 1:30 (en peso) (Deepa y Kumaresan, 2022).

El acceso del álcali a la pared celular produce un hinchamiento interfibrilar que facilita la extracción de hemicelulosa y lignina. Como resultado, el espacio interfibrilar experimenta una disminución tanto en su densidad como en su rigidez, permitiendo que las estructuras fibrilares de celulosa entren en contacto directo y tengan una mejor capacidad de reorganizarse cuando son sometidas a esfuerzos mecánicos (Arevalo et al., 2021).

Debido a la alta afinidad que existe entre la celulosa por los álcalis, a la caustica le es fácil penetrarla, no solamente en las regiones amorfas, sino también, se adhiere a la superficie de las partes cristalinas. Durante este proceso, las fuerzas intramoleculares son debilitadas y la resistencia a la tracción del material disminuye, pero son recuperadas luego de que la fibra es secada, como ya no está hinchada, las fuerzas se reforman y la orientación aumenta (Raimondo, 2010).

Es importante mencionar que su aplicación a nivel industrial puede complementarse con un tratamiento de purificación, para garantizar la sostenibilidad, estos procesos pueden realizarse mediante tratamientos con filtros de peróxido de hidrógeno para eliminar impurezas orgánicas antes de la evaporación, evitando incrustaciones y mejorando la calidad. También se emplean métodos como el neutralizado de la solución, precipitación química, filtración física, clarificación por decantación y tecnologías de membranas para remover sólidos y contaminantes, asegurando la recuperación eficiente y reutilización del NaOH con menor impacto ambiental y costos operativos (Cabrera et al., 2019).

ii. EXTRACCIÓN CON PERÓXIDO DE HIDROGENO

Para Ulloa (2024) el Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2), es el compuesto químico más sencillo dentro de esta familia de compuestos, caracterizada principalmente por la presencia de un único enlace covalente que une a sus dos átomos de oxígeno. Es ampliamente utilizado en la industria textil como agente blanqueador para fibras naturales y sintéticas como algodón, lana y seda, en el proceso de blanqueo textil el peróxido de hidrogeno produce un efecto oxidante que degrada los pigmentos o colorantes de origen natural en la fibra, mejorando la blancura sin dañar las fibras; además, es biodegradable, no deja residuos tóxicos y es compatible con distintos procesos textiles, incluyendo el desencolado oxidativo y tratamiento anticloro (Beeh, 1960).

El ácido acético (CH_3COOH) es un compuesto químico orgánico perteneciente al grupo de los ácidos carboxílicos, ampliamente utilizado en la industria y conocido como el principal componente del vinagre. En la industria textil se utiliza para ajustar y mantener el pH en los procesos de teñido de fibras naturales y sintéticas, en la fabricación de acetatos para producir fibras como el rayón, látex y textiles artificiales, también se emplea en las etapas de neutralización después del blanqueo y procesamiento químico, ayudando a garantizar la calidad y estabilidad de los tejidos (LIPLATA, 2021).

Este método de enriado consiste en someter a la planta a tratar en un baño empleando soluciones de peróxido de hidrógeno en ácido acético, donde las concentraciones de ambos compuestos suelen ser equivalentes, con valores típicos de 15%, 25%, 37.5% y 50% en peso con respecto al total de la mezcla. Los ensayos se pueden realizar a temperatura ambiente, a 50 °C o en condiciones de ebullición, mientras que el tiempo de inmersión en el baño de deslignificación oscila entre 60, 120 y 180 minutos, en cuanto a la relación licor-material, se recomienda fijarla en 4:1 de forma constante (Bonilla et al, 2009).

El enriado químico de fibras de ortiga con peróxido de hidrógeno y ácido acético necesita el uso de guantes, gafas, bata química y trabajar en ventilación adecuada. Es importante controlar los parámetros para optimizar resultados y seguridad en su manejo debido a su alta reactividad.

e. SOSTENIBILIDAD DEL ENRIADO QUÍMICO

El enriado químico con hidróxido de sodio (NaOH) genera efluentes fuertemente alcalinos con valores de pH que pueden oscilar entre 11.5 y 13.0, los cuales requieren tratamiento previo antes de su vertimiento para no alterar los ecosistemas acuáticos, dado que la mayoría de los organismos acuáticos solo toleran valores de pH entre 6 y 9.

Para garantizar la sostenibilidad del proceso, los efluentes alcalinos resultantes del enriado pueden someterse a neutralización mediante agentes ácidos. Suarez et al. (2016) reportaron que tras el tratamiento alcalino de fibras vegetales con NaOH, la neutralización del efluente se logra eficazmente sumergiendo las fibras en una solución de ácido acético al 1% durante una hora, llevando el pH a rangos aceptables para su descarga, en esta misma línea, Gonzales et al. (2025) evaluaron la eficiencia de diferentes agentes neutralizantes sobre efluentes alcalinos industriales.

2.2.3. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS

Carrera (2017) señala que del mismo modo que sucede con otros materiales, las fibras textiles tienen propiedades intrínsecas que condicionan su uso y rendimiento, estas propiedades son determinadas en laboratorios donde se someten las fibras a experimentos y a varias pruebas con la finalidad de identificar las características específicas de cada fibra (Valencia, 2019).

La aptitud de una fibra como materia prima textil depende de que presente ciertas propiedades características, estas propiedades pueden ser Propiedades Primarias que serían las esenciales en la fibra y las Propiedades Secundarias que otorgan características específicas o estéticas al producto final que se elaborara con la fibra. En las propiedades primarias se consideran resistencia a la tracción, elongación, uniformidad y flexibilidad y en las propiedades secundarias están longitud, finura, densidad, resistencia a la abrasión (Arluna, 2020).

a. PROPIEDADES FÍSICAS

Se entiende por propiedades físicas de las fibras textiles el conjunto de atributos medibles y perceptibles que influyen en su rendimiento y aplicabilidad en el ámbito textil. También llamadas propiedades dimensionales de las fibras son la longitud, finura, forma de la sección transversal y densidad. Dentro de estas sobresalen la finura o diámetro aparente de la fibra, que determinara la calidad de la fibra estudiada, o la densidad lineal de la fibra, que se puede calcular en diferentes sistemas dependiendo del origen de la fibra (Carrera, 2017).

Las propiedades físicas desempeñan un papel clave en la evaluación de la calidad y las posibles aplicaciones textiles; es la interacción entre la finura, la medulación y sección transversal lo que garantizara la obtención de una buena fibra textil como por ejemplo la fibra de algodón o lino (Taípe, 2024).

Algunos autores consideran como parte de las propiedades físicas de las fibras textiles el color, brillo, poder filtrante, higroscopicidad (Jacinto, 2022); otros consideran las propiedades de brillo y color como propiedades ópticas (Carrera, 2017). En las fibras naturales se suele buscar que estas tengan un color crudo si posteriormente se desea teñirlas, en el caso de fibras manufacturadas estas se desarrollan también en colores crudos que permitan su teñido posterior, es por eso que en fibras naturales muchas veces se desarrollan los procesos de blanqueamiento, que buscan aumentar la reflectancia aparente de la región visible del espectro, en tal sentido el color es considerado en esta investigación como una propiedad física óptica de la fibra, pero se tiene como indicador la blancura que es una propiedad parte del color deseable en fibras naturales.

i. DIÁMETRO APARENTE

Carrera (2017) indica que la finura de las fibras naturales se evalúa comúnmente a través del diámetro aparente, aplicable tanto a fibras de sección circular como a aquellas con formas poligonales (poliédricas), ovaladas o con forma de riñón. Su medida se expresa en micras, equivalentes a una milésima de milímetro. Esta propiedad influye en la textura, apariencia y tacto del tejido; fibras más delgadas suelen producir tejidos más suaves, su valor depende de la organización celular y capas externas de la fibra (Gomez et al., 2025).

El diámetro aparente de fibras textiles se define como la medida del grosor de la fibra, afectado por su forma irregular y la presencia de vellosidad superficial. Se determina mediante técnicas ópticas e imagenología, considerando la sección transversal equivalente que la fibra presenta en estado natural o procesado. Este diámetro influye en propiedades textiles como finura, tacto, resistencia y capacidad de absorción, siendo crucial

para la calidad y clasificación de las fibras en la industria textil (Barella, 1960).

Existen métodos estandarizados para la medición del diámetro aparente de las fibras textiles de origen vegetal y animal, sobre todo para la fibra de algodón como son: microscopios ópticos con software de medición, microscopía electrónica de barrido (SEM), técnicas de procesamiento digital de imagen, software especializado para textiles; sin embargo, para otras fibras textiles vegetales no convencionales no existen muchos métodos estandarizados; motivo por el cual esta investigación se apoyó en las normas más afines a las fibras de líber de la American Society for Testing and Materials, específicamente en las normas ASTM D7879 – 18 denominado Standard Test Method for Determining Flax Fiber Widths using Image Analysis que se centra en determinar el ancho de la fibra de lino mediante análisis de imágenes y la norma ASTM D 6500 Standard Test Method for Diameter of Wool and Other Animal Fibers Using an Optical Fiber Diameter Analyser las cuales utilizan el Analizador de Diámetro de Fibra Óptica (OFDA) para realizar la medición del promedio del diámetro aparente de las fibras animales (American Society for Testing and Materials, 2012).

El procedimiento de usar una norma que no necesariamente está dirigida al análisis de fibras de origen vegetal sino en fibras animales no es nuevo, se puede mencionar a la investigación realizada por Dreyer et al. (2002) quienes compararon la resistencia y el ancho de los haces de la fibra de cáñamo y ortiga separadas por enriado enzimático con la fibra de cáñamo separada por enriado químico; utilizando para medir el diámetro aparente de las fibras el Analizador Óptico de Diámetro de Fibra (OFDA) equipo desarrollado para su uso en fibras animales y no vegetales.

ii. BLANCURA DE LAS FIBRAS

Una característica física importante para las fibras que serán usadas en procesos textiles es la blancura de estas, la blancura es un indicador clave de la eliminación de impurezas, influyendo directamente en la calidad

estética y funcionalidad de las fibras, especialmente para aplicaciones donde la blancura es deseada, como en tejidos y blanqueados.

Para medir la blancura de las fibras se tiene la norma AATCC 110: Standard Test Method for Whiteness of Textiles desarrollada por la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles para determinar la blancura del color de los productos textiles, siendo la base científica de esta las escalas de blancura de la norma CIE WI D65/10° que se refiere a un estándar internacional para medir la blancura de superficies blancas y materiales casi blancos bajo condiciones específicas de iluminación y observación, desarrollado por la Comisión Internacional de la Iluminación (EYCO, 2022). También se puede considerar las coordenadas L^* , a^* , b^* , en estas coordenadas cada letra significa:

- L^* (Luminosidad): Va de 0 (negro) a 100 (blanco ideal). Cuanto mayor sea el valor de L^* , más blanca y luminosa es la muestra. Para fibras tratadas, un L^* más alto indica mayor blancura técnica.
- a^* (Eje verde-rojo): Valores negativos indican tendencia hacia verde; positivos hacia rojo. Para blancos ideales, a^* debe estar lo más cercano a 0 posible.
- b^* (Eje azul-amarillo): Valores negativos indican tendencia hacia azul (lo que suele asociarse a “blanco frío”); positivos hacia amarillo (blancos cremosos o con amarillez). Un blanco preferido tendrá b^* cercano a 0 o ligeramente negativo (azulado) (Campos, 2023).

Para poder calcular la blancura de las fibras se puede utilizar principalmente el valor de L^* , buscando los valores más altos, preferentemente superiores a 92-95 para textiles. Un equipo que puede calcular estos valores es el Espectrofotómetro, este instrumento permite cuantificar la radiación luminosa reflejada o transmitida por una muestra en función de la longitud de onda dentro del rango visible generando datos precisos para analizar el color y otras propiedades ópticas del material (Campos, 2023). La interpretación Lab^* es válida y común como sustituto del índice de blancura para estudios científicos cuando el equipo no calcula

directamente WI, y los resultados pueden compararse con estándares internacionales para reportar la calidad del proceso de blanqueo en fibras textiles.

b. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las fibras textiles durante su producción o uso pueden estar expuestas a esfuerzos como tirar de ellas (tracción), apretarlas (compresión), doblarlas (flexión), deslizarlas (cizalladura), retorcerlas (torsión) o frotarlas (fricción). Estas propiedades determinarán cual será el comportamiento de las fibras durante su proceso de transformación, a nivel industrial o artesanal. Estas propiedades están definidas como las características de los sólidos que se presentarán cuando se les aplica una fuerza, es decir, se refieren a la capacidad de estos de resistir acciones de cargas (Carrera, 2017).

Estos análisis se realizan en base a la norma de la American Society for Testing and Materials: ASTM D 3822 – 96 denominada “Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers”, que indica cual será la metodología para seguir al caracterizar mecánicamente fibras textiles e hilos, ya sean continuos o discontinuos. (Salazar, 2010).

Entre las fibras naturales de origen vegetal, las fibras liberianas como el lino, el yute y el cáñamo, obtenidas de las capas celulares externas del tallo de la planta, tienen las propiedades mecánicas más altas (resistencia y módulo) debido a su alto contenido de celulosa y pequeño ángulo microfibrilar (Aldroubi et al., 2023).

i. CARGA DE ROTURA

Cuando la fuerza aplicada axialmente sobre la fibra es lo suficientemente alta como para romperla, se obtiene la llamada carga de rotura, también conocida como resistencia a la rotura (Carrera, 2017).

Se entiende por resistencia a la tracción la fuerza máxima que una fibra puede resistir antes de romperse cuando se le aplica una tensión axial, expresada en gramos-fuerza o centinewton (cN). Cada tipo de fibra textil

presenta un nivel particular de resistencia; sin embargo, es imprescindible que todas presenten la suficiente solidez mecánica para superar los procesos de hilado, tejido y acabados, garantizando así que el producto final tenga la vida útil requerida según su uso final (Arluna, 2020).

ii. PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

Cuando la fibra se rompe, su longitud ya no es la misma que al inicio del ensayo, pues se ha estirado debido a la carga aplicada, este aumento de longitud se conoce como alargamiento pudiendo expresarse en valores absolutos (mm), aunque lo más común es utilizar un valor relativo, indicado como el porcentaje de incremento respecto a la longitud inicial de la probeta (Carrera, 2017).

También es importante indicar dos términos mencionados en la literatura relacionado al alargamiento a la rotura, que son la elasticidad y la elongación. La elongación se define como el alargamiento que soporta la fibra justo antes de romperse; en otras palabras, el estiramiento máximo que admite el material hasta el punto de fallo, y se expresa como un porcentaje. Esta propiedad permite distinguir entre materiales plásticos, que se deforman bajo una carga, y materiales elásticos, que pueden deformarse pero recuperan total o parcialmente su forma original al retirarse la carga; por ello, la elasticidad hace referencia a la capacidad de la fibra para volver a su longitud inicial, de manera total o parcial, después de ser estirada por debajo de su límite de elongación máxima, se cuantifica en milímetros, centímetros o como tanto por ciento (Arluna, 2020).

iii. TENACIDAD

Para poder calcular la resistencia a la tracción de las fibras de manera exacta también se debe considerar el grosor de la fibra, para tener en cuenta esta condición y comparar de manera objetiva la resistencia a la tracción entre fibras de distinta finura, se emplea la tenacidad (Carrera, 2017). Se define como la carga necesaria para llevar la fibra hasta el punto de fallo; en términos generales, cuanto mayor sea este valor, mejor será su desempeño,

la medición se realiza con un dinamómetro y se expresa en centinewton por unidad de título (cN/Tex o gr/den) (Flores R. , 2020).

Para el cálculo de la tenacidad se necesita también conocer la densidad lineal de las fibras. Para Lockuan (2013) la densidad lineal se define como el cociente entre la masa y la longitud de un material textil, y refleja de manera cuantitativa la relación inversa entre estas dos propiedades. Para el caso del cálculo de la densidad lineal existe la norma ASTM D 1577 – 96 denominada “Standard Test Methods for Linear Density of Textile Fibers” y en nuestro país se cuenta con la NTP-ISO 1144:2006 denominada “Sistema Tex universal para la designación de la masa lineal” revisado en el año 2016 (Bonillá, 2010).

c. PROCESO DE OBTENCIÓN

Para la determinación de la efectividad del proceso de obtención de la fibra de ortiga en cada método de enriado es necesario un análisis de la facilidad de extracción y liberación de las fibras tratadas (Bonilla et al, 2009).

La escala ordinal para evaluar la efectividad de los métodos químicos en la extracción de fibras se fundamenta en la necesidad de medir de manera práctica y visual atributos como la facilidad de extracción, la liberación de fibras, que tienen una fuerte relación con la calidad final del producto. Dado que estos parámetros son en gran medida perceptibles y afectan directamente la eficiencia del proceso y la funcionalidad de la fibra para usos textiles, una evaluación visual mediante una escala ordinal (valores del 1 al 5) permite un análisis sistemático y reproducible en condiciones de laboratorio, facilitando la comparación entre distintos métodos químicos aplicados sin la complejidad o costo de pruebas instrumentales intensivas.

Para el análisis de cómo influye el método de enriado químico en el proceso de obtención de las fibras de ortiga se identifican dos características: la liberación de las fibras y la facilidad de extracción de las fibras.

i. LIBERACIÓN DE FIBRAS

El primer aspecto acerca de la liberación de las fibras mide la cantidad de material no fibroso adherido a las fibras extraídas, desde fibras casi completamente cubiertas hasta fibras totalmente limpias. La importancia de esta evaluación radica en que una mayor liberación indica una extracción más eficiente, lo que facilita procesos posteriores como el cardado e hilado, optimizando la calidad y manejabilidad de las fibras para manufactura textil.

ii. FACILIDAD DE EXTRACCIÓN DE FIBRAS

El segundo aspecto es la evaluación de la facilidad de extracción de la fibra, este califica la dificultad para extraer las fibras de la materia prima. Esta medida es fundamental para determinar la eficiencia de los métodos de extracción, ya que una mayor facilidad reduce costos operativos y tiempos de producción, asegurando un proceso más sostenible y económicamente viable para la industria textil.

Estos criterios mixtos permiten una evaluación integral y práctica de los métodos de obtención, facilitando la comparación y optimización en la producción de fibras textiles de calidad (Bonilla et al, 2009).

iii. BALANCE DE MATERIA

Durante el proceso de obtención también se considera el balance de materia en los diferentes métodos de enriado, en ese sentido podemos definir el balance de materia como la aplicación cuantitativa del principio de conservación de la masa a un proceso o sistema. Establece que la masa que ingresa a un sistema debe ser igual a la masa que sale más la que se acumula dentro del mismo, expresado en su forma general como:

$$Masa\ entrante = Masa\ saliente + Masa\ acumulada$$

En procesos donde no hay acumulación como el procesamiento discontinuo de fibras vegetales, la ecuación se simplifica a:

$$Masa\ entrante = Masa\ saliente + Pérdidas\ del\ proceso$$

Esto permite cuantificar el rendimiento de un proceso como la relación porcentual entre la masa del producto obtenido y la masa de la materia prima inicial (Felder et al., 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La ejecución de la parte experimental del presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Química I y Laboratorio de Física II de la Universidad Nacional de Juliaca sede Capilla y en el Laboratorio de Fibras de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca.

Los datos geográficos de los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca son los siguientes:

- Dirección: Jr. Manco Inca
- Ubicación: Distrito de Juliaca, Provincia de San Román, Departamento de Puno
- Altitud: 3828 m s. n. m.
- Población (2025 proyectada): 252,900 Hab
- Densidad: 522 Hab/km²
- Temperatura ambiente: - 4 a 18.08 °C
- Humedad relativa: 56.7 %
- Coordenadas Geográficas: 15°29'18"S 70°09'04"O

Los datos geográficos de los laboratorios y talleres especializados de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca son los siguientes:

- Dirección: Carretera Juliaca-Azángaro Centro Poblado Santa María de Ayabacas
- Ubicación: Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, Departamento de Puno
- Altitud: 3833 m s. n. m.
- Población (2025 proyectada): 60,850Hab
- Densidad: 543 Hab/km²

- Temperatura ambiente: - 4 a 18.08 °C
- Humedad relativa: 56.7 %
- Coordenadas Geográficas: 15°24'40"S 70°05'43"O

3.2. DISEÑO Y MÉTODOS

3.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación fue experimental. Según Tamayo (2003), la investigación experimental tiene como finalidad identificar relaciones de causa y efecto. Para ello, se aplica un estímulo o tratamiento a uno o varios grupos, y los resultados obtenidos se contrastan con los de otros grupos que no han sido expuestos a dicho estímulo, lo que facilita la inferencia de relaciones causales.

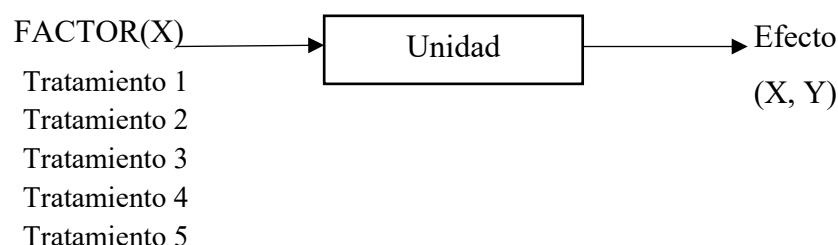


Figura 2: *Esquema de diseño experimental*

FUENTE: Elaboración propia

3.2.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método que se utilizó fue inductivo, la inducción es un tipo de razonamiento en la cual se pasará de conocimiento particular a conocimientos generales, reflejando lo que tienen en común los grupos individuales (Rodríguez y Pérez, 2017).

3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el propósito esta investigación es de tipo Aplicada; para Murillo (2008) como se citó en Vargas (2009), la investigación aplicada se distingue por orientarse al uso práctico de los conocimientos existentes, mientras construye nuevo conocimiento a partir de la ejecución controlada de ensayos experimentales y la posterior organización y análisis crítico de los datos, garantizando que la práctica esté siempre sustentada en un rigor científico.

El enfoque que se utilizó es cuantitativo, dado que se centra en el análisis estadístico de datos y parte de una realidad objetiva que puede ser medida y cuantificada mediante instrumentos de medición y procedimientos numéricos. (Hernandez et al., 2014).

3.3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de esta investigación fue explicativo; según Hernández et al. (2014), la investigación explicativa busca identificar y comprender las causas que originan los eventos, hechos o fenómenos analizados.

3.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El enriado químico influye significativamente en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025.

3.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- El enriado químico influye significativamente en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.
- El enriado químico influye significativamente en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.
- El enriado químico influye significativamente en el proceso de extracción de las fibras de los tallos de ortiga.

3.4.3. VARIABLES

a. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Enriado químico

b. VARIABLE DEPENDIENTE

- Propiedades físico mecánicas

c. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE
VI. Enriado químico	1. Enriado en agua	1.1. Concentración de H ₂ O al 100%	1000ml/L	Continua
	2. Enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio	2.1. Concentración de NaOH al 4% 2.2. Concentración de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 1%	40 gr/L 40 gr/L, 10 gr/L	Continua
	3. Enriado con peróxido de hidrogeno y ácido acético	3.1. Concentración de H ₂ O ₂ al 15% 3.2. Concentración de H ₂ O ₂ al 15% y CH ₃ COOH al 15%	150 ml/L 150 ml/L, 150 ml/L	Continua
	1. Propiedades físicas	1.1. Diámetro aparente 1.2. Blancura de fibras	Micras Sin unidad	Continua Continua
	2. Propiedades mecánicas	2.1. Carga de rotura 2.2. Tenacidad 2.3. Porcentaje de alargamiento	cN cN /Tex %	Continua
	3. Proceso de obtención	3.1. Liberación de Fibras 3.2. Facilidad de extracción	Sin unidad Sin unidad	Ordinal Ordinal

FUENTE: Elaboración propia

3.5. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para medir el grado de relación existente entre dos variables se realizó el análisis del impacto de cada una de las variables analizadas en un diseño experimental no paramétrico unifactorial denominado prueba estadística Kruskal-Wallis a un nivel de confianza del 95%.

Planteamiento de hipótesis

- Hipótesis nula (H₀): Las distribuciones (o medianas) de los grupos son iguales. Es decir, no existen diferencias significativas entre los grupos.
- Hipótesis alterna (H₁): Al menos uno de los grupos tiene una distribución (o mediana) diferente a los demás.

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

Prueba estadística: Kruskal-Wallis

Regla de decisión: A un nivel de significación del 5 % valor $P < 0.05$ entonces se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la hipótesis Alterna.

Software: Estadístico

Gráficos: Grafica de cajas, comparaciones pareadas entre tratamientos.

A continuación se definen los estadísticos y gráficos usados para su mejor entendimiento:

- a) **Kruskal-Wallis:** Se define como un contraste no paramétrico diseñado para verificar si diferentes muestras provienen de una población común, representa una versión ampliada de la prueba U de Mann-Whitney cuando se comparan tres o más grupos, y su naturaleza no paramétrica la libera del requisito de normalidad en la distribución de los datos (Vargas J. , 2019).
- b) **Grafica de cajas:** El diagrama de caja permite representar la distribución de una variable cuantitativa, suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles Q1, Q2 o mediana y Q3; también se pueden observar los valores atípicos, la dispersión, la concentración y comparar si diferentes grupos son simétricos (Arburola, 2012).
- c) **Grafica de comparaciones pareadas:** Esta grafica permite visualizar la existencia de diferencias estadísticas entre dos tratamientos posterior al análisis post hoc, en este grafico el eje horizontal muestra la distribución normal estandarizada (Z). Las líneas azules son los intervalos de confianza de la diferencia entre tratamientos, las líneas rojas punteadas representan el valor crítico de Bonferroni (Molinero, 2003).
- d) **Valor Z de Bonferroni:** Es un estadístico ajustado para realizar comparaciones simultaneas. Se calcula ajustando el nivel de significancia (alfa) dividiéndolo por el número de comparaciones para evitar falsos positivos, estableciendo así los umbrales que el valor Z debe superar para considerar una diferencia como significativa en pruebas múltiples (Abdi, 2007).

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1. POBLACIÓN

El universo muestral estuvo constituido por plantas de ortiga (*Urtica urens*) presentes de la región de Puno. Al ser una planta que crece con amplia disponibilidad, de manera silvestre y no cuenta con un registro delimitado de individuos en la zona de estudio, la población objeto de estudio se consideró de manera infinita o indeterminada porque no es posible cuantificarla de manera

exacta, siendo válido desde un punto de vista metodológico experimental tratarla de esta manera.

3.6.2. MUESTRA

a. TIPO DE MUESTREO

El muestreo fue de tipo no probabilístico de selección intencional, se realizó tomando en cuenta el conocimiento y los criterios del investigador, la selección intencional de la muestra se ajusta a la naturaleza y a los objetivos del estudio (Vara, 2012).

b. TAMAÑO DE MUESTRA

Para la determinación del tamaño de muestra de la presente investigación se adoptó una potencia estadística de 0.95, con un tamaño de efecto de 0.297 para los 5 tratamientos del diseño experimental, los cuales dieron un total de 220 unidades muestrales, 44 réplicas para cada tratamiento, los detalles de su determinación se ilustran en la siguiente figura.

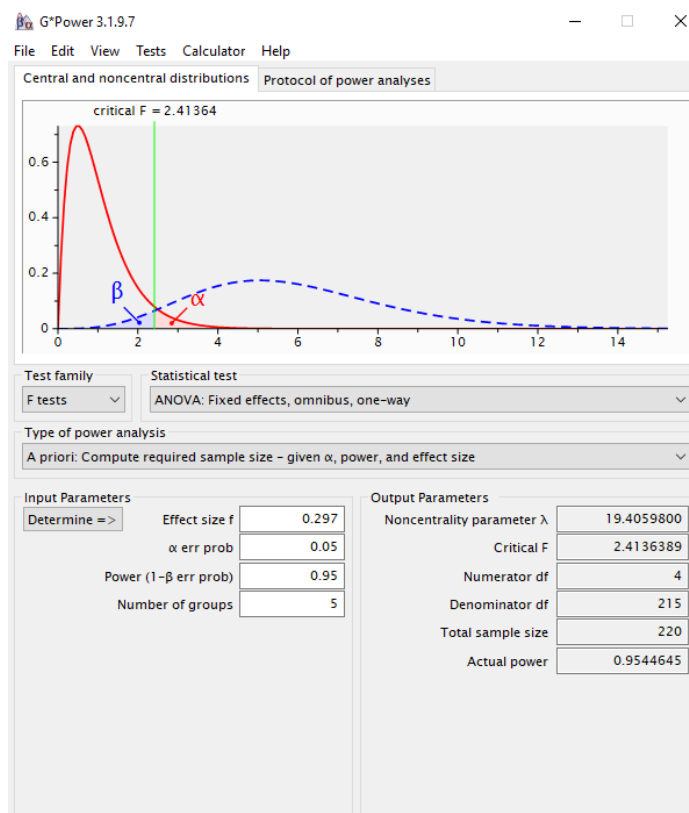


Figura 3: Determinación del Tamaño de muestra

FUENTE: Software G Power 3.1.9.7

Tabla 8: *Tamaño de grupo muestral por tratamiento*

T_i	Descripción de tratamientos	Tamaño de tratamientos (replicas)
T ₁	Enriado en agua	44
T ₂	Enriado con NaOH al 4%	44
T ₃	Enriado con NaOH al 4% y NaClO ₂ al 1%	44
T ₄	Enriado con H ₂ O ₂ al 15%	44
T ₅	Enriado con H ₂ O ₂ al 15% y CH ₃ COOH al 15%	44
Tamaño total del grupo muestral		220

FUENTE: Elaboración propia

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.7.1. TÉCNICA

Las técnicas que se utilizaron en esta investigación son por un lado la observación, para Hernández et al., (2014) la observación es un método de recopilación de datos que consiste en el registro metódico, válido y confiable de los comportamientos y escenarios observables, utilizando un conjunto definido de categorías y subcategorías. Y por otro lado, la técnica experimental de extracción de fibra mediante el método de enriado químico, la técnica experimental se define como la manipulación de manera intencionada por parte del investigador de las variables independientes para observar su efecto en una o más variables dependientes, estando estas en condiciones controladas (Hernández et al., 2014).

La descripción detallada de los procedimientos seguidos en el experimento mediante el método de enriado se detalla en el apartado denominado *proceso técnico* que se encuentra párrafos redactados posteriormente.

3.7.2. INSTRUMENTO

La ficha de registro de datos es un instrumento de investigación utilizado para recopilar, organizar y sistematizar información relevante de manera estructurada durante el proceso de investigación científica. Según Arias (2021), la ficha de registro puede considerarse un instrumento complementario alineado a técnicas como la observación y la investigación documental, permitiendo la consignación

ordenada de datos precisos, testimonios o hechos observables, esenciales para el análisis y la interpretación rigurosa de los resultados.

El instrumento que se utilizó es precisamente la ficha de registro de datos, este instrumento consiste en una serie de ítems y otras indicaciones con el propósito de registrar la información recolectada durante el proceso de ejecución de la investigación, se utilizaron 3 fichas de registro de datos los cuales son:

- Ficha de Registro de Datos Parámetros Experimentales (Anexo 02)
- Ficha de Registro de Datos Propiedades Físicas (Anexo 03)
- Ficha de Registro de Datos Propiedades Mecánicas (Anexo 04)

3.7.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

La validación de un instrumento de investigación permite medir su validez y confiabilidad, el término validez se refiere a la capacidad de un instrumento para cuantificar aquello que se pretende medir y generar resultados exactos y confiables (Medina et al., 2023).

Según Hernández et al.(2014) la validez del instrumento es fundamental para asegurar la rigurosidad científica y la credibilidad de los resultados obtenidos, refiriéndose este al grado en que un instrumento mide la variable que pretende evaluar.

La validación por juicio de expertos es una técnica avalada en metodología científica que consiste en someter el instrumento construido a la revisión y valoración de un grupo de especialistas en la temática de estudio. Se selecciona un número de expertos para evaluar y validar la claridad y coherencia de las preguntas, tareas, reactivos o proposiciones, evitando sesgos que puedan influir en las respuestas de los participantes (Corral, 2022).

El instrumento ficha de registro de datos planteado en esta investigación fue validada por juicio de expertos en el área de ingeniería textil, química e ingeniería industrial (Anexo 05).

3.8. MATERIALES, REACTIVOS, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

3.8.1. MATERIAL BIOLÓGICO

- Tallos de Ortiga (*Urtica urens*)

3.8.2. REACTIVOS

Tabla 9. *Reactivos químicos usados en la investigación*

Reactivo químico	Especificación
Hidróxido de sodio (NaOH)	Pureza 99 %
Clorito de sodio (NaClO ₂)	Pureza 80 %
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	Pureza 50 %
Ácido acético (CH ₃ COOH)	Pureza 99,85 %
Agua destilada	Grado laboratorio

FUENTE: Elaboración propia

3.8.3. MATERIALES DE LABORATORIO

- a) Para el proceso de enriado
 - Depósitos codificados
 - Malla de asbesto
 - Pinzas para laboratorio
 - Vaso de precipitados
 - Fiola
 - Varillas
- b) Para determinación de propiedades físicas
 - Vidrio de reloj
 - Depósitos codificados
 - Regla milimétrica
- c) Para determinación de propiedades mecánicas
 - Depósitos codificados

3.8.4. SOFTWARE

Los programas que se utilizaron en el proceso de ejecución de esta investigación son:

- Pasco Capstone
- Spectramagic NX
- Fiber EC
- Software estadístico libre

3.8.5. INSTRUMENTOS

Tabla 10: *Instrumentos usados en el proceso de investigación*

Actividad	Instrumento	Descripción
Proceso de enriado	Balanza Analítica	La balanza analítica marca Pioneer de OHAUS está diseñada para realizar una serie de procesos de pesado a nivel laboratorio, tiene una capacidad máxima de 220 gr y lectura mínima de 0.1mg (OHAUS, 2025).
	Potenciómetro	Este equipo de la marca SI ANALYTYCS se utiliza para realizar titulaciones automáticas en laboratorio, detectando el punto final de la reacción mediante la medición precisa de pH mediante electrodos especializados (Fisher Scientific, 2025).
	Termómetro de vidrio	Se trata de un aparato de medición que permite determinar la temperatura con alta exactitud. Admite su inmersión, ya sea parcial o completa, en el medio o sustancia a evaluar (Laboratorio de Ciencias).
Determinación de propiedades físicas	Balanza Analítica	La balanza analítica Adam Luna LAB 214 es un equipo de laboratorio diseñado para pesajes detallados. Tiene una capacidad máxima de 210 gr y una legibilidad de 0.0001 gr (ADAM, 2025).

FUENTE: Elaboración propia

3.8.6. EQUIPOS

Tabla 11: *Equipos usados en el proceso de investigación*

Actividad	Equipo	Descripción
Proceso de enriado	Estufa eléctrica	La estufa eléctrica Memmert es un equipo de laboratorio utilizado en procesos de secado, calentamiento, esterilización y regulación de temperatura en muestras, materiales o instrumentos (Instrumentación Científico Técnica, 2025).
	Mechero Bunsen	El mechero Bunsen es un equipo de laboratorio utilizado para calentar sustancias a altas temperaturas. Consta de una base pesada que conecta a un suministro de gas, y un tubo vertical con orificios laterales ajustables que permiten la entrada de aire (LabBox, 2024).
Determinación de propiedades físicas	Fiber EC	El equipo Fiber-EC es un caracterizador electrónico portátil diseñado para evaluar la calidad de fibras de origen animal (Quispe et al., 2015).
	Espectrofotómetro	El espectrofotómetro CM-700d es un espectrofotómetro portátil, compacto y ergonómico, diseñado para medir color y apariencia con alta precisión y facilidad de uso, indicado tanto para laboratorio como control de producción textil (KONICA MINOLTA, 2025)
Determinación de propiedades mecánicas	Aparato de tensión/deformación Pasco	El aparato de tensión/deformación Pasco es un sistema todo en uno diseñado para realizar ensayos de materiales, permitiendo evaluar propiedades mecánicas mediante pruebas de tracción, flexión (con aplicación de fuerzas a 3 y 4 puntos), compresión, pandeo, corte y más; se utiliza con el software Pasco Capstone (Pasco, 2025).

FUENTE: Elaboración propia

3.9. PROCESO TÉCNICO

Los procedimientos generales de esta investigación se indican en la siguiente figura:

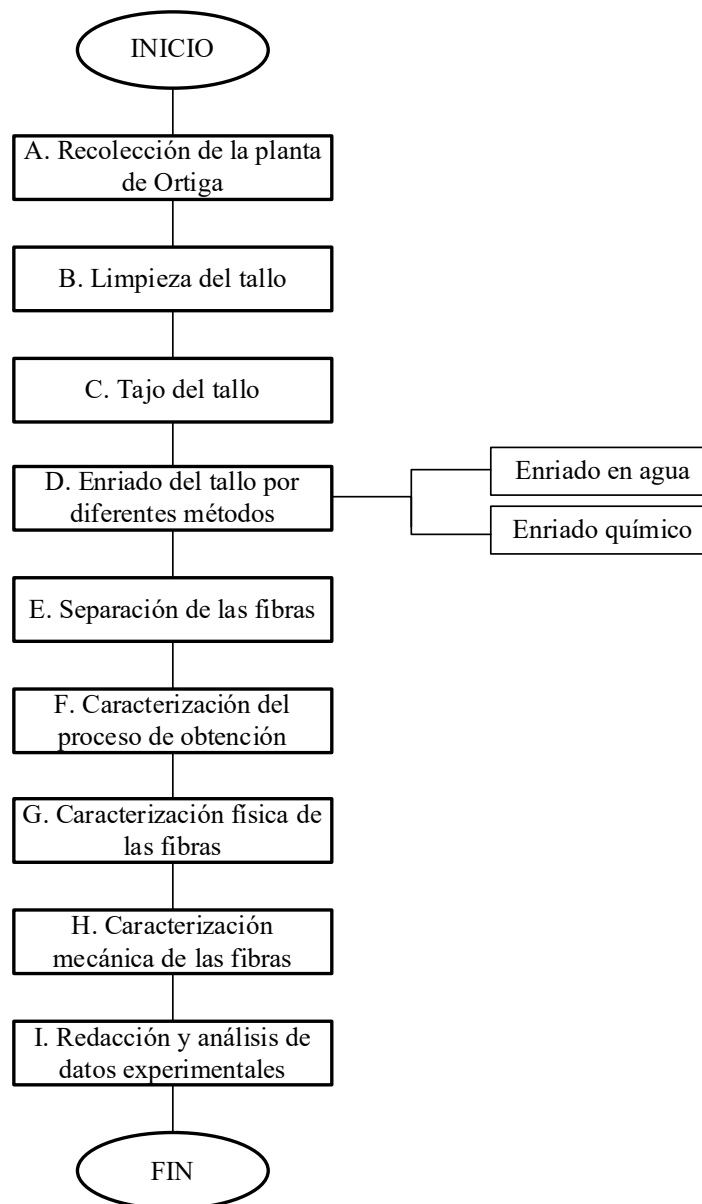


Figura 4: *Procedimientos generales de investigación*

FUENTE: Elaboración propia

3.9.1. RECOLECCIÓN DE LA PLANTA ORTIGA

La planta de ortiga (*Urtica urens*) fue recolectada en el distrito de Juliaca, Provincia de San Román, Región Puno, considerando los siguientes factores importantes antes de seleccionar las plantas a recolectar:

- Los tallos tenían entre 14 a 16 semanas de vida

- Estos se encontraban en estado saludable, es decir, no contenían manchas de enfermedades o haber sido atacados por mosquitos.

La metodología para la selección de los tallos de ortiga recolectados se resume a continuación:

- Los tallos fueron sometidos a los métodos de enriado químico siendo seleccionados de manera intencional, con un muestreo no probabilístico, considerando principalmente el criterio del investigador.
- Las muestras de tallos para los cinco tratamientos fueron medidas, cortadas y pesado en el siguiente procedimiento.

3.9.2. LIMPIEZA DEL TALLO

Los tallos de ortiga se limpiaron, lo que significa quitar todas las hojas, semillas y otras impurezas del tallo; realizando este proceso de manera cuidadosa sin afectar en lo posible la estructura de los tallos, después estos se enjuagaron y dejaron reposar al medio ambiente de manera de eliminar el agua excedente.

3.9.3. TAJO DEL TALLO

El proceso de tajo del tallo consistió en medir los tallos ya limpios y cortarlos en una longitud de muestras de 10 cm cada uno, posterior a esto se agruparon y pesaron separándolos en grupos que fueron utilizados para los cinco tratamientos experimentales.

3.9.4. ENRIADO DEL TALLO

a. ENRIADO EN AGUA

El procedimiento del enriado en agua se realizó sin la utilización de insumos químicos, en este proceso se sometió las muestras preparadas de tallos de ortiga a una cocción en agua destilada a 89°C por un periodo de 60 minutos.

Tabla 12: *Condiciones enriado en agua*

Datos	
Relación de baño	1:20
Concentración de químicos	0%
Temperatura	89°C
Tiempo de ebullición	60min

FUENTE: Tabla basada en Effect of different extraction methods on fiber quality of nettle (*Urtica dioica* L.) (Bacci et al., 2011).

b. ENRIADO CON HIDRÓXIDO DE SODIO Y CLORITO DE SODIO

El procedimiento de este método de enriado consistió inicialmente en preparar la solución de NaOH y agua, posteriormente en un vaso de precipitados se sumergió la muestra en la solución para someterla al calor en las condiciones especificadas en la siguiente tabla; en el caso del segundo experimento después de pasados 24 horas del primer experimento se preparó la solución con NaClO₂ en el tiempo requerido. Finalmente se neutralizó las muestras en una solución de agua con ácido acético (0.5 ml).

Tabla 13: *Condiciones enriado químico con hidróxido de sodio y clorito de sodio*

Datos	Experimento 1	Experimento 2
Relación de baño	1:20	1:20
Concentración de NaOH	40 g/L	40 g/L
Tiempo de cocción de NaOH	60 min	30 min
Concentración de NaClO ₂	0 g/L	10 g/L
Tiempo de cocción NaClO ₂	0 min	30 min
Temperatura de cocción	89°C	89°C

FUENTE: Tabla basada en Stinging nettle fibres extraction and characterization using chemical retting method and influence of tensile properties (Deepa y Kumaresan, 2022).

c. ENRIADO CON PERÓXIDO DE HIDROGENO Y ÁCIDO ACÉTICO

El procedimiento de este método consistió en preparar las muestras de peróxido de hidrogeno y ácido acético en las cantidades requeridas para los dos experimentos, se preparó la solución con agua destilada y sumergió las

muestras preparadas, para someterlas al calor, y finalmente someterlas al lavado con agua destilada.

Tabla 14: *Condiciones enriado químico con peróxido de hidrogeno y ácido acético*

Datos	Experimento 1	Experimento 2
Relación de baño	1:20	1:20
Concentración de H ₂ O ₂	150 ml/L	150 ml/L
Concentración de CH ₃ COOH	0 ml/L	150 ml/L
Tiempo de cocción	60 min	60 min
Temperatura de cocción	89°C	89°C

FUENTE: Tabla basada en Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) (Bonilla et al., 2009).

3.9.5. SEPARACIÓN DE LAS FIBRAS

Después de los procesos de enriado, los tallos se sacaron del recipiente donde se habían enriado y se retiraron manualmente las fibras del tallo, finalmente dejándolas secar en una estufa de laboratorio.

3.9.6. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN

Durante la caracterización del proceso de obtención se realizó el cálculo de balance de materia de las diferentes muestras experimentales, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 15: *Balance de materia de los tratamientos experimentales*

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio
Masa inicial de tallos (g)	50.22	50.06	50.20	50.13	50.32	50.19
Masa de fibra obtenida (g)	9.14	11.42	11.54	10.56	10.89	10.71
Rendimiento de extracción (%)	18%	23%	23%	21%	22%	21%

FUENTE: Elaboración propia

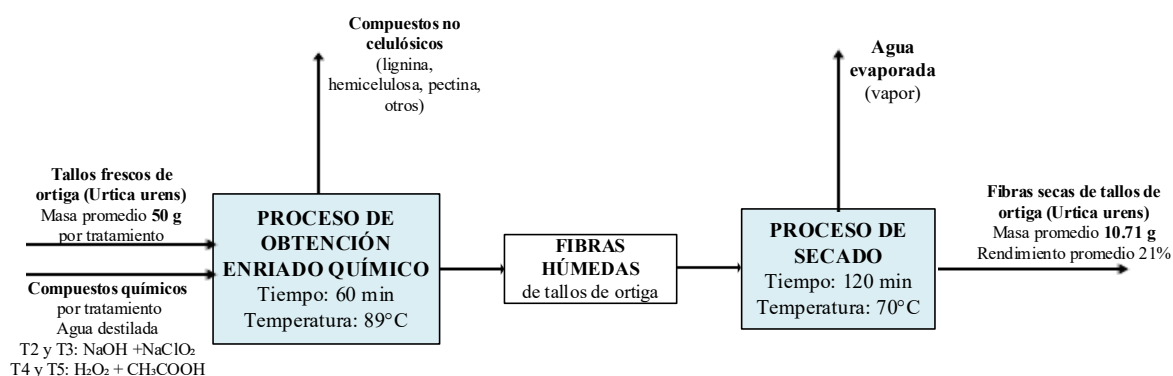


Figura 5: Diagrama de balance de materia del proceso de obtención

FUENTE: Elaboración propia

Aplicando el principio de balance de materia (Felder et al., 2005) se determinó que a partir de 50 g de tallos de ortiga como masa entrante en cada experimento (promedio), se obtuvo de 9 a 12 gramos de fibra seca como masa saliente, representando un rendimiento de obtención de entre 18 al 23%. La diferencia corresponde a los materiales no celulósicos eliminados durante el enriado químico como la lignina, hemicelulosa, pectina y ceras, así como al agua evaporada durante el secado.

Posteriormente se evaluó la liberación de las fibras textiles y la facilidad de extracción de estas sobre la base de escalas numéricas de orden creciente, cuyos valores oscilan entre 1 y 5 (Bonilla et al., 2009). Los criterios aplicados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 16: Escala para la evaluación de liberación de fibras textiles

Valor asignado	Criterio para la asignación
1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso
2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso
3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso
4	Fibras con presencia baja de material no fibroso
5	Fibras sin presencia de material no fibroso

FUENTE: Tomado de Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) (Bonilla et al., 2009).

Tabla 17: *Escala para la evaluación de la facilidad de extracción de las fibras*

Valor asignado	Criterio para la asignación
1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy alta
2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta
3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moderada
4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja
5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula

FUENTE: Tomado de Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) (Bonilla et al., 2009).

3.9.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

a. DIÁMETRO APARENTE

El análisis de esta característica se apoyó en procedimientos generales descritos en la norma ASTM D7879 denominado Método de ensayo estándar para la determinación del ancho de fibras de lino mediante análisis de imágenes y ASTM D6500 denominado Método de ensayo estándar para el diámetro de lana y otras fibras animales utilizando un analizador óptico de diámetro de fibras, resaltando que no existe una norma específica para la medición de la finura de fibras de ortiga.

Para determinar el diámetro de las muestras de ortiga tratadas y sin tratar se utilizó el equipo Fiber EC, el cual trabaja con un mecanismo similar al equipo OFDA analizando digitalmente imágenes de las fibras, usándolo debido a la disponibilidad del equipo para el investigador y la existencia de antecedentes sólidos que validan el uso de equipos desarrollados para fibras animales en el análisis de fibras vegetales (Dreyer et al., 2002). Los procedimientos para el cálculo del diámetro aparente de las fibras de ortiga en los diferentes tratamientos se muestran en la figura 6.

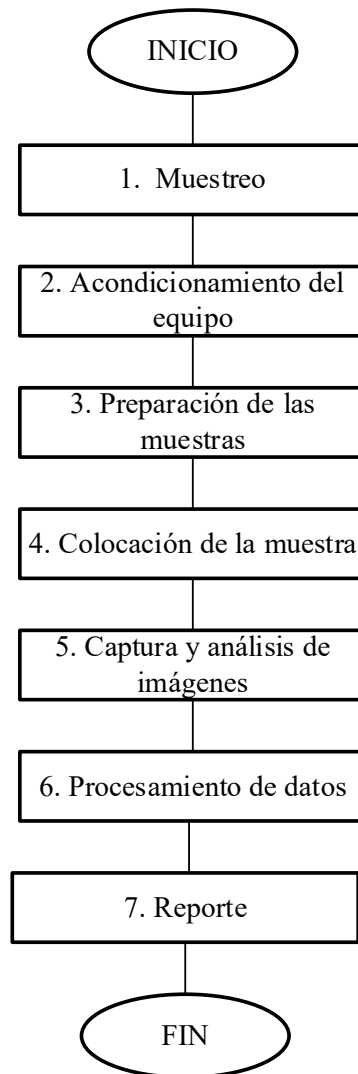


Figura 6: *Procedimientos para el cálculo de la densidad lineal*

FUENTE: Elaboración propia

1. **Muestreo:** Se seleccionaron las muestras de fibra de ortiga según el tratamiento al que pertenecen.
2. **Acondicionamiento del equipo:** Se conectó y encendió el equipo Fiber EC, se ejecutó el software Fiber EC, se calibró y colocó la información de la primera muestra.
3. **Preparación de las muestras:** Las muestras se prepararon y colocaron en los porta muestras de vidrio de forma que las fibras queden alineadas o dispersas adecuadamente para la captura de imagen, sin amontonamientos que dificulten la medición.

4. **Colocación de la Muestra:** Se colocó la muestra preparada en el soporte del equipo.
5. **Captura y Análisis de Imágenes:** Inició el análisis de la muestra en el software, el cual identificó las imágenes de las fibras midiendo el diámetro de cada una, y descartando residuos o partículas no fibrilares.
6. **Procesamiento de Datos:** El Fiber-EC calculó automáticamente estadísticas como diámetro medio (promedio), desviación estándar, coeficiente de variación, y distribución de diámetros.
7. **Reporte de Resultados:** Se documentó los resultados en la ficha de registro de datos.

b. BLANCURA DE FIBRAS

El análisis de la blancura de las fibras de ortiga tratadas se realizó siguiendo el procedimiento de la norma AATCC Test Method 110-2000, Whiteness of Textiles, utilizada para medir la blancura de textiles. Utilizando el Espectrofotómetro se calcula las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) que representan:

Tabla 18. Interpretación de coordenadas CIELAB

Coordenada	Qué mide	Rango	Interpretación
L^*	Luminosidad/Claridad	0-100	0 = negro, 100 = blanco perfecto
a^*	Eje rojo-verde	$\pm$	+a = rojo, -a = verde
b^*	Eje amarillo-azul	$\pm$	+b = amarillo, -b = azul

FUENTE: Elaboración propia

El valor de luminosidad (L^*) fue utilizado como indicador de blancura, donde valores más cercanos a 100 indican mayor blancura. El espacio CIELAB convierte las coordenadas tridimensionales del color en un sistema cartesiano donde distancias iguales representan aproximadamente diferencias de color iguales, permitiendo medición objetiva de la blancura, procediendo a la medición como indica la siguiente figura:

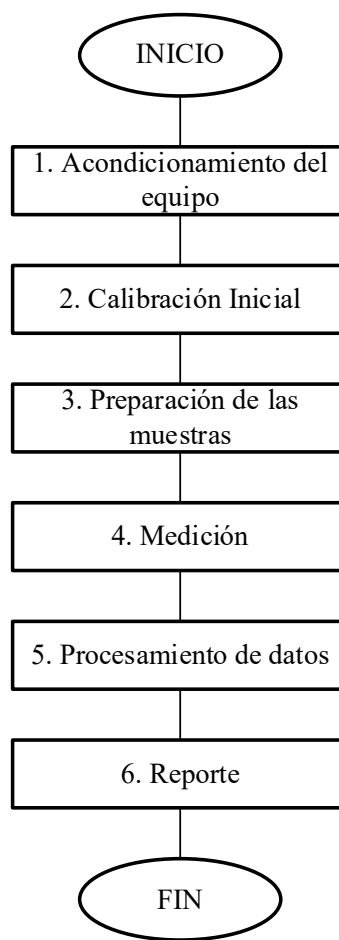


Figura 7: *Procedimientos para el cálculo de la blancura de fibras*

FUENTE: Elaboración propia

1. **Acondicionamiento del equipo:** Se conecto el equipo a una computadora para transferir los datos al software Spectramagic NX mediante un puerto USB.
2. **Calibración Inicial:** Se realizo la calibración cero (sin muestra, apuntando al aire) y la calibración blanca usando la tapa calibradora.
3. **Preparación de las muestras:** Las muestras de fibra se prepararon y colocaron en los porta muestras de vidrio de forma que quedaron centradas para ser ubicadas en el equipo.
4. **Medición:** Se ubico el porta muestra preparado en el espectrofotómetro, posteriormente en el software se ejecuta la acción muestra, identificándolas cada una con un código y la fecha de su realización, esta información se almaceno en el programa.

5. **Procesamiento de datos:** Los datos de las coordenadas Lab* de cada muestra se registraron en el software Spectramagic NX.
6. **Reporte:** Los datos de las coordenadas de luminosidad (L*) de cada tratamiento se copiaron en la ficha de registro de datos y posteriormente se analizaron estadísticamente en el software estadístico.

3.9.8. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Los ensayos para determinar propiedades mecánicas se realizaron bajo los lineamientos de la norma ASTM D3822-14, Método de ensayo estándar para las propiedades de tracción de fibras textiles individuales, en el aparato de tensión/deformación. Los procedimientos seguidos para el cálculo de las características mecánicas se muestran en la figura 8.

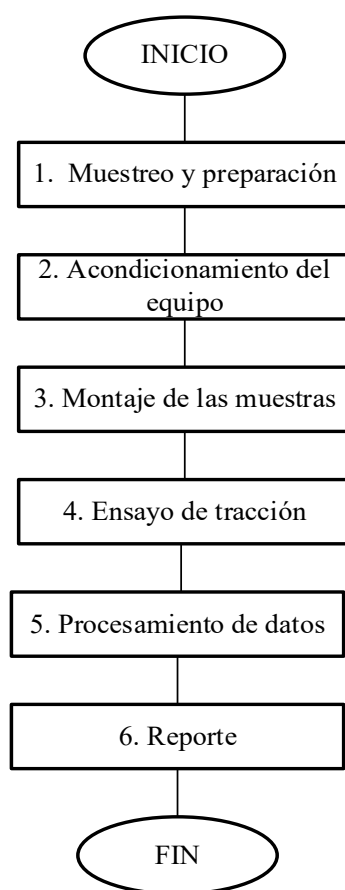


Figura 8: *Procedimientos para la caracterización mecánica*

FUENTE: Elaboración propia

1. **Muestreo y Preparación:** Se escogió las fibras de ortiga representativas y con longitud suficiente, estas se encontraban en condiciones estándar.
2. **Acondicionamiento del equipo:** Se ajusto el equipo con un sensor de rotación y movimiento y un sensor de fuerza, se acondiciono una regla para calcular la distancia manualmente con una longitud inicial de 10 cm, finalmente se calibro el equipo. Paralelamente se conectó y ejecuto el software Pasco Capstone.
3. **Montaje de la Muestra:** se montó una muestra alineada y centrada en las mordazas del equipo asegurando que esté libre de torceduras o encrespado, aplicando una pequeña tensión para estirla suavemente. Se cerraron suavemente las mordazas para evitar deslizamientos o rupturas prematuras cerca de los bordes.
4. **Ensayo de Tracción:** Se inicio el ensayo girando la manivela del sensor a velocidad constante hasta que se rompa. Se registro automáticamente la fuerza máxima (carga de rotura) y se midió la elongación correspondiente con ayuda de un vernier.
5. **Procesamiento de Datos:** El equipo Pasco genero la curva fuerza-elongación en tiempo real o se exportaron los datos para análisis posterior. Posteriormente se calcularon los datos de tenacidad.
6. **Reporte de resultados:** Se documento los resultados en la ficha de registro de datos.

a. DENSIDAD LINEAL

Los ensayos para determinar la densidad lineal se efectuaron bajo los lineamientos de la norma ASTM D1577 – 07(2018) denominada Métodos de ensayo estándar para la densidad lineal de fibras textiles y NTP – ISO 1144 2022 denominada Sistema universal para la designación de la densidad lineal (Sistema Tex) (Instituto Nacional de Calidad, 2022).

Los procedimientos para el cálculo de la densidad lineal de las fibras de ortiga en los diferentes tratamientos según la norma se muestran en la figura 9.

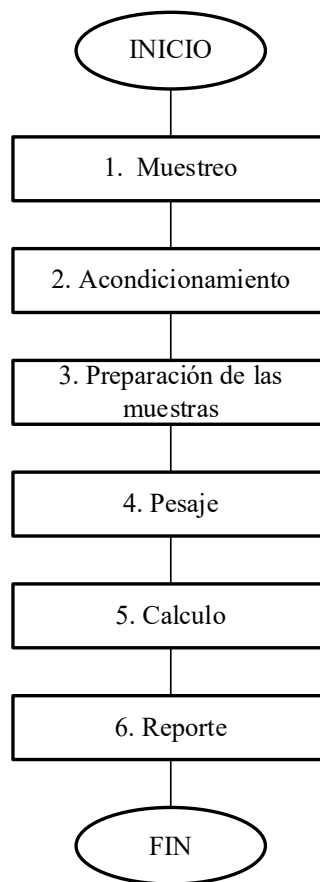


Figura 9: *Procedimientos para el cálculo de la densidad lineal*

FUENTE: Elaboración propia

1. **Muestreo:** Se tomo las muestras de los 5 tratamientos, preparándolos para la medición.
2. **Acondicionamiento:** Se acondiciono las muestras a la temperatura ambiente.
3. **Preparación de la muestra:** Se corto las fibras a una longitud menor a 10 cm, existiendo fibras que no alcanzaban esta longitud en esos casos se dejaron estas fibras sin cortar, posteriormente se alinearon los filamentos en paralelo.
4. **Pesaje:** Se pesaron las fibras con una balanza de precisión (sensibilidad mínima 0.005 mg).
5. **Cálculo:** Inicialmente para el caso de las fibras cuya longitud fue menor a 10cm, se las midió con una regla milimétrica. Posteriormente se determinó el título de las fibras con la siguiente fórmula:

$$Tex = \frac{m}{L} * 1000$$

Donde m es la masa de cada fibra en gramos y L es su longitud en metros.

6. **Reporte:** Se documento los resultados en la ficha de registro de datos.

b. TENACIDAD

Este parámetro se obtuvo dividiendo la fuerza máxima soportada al romperse o carga de rotura (cN) entre la densidad lineal (tex) de la fibra. La fórmula general es:

$$Tenacidad = \frac{Carga\ de\ Rotura\ (cN)}{Titulo\ (tex)}$$

Se calculo y registro la tenacidad para los cinco tratamientos en el software Microsoft Excel para su posterior análisis estadístico.

c. PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

Se determino midiendo la diferencia entre la longitud inicial de la fibra y su longitud en el momento de la rotura, expresando este cambio como porcentaje respecto a la longitud inicial, la fórmula es:

$$Porcentaje\ de\ alargamiento\ (\%) = \frac{L_{final} - L_{inicial}}{L_{inicial}} \times 100$$

Un mayor alargamiento indica mayor flexibilidad y ductilidad del material, mientras que valores bajos reflejan una fibra más rígida o frágil, al igual que los datos de tenacidad los resultados se consignaron en la ficha de registro de datos para su posterior análisis en el software estadístico.

3.9.9. REDACCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó el análisis de normalidad de los datos recolectados, posteriormente el análisis de varianza, determinándose así la influencia de cada una de las variables de estudio en un diseño experimental unifactorial.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. RESULTADO DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS

a. DIÁMETRO APARENTE

i. PRUEBA DE NORMALIDAD

La determinación de la normalidad de los datos se realizó con el estadístico Anderson–Darling, este estadístico nos ayuda a verificar la normalidad de datos cuyo tamaño de muestra es menor a 50.

Hipótesis de normalidad

H_0 : Los datos presentan una distribución normal valor $P > 0.05$

H_1 : Los datos no presentan una distribución normal valor $P < 0.05$

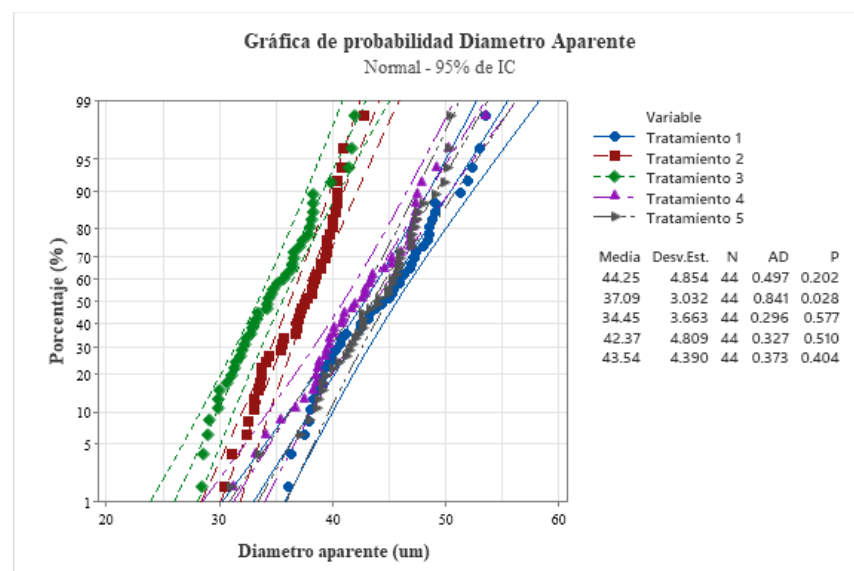


Figura 10: *Gráfica de Probabilidad del Diámetro Aparente*

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 10, el valor de p para 4 de los 5 tratamientos es mayor a 0.05, sin embargo, el segundo tratamiento presenta un valor de $p < 0.05$, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que indica que los datos en conjunto no presentan una distribución normal.

ii. ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de diámetro aparente de los 5 tratamientos al no cumplir con los supuestos de normalidad se aplicó un diseño experimental no paramétrico equivalente a la prueba ANOVA de un factor denominado prueba estadística Kruskal-Wallis para comparar si existe diferencia significativa en la distribución de la variable entre los grupos.

Tabla 19: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Diámetro Aparente*

Hipótesis nula	Ho: Todas las medianas son iguales	
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente	
GL	Valor H	Valor p
4	105.90	0.000

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 19 nos indica los resultados de la prueba Kruskal-Wallis, el valor de p es 0.000, siendo este menor a 0.05 indicando que al menos una mediana es diferente, es decir, **podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en el diámetro aparente de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 20: *Estadísticos descriptivos diámetro aparente*

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	44.6621	152.3	4.87
Tratamiento 2	44	37.6502	72.2	-4.46
Tratamiento 3	44	34.2893	43.8	-7.77
Tratamiento 4	44	42.2683	135.0	2.85
Tratamiento 5	44	44.0104	149.1	4.50
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

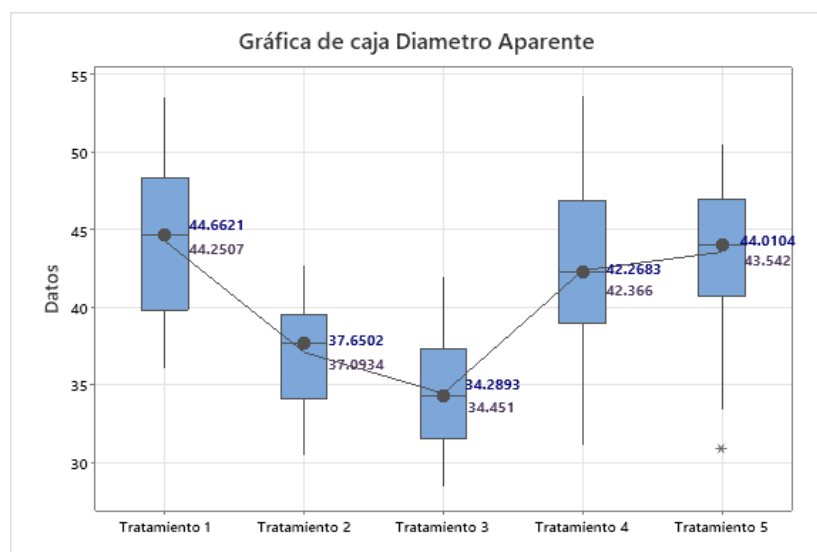


Figura 11: Gráfico de caja diámetro aparente de los cinco tratamientos
FUENTE: Elaboración propia

La tabla 20 nos muestra las medianas del diámetro aparente de los tratamientos y la figura 11 muestra el gráfico de caja comparativo de los 5 tratamientos siendo las principales inferencias las siguientes:

- El tratamiento 1 el grupo de control (enriado en agua), en el tratamiento 1 se puede observar que la media es $44.66\mu\text{m}$ y la mediana $44.25\mu\text{m}$.
- En el caso del tratamiento 2 (enriado con hidróxido de sodio) se pudo obtener fibras con diámetros mucho menores siendo su media y mediana $37\mu\text{m}$.
- El tratamiento 3 (enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) generó las fibras con menor diámetro medio ($34.29\mu\text{m}$).
- En el caso de los tratamientos 4 y 5 el diámetro aparente de las fibras de ortiga tiene una media de $42.26\mu\text{m}$ y $44.01\mu\text{m}$ respectivamente siendo este alto a comparación de los anteriores tratamientos.

Tabla 21: Grupos que muestran diferencias significativas diámetro aparente

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	7.99343 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 5	7.75897 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 4	6.71730 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 2	5.90338 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 5	5.66892 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	4.62725 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

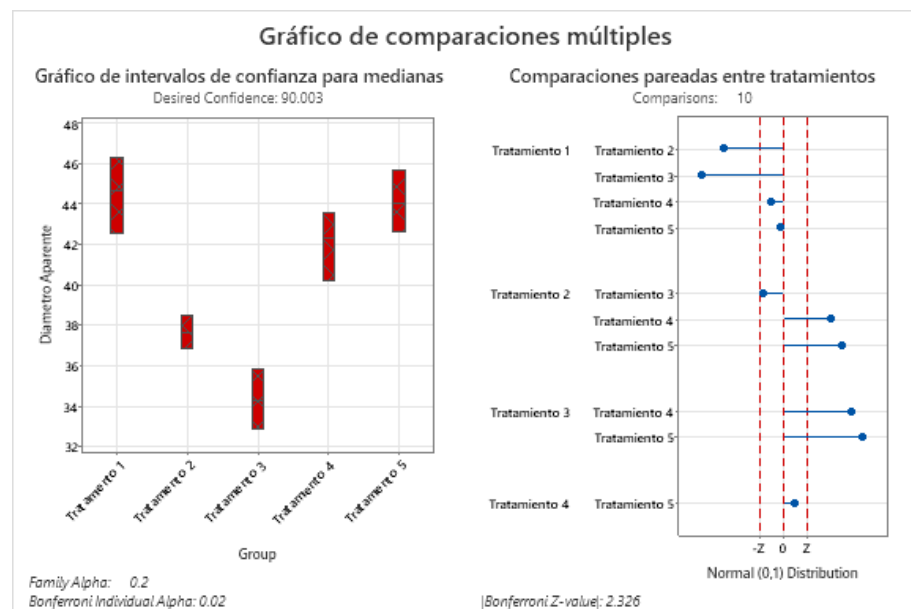


Figura 12: Gráfico de comparaciones múltiples de diámetro aparente

FUENTE: Elaboración propia

Las Comparaciones pareadas entre tratamientos que se muestran en la figura 12, nos ayudan a comparar por pares entre tratamientos (10 comparaciones en total dado que son 5 grupos). En este grafico las líneas verticales punteadas son los límites críticos ($z = \pm 2.326$) para la significancia con corrección de Bonferroni al nivel de confianza 90%, si el valor de z de una comparación es mayor que 2.326 la diferencia entre esos dos tratamientos es estadísticamente significativa; si es menor, no hay diferencia significativa. En ese sentido podemos resaltar:

- El tratamiento 1 que es nuestro grupo de control comparado con el tratamiento 2 (hidróxido de sodio) y tratamiento 3 (hidróxido de sodio y clorito de sodio) presenta diferencia significativa en el diámetro aparente de las fibras de ortiga.
- El tratamiento 1 comparado con el tratamiento 4 y 5 no tiene una diferencia significativa en el diámetro aparente de las fibras.

b. BLANCURA DE LAS FIBRAS

i. PRUEBA DE NORMALIDAD

Para identificar si los datos registrados para el indicador blancura de fibras cumplen con los supuestos de normalidad se utilizó el estadístico Anderson–Darling, este estadístico nos ayuda a verificar la normalidad de datos cuyo tamaño de muestra es menor a 50.

Hipótesis de normalidad

H0: Los datos presentan una distribución normal valor $P > 0.05$

H1: Los datos no presentan una distribución normal valor $P < 0.05$

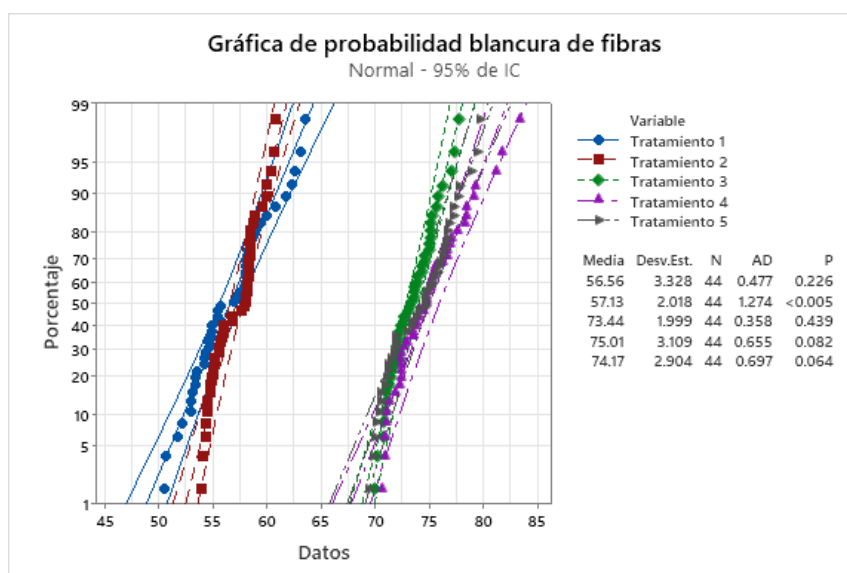


Figura 13: *Grafica de Probabilidad de la Blancura de Fibras*

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 13, el valor de p para 4 de los 5 tratamientos es mayor a 0.05, sin embargo, el segundo tratamiento presenta un valor de $p < 0.05$,

por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que indica que los datos en conjunto no presentan una distribución normal.

ii. ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de diámetro aparente de los 5 tratamientos al no cumplir con los supuestos de normalidad se aplicó un diseño experimental no paramétrico equivalente a la prueba ANOVA de un factor denominado prueba estadística Kruskal-Wallis para comparar si existe diferencia significativa en la distribución de la variable entre los grupos.

Tabla 22: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Blancura de las fibras*

Hipótesis nula	Ho: Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	159.93	0.000
Ajustado para empates	4	159.93	0.000

FUENTE: Elaboración propia

Según la tabla 22, la prueba de Kruskal-Wallis para la blancura de las fibras dio un valor de p menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna (al menos una mediana es diferente). **Podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en la blancura de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 23: *Estadísticos descriptivos Blancura de las Fibras*

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	56.335	40.6	-8.14
Tratamiento 2	44	57.975	48.4	-7.24
Tratamiento 3	44	73.345	145.0	4.02
Tratamiento 4	44	74.670	163.9	6.22
Tratamiento 5	44	74.695	154.6	5.14
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

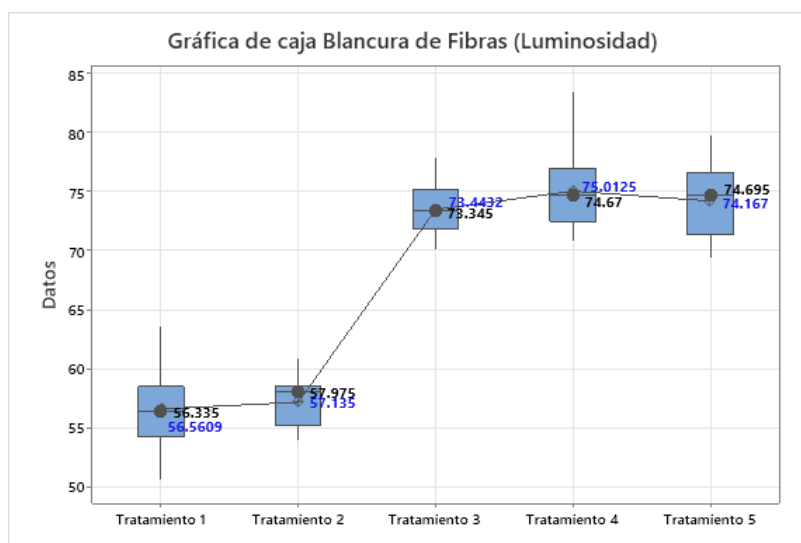


Figura 14: Gráfico de caja blanca de las fibras de los cinco tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

La figura 14 nos muestra la gráfica de cajas, según la cual se puede afirmar:

- Las cajas son relativamente anchas, reflejando la variabilidad natural de las fibras entre repeticiones. Sin embargo, todos los tratamientos siguen la misma tendencia ascendente en la mediana.
- El tratamiento 1 (enriado en agua) presenta una mediana de 56.3 y una media de 56.6 en la escala de blancura de las fibras, es el tratamiento con menor blancura, indicando baja luminosidad de la fibra, que sometidas a análisis visual presentan un color verde pálido.
- El tratamiento 2 (enriado con hidróxidos de sodio) tiene una mediana de 57.9 y una media de 57.1 lo que indica que las fibras presentan una ligera mejora, aunque aún es bajo en comparación con los siguientes tratamientos, según el análisis visual estas fibras presentan un color amarillo intenso.
- El tratamiento 3 (enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) presenta una mediana de 73.3 y media de 73.4, que significa que existe un incremento significativo en la blancura. Esto sugiere que el tratamiento 3 produce un efecto notable sobre la luminosidad del color de las fibras obtenidas con este tratamiento, detectándose un color amarillo pálido en inspección visual.

- Con respecto al tratamiento 4 (enriado con peróxido de hidrógeno) el valor de la mediana fue 74.6 y media 75.01 indicando que la blancura se mantiene alta y estable, con valores consistentes, llegando a un color cercano al blanco.
- En el tratamiento 5 (enriado con peróxido de hidrógeno con ácido acético) la blancura de las fibras llego a una mediana de 74.7 y media de 74.2 siendo estos valores similares al tratamiento 4, mostrando una luminosidad elevada y estable.

Tabla 24: Grupos que muestran diferencias significativas blancura de las fibras

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 4	9.07869 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	8.51096 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 5	8.39875 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 5	7.83102 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	7.69118 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 3	7.12345 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

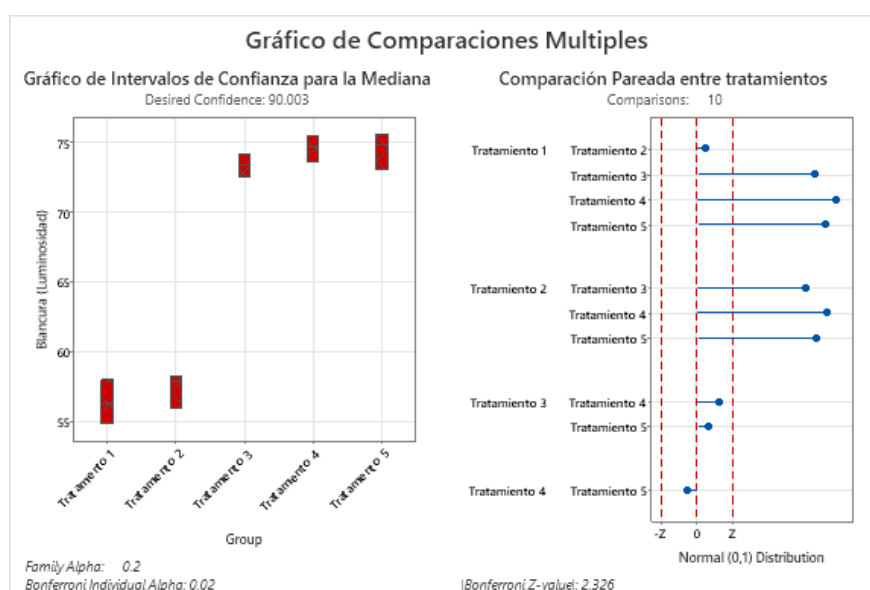


Figura 15: Gráfico de comparaciones múltiples de blancura de las fibras

FUENTE: Elaboración propia

La figura 15 nos detalla las comparaciones pareadas entre tratamientos, de esta figura podemos inferir:

- El análisis de la comparación entre el tratamiento 1 (grupo de control) con el tratamiento 3, 4 y 5 muestran un valor de z mayor al valor de z corregido de Bonferroni, indicando que existe diferencia significativa en tres de las cuatro comparaciones pareadas.
- La comparación entre el tratamiento 1 (grupo de control) y el tratamiento 2 (enriado con hidróxido de sodio) muestra que no existe una diferencia significativa en cuanto al valor de blancura de estas muestras, indicando que los colores de ambos tratamientos se encuentran alejados del color blanco.

4.1.2. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

a. CARGA DE ROTURA

i. PRUEBA DE NORMALIDAD

La determinación de la normalidad de los datos de carga de rotura se realizó con el estadístico Anderson–Darling, este estadístico nos ayuda a verificar la normalidad de datos cuyo tamaño de muestra es menor a 50.

Hipótesis de normalidad

H_0 : Los datos presentan una distribución normal valor $P > 0.05$

H_1 : Los datos no presentan una distribución normal valor $P < 0.05$

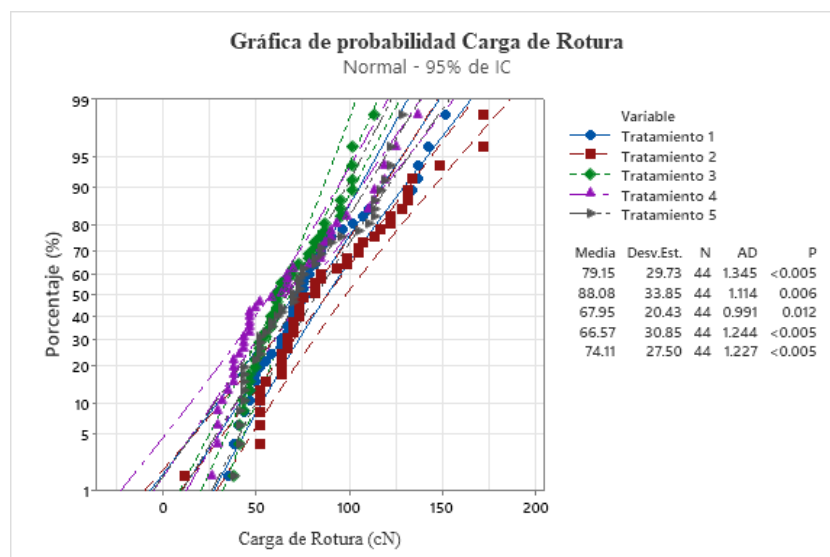


Figura 16: *Grafica de Probabilidad Carga de Rotura*

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 16, el valor de p para los 5 tratamientos es menor a 0.05, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que indica que los datos en conjunto no presentan una distribución normal.

ii. ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de carga de rotura de los 5 tratamientos al no cumplir con los supuestos de normalidad necesitan un diseño experimental no paramétrico equivalente a la prueba ANOVA de un factor denominado prueba estadística Kruskal-Wallis para comparar si existe diferencia significativa en la distribución de la variable entre los grupos.

Tabla 25: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Carga de Rotura*

Hipótesis nula	H ₀ : Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	15.18	0.004
Ajustado para empates	4	15.21	0.004

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 25 nos muestra los resultados de la prueba Kruskal-Wallis, el valor de p es 0.004, siendo este menor a 0.05 indicando que al menos una mediana es diferente, es decir, **podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en la carga de rotura de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 26: Estadísticos descriptivos Carga de Rotura

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	72.8	119.9	1.10
Tratamiento 2	44	78.6	137.0	3.08
Tratamiento 3	44	61.1	97.4	-1.53
Tratamiento 4	44	61.1	89.7	-2.43
Tratamiento 5	44	69.9	108.6	-0.22
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

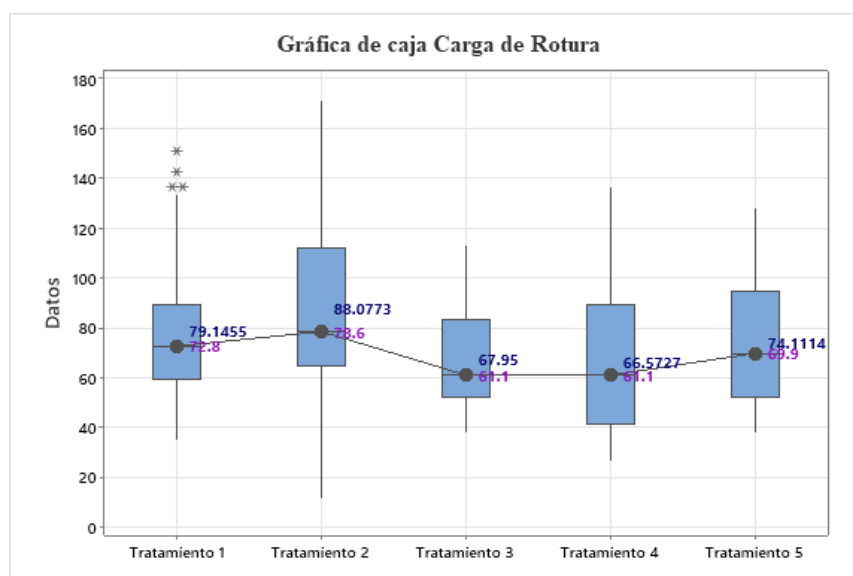


Figura 17: Gráfico de caja carga de rotura de los cinco tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

La figura 17 que nos muestra el gráfico de caja comparativo de los 5 tratamientos con respecto a la carga de rotura expresado en centinewtons siendo las principales inferencias las siguientes:

- El tratamiento 1 el grupo de control (enriado en agua), en el tratamiento 1 se puede observar que la media es 79.15cN y la mediana 72.8cN.
- En el caso del tratamiento 2 (enriado con hidróxido de sodio) la media de las muestras con respecto a su carga de rotura fue 88.07cN y la mediana 78.6cN. Siendo estas las que soportaron mayor carga de rotura a comparación de los otros tratamientos.
- El tratamiento 3 (enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) permitió obtener fibras con 67.95cN de carga de rotura media y 61.1cN de mediana.
- En el tratamiento 4 (peróxido de hidrógeno) las fibras muestreadas soportaron una media de 66.57cN de carga de rotura y como mediana 61.1cN.
- En el tratamiento 5 (peróxido de hidrógeno y ácido acético) las fibras soportaron una carga de rotura media de 74.11cN y 69.9cN de mediana.

Tabla 27: Grupos que muestran diferencias significativas carga de rotura

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	3.48680 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 3	2.91949 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

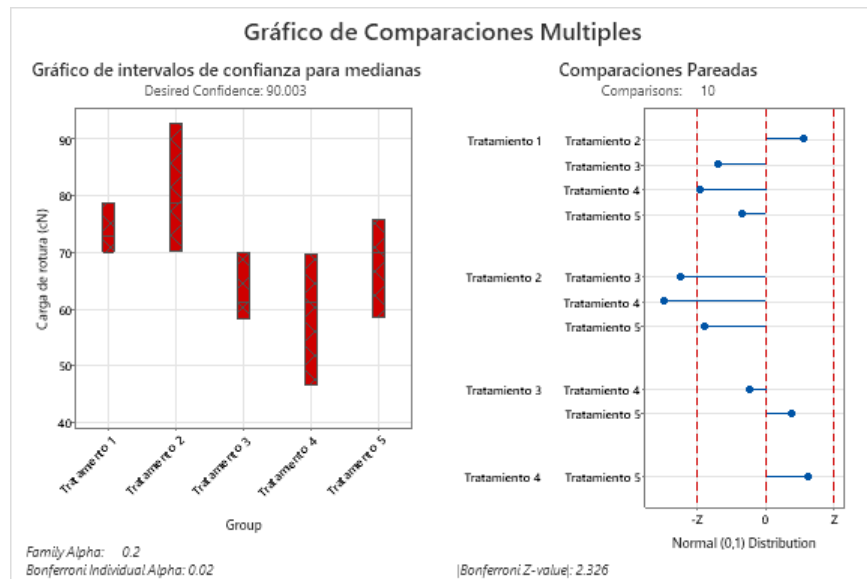


Figura 18: *Gráfico de comparaciones múltiples de carga de rotura*

FUENTE: Elaboración propia

Las Comparaciones pareadas entre tratamientos que se muestran en la figura 18, nos ayudan a comparar por pares entre tratamientos (10 comparaciones en total dado que son 5 grupos). En ese sentido podemos resaltar:

- El tratamiento 1 (enriado en agua) que es nuestro grupo de control comparado con los otros cuatro tratamientos (enriado químico) no presentan un valor de z mayor al calor de z corregido de Bonferroni, indicando que no existe una diferencia significativa entre estas 4 comparaciones, es decir, no existe diferencia significativa en la carga de rotura entre el grupo de control y cualquiera de los tratamientos de enriado químico.
- Si se analiza también las otras comparaciones pareadas, podemos indicar que existe diferencia significativa entre el tratamiento 2 y el tratamiento 3 y 4, corroborado en la diferencia de las medias y medianas de los datos de carga de rotura obtenidos de las fibras de ortiga muestreadas.

b. TENACIDAD

i. PRUEBA DE NORMALIDAD

La determinación de la normalidad de los datos de tenacidad se realizó con el estadístico Anderson–Darling, este estadístico nos ayuda a verificar la normalidad de datos cuyo tamaño de muestra es menor a 50.

Hipótesis de normalidad

H_0 : Los datos presentan una distribución normal valor $P > 0.05$

H_1 : Los datos no presentan una distribución normal valor $P < 0.05$

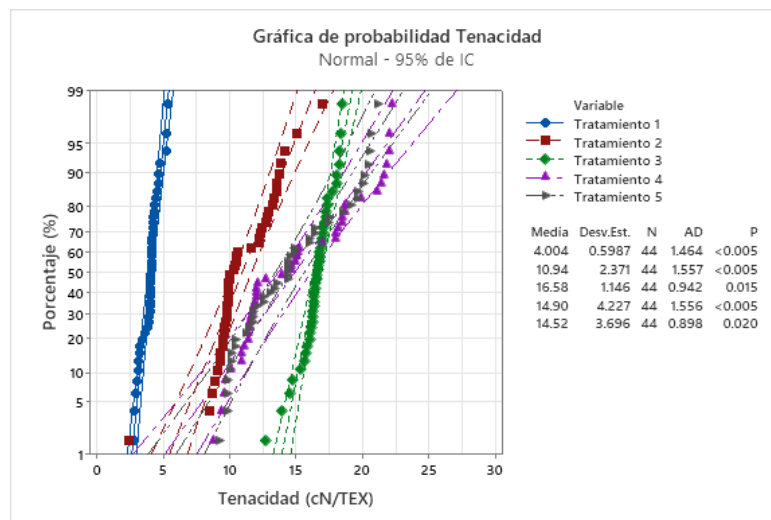


Figura 19: *Gráfica de Probabilidad Tenacidad*

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 19, el valor de p para los 5 tratamientos es menor a 0.05, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que indica que los datos en conjunto no presentan una distribución normal.

ii. ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de tenacidad de los 5 tratamientos al no cumplir con los supuestos de normalidad necesitan un diseño experimental no paramétrico equivalente a la prueba ANOVA de un factor denominado prueba estadística Kruskal-Wallis para comparar si existe diferencia significativa en la distribución de la variable entre los grupos.

Tabla 28: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Tenacidad*

Hipótesis nula	Ho: Todas las medianas son iguales	
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente	
GL	Valor H	Valor p
4	141.18	0.000

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 28 nos muestra los resultados de la prueba Kruskal-Wallis, el valor de p es 0.000, siendo este menor a 0.05 indicando que al menos una mediana es diferente, es decir, **podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en la tenacidad de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 29: *Estadísticos descriptivos Tenacidad*

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	4.0615	23.5	-10.14
Tratamiento 2	44	10.1529	85.7	-2.89
Tratamiento 3	44	16.6164	168.5	6.75
Tratamiento 4	44	14.3070	139.3	3.35
Tratamiento 5	44	14.3329	135.6	2.92
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

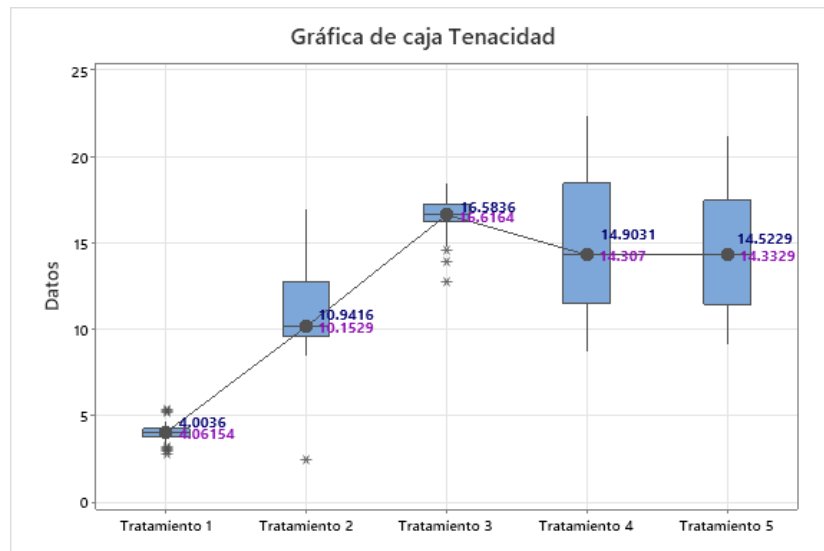


Figura 20: *Gráfico de caja tenacidad de los cinco tratamientos*

FUENTE: Elaboración propia

La figura 20 que nos muestra el grafico de caja comparativo de los 5 tratamientos con respecto a la tenacidad expresado en cN/tex siendo las principales inferencias las siguientes:

- El tratamiento 1 el grupo de control (enriado en agua) se puede observar que la media es 4.00cN/tex y la mediana 4.06 cN/tex, siendo esta la tenacidad más baja en comparación con los otros tratamientos.
- En el caso del tratamiento 2 (enriado con hidróxido de sodio) la media de las muestras con respecto a su tenacidad fue 10.94 cN/tex y la mediana 10.15 cN/tex.
- El tratamiento 3 (enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) permitió obtener fibras con 16.58 cN/tex de tenacidad media y 16.62 cN/tex de mediana. Este tratamiento alcanza el máximo en tenacidad, con la caja estrecha (poca variabilidad) y datos atípicos menores.
- En el tratamiento 4 (peróxido de hidrógeno) las fibras muestreadas presentaron una media de 14.90 cN/tex de tenacidad y como mediana 14.30 cN/tex. Se puede identificar también que existe una dispersión considerable.
- En el tratamiento 5 (peróxido de hidrógeno y acido acético) las fibras presentaron una tenacidad media de 14.52 cN/tex y 14.33 cN/tex de mediana.

Tabla 30: Grupos que muestran diferencias significativas tenacidad

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	10.6830 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 4	8.5293 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 5	8.2580 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 3	6.0993 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 2	4.5837 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	3.9456 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 5	3.6743 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 5	2.4250 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

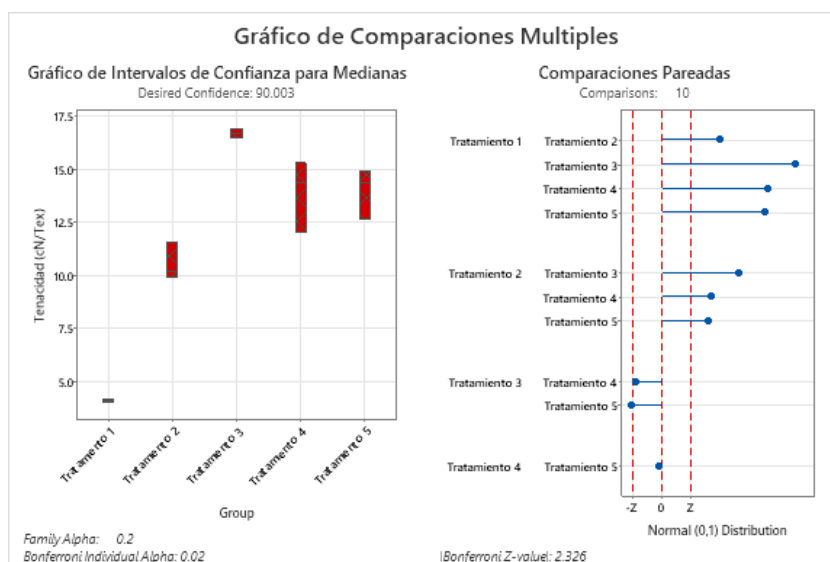


Figura 21: Gráfico de comparaciones múltiples de tenacidad

FUENTE: Elaboración propia

Las Comparaciones pareadas entre tratamientos que se muestran en la figura 21, nos ayudan a comparar por pares entre tratamientos (10 comparaciones en total dado que son 5 grupos). En ese sentido podemos resaltar:

- El tratamiento 1 (enriado en agua) comparado con los cuatro tratamientos de enriado químico presentan valores de z mayores a al valor de z de Bonferroni, es decir, existe diferencia significativa en la tenacidad entre el grupo de control y cualquiera de los tratamientos

de enriado químico. Como se puede observar la diferencia es más significativa con el tratamiento 3.

- Si se analiza también las otras comparaciones pareadas, podemos indicar que existe diferencia significativa entre el tratamiento 2 y el tratamiento 3,4 y 5 corroborado en la diferencia de las medias y medianas de los datos de tenacidad obtenidos de las fibras de ortiga muestreadas.

c. PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

i. PRUEBA DE NORMALIDAD

La determinación de la normalidad de los datos del indicador porcentaje de alargamiento se realizó con el estadístico Anderson–Darling, este estadístico nos ayuda a verificar la normalidad de datos cuyo tamaño de muestra es menor a 50.

Hipótesis de normalidad

H_0 : Los datos presentan una distribución normal valor $P > 0.05$

H_1 : Los datos no presentan una distribución normal valor $P < 0.05$

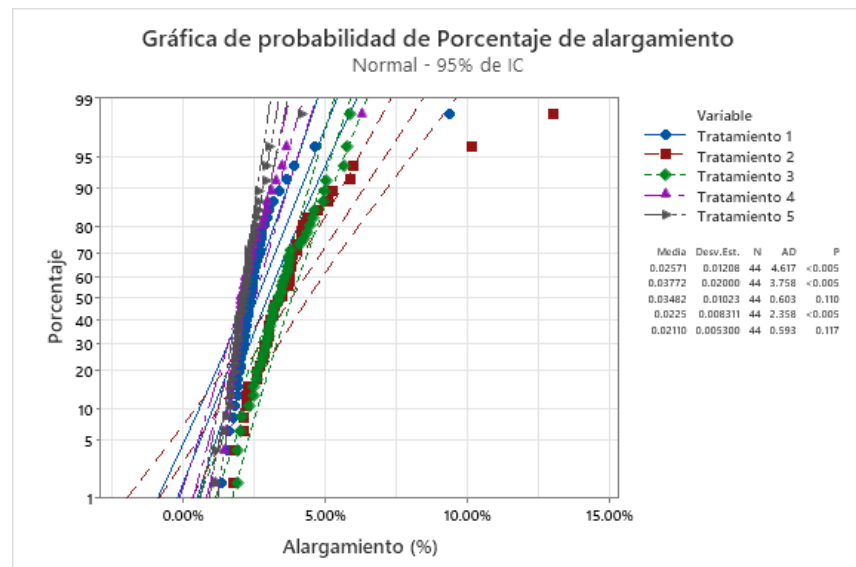


Figura 22: *Gráfica de Probabilidad Porcentaje de Alargamiento*

FUENTE: Elaboración propia

Según la figura 22, el valor de p para 4 de los 5 tratamientos es menor a 0.05, por tal motivo se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que indica que los datos en conjunto no presentan una distribución normal.

ii. ANÁLISIS DE VARIANZA

Los datos de porcentaje de alargamiento de los 5 tratamientos al no cumplir con los supuestos de normalidad necesitan un diseño experimental no paramétrico equivalente a la prueba ANOVA de un factor denominado prueba estadística Kruskal-Wallis para comparar si existe diferencia significativa en la distribución de la variable entre los grupos.

Tabla 31: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Porcentaje de Alargamiento*

Hipótesis nula	Ho: Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	85.09	0.000
Ajustado para empates	4	85.09	0.000

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 31 nos muestra los resultados de la prueba Kruskal-Wallis, el valor de p es 0.000, siendo este menor a 0.05 indicando que al menos una mediana es diferente, es decir, **podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en el porcentaje de alargamiento de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 32: *Estadísticos descriptivos Porcentaje de Alargamiento*

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	0.0232317	96.7	-1.60
Tratamiento 2	44	0.0337805	157.3	5.45
Tratamiento 3	44	0.0334146	157.6	5.49
Tratamiento 4	44	0.0198171	73.6	-4.30
Tratamiento 5	44	0.0206098	67.2	-5.04
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

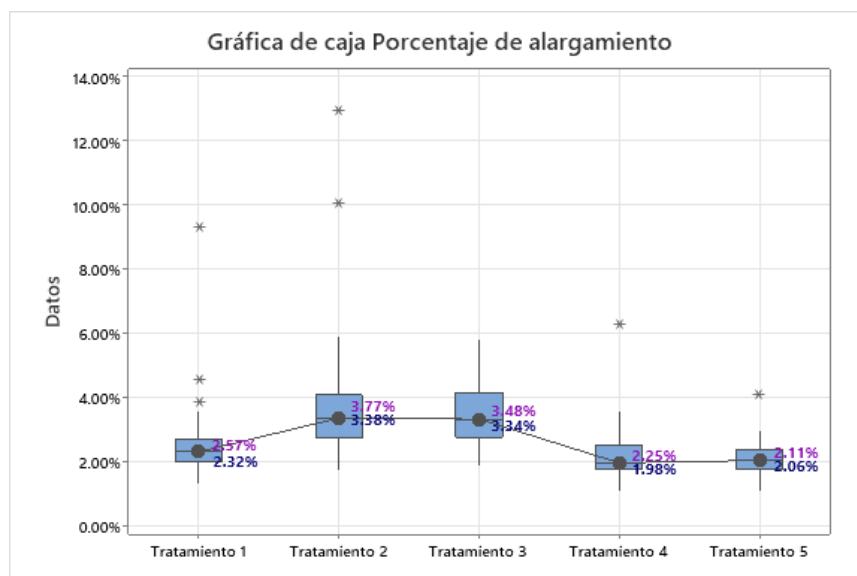


Figura 23: Gráfico de caja tenacidad de los cinco tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

La figura 23 que nos muestra el gráfico de caja comparativo de los 5 tratamientos con respecto a la tenacidad expresado en cN/tex siendo las principales inferencias las siguientes:

- El tratamiento 1 el grupo de control (enriado en agua) se puede observar que la media es 2.57% y la mediana 2.32%.
- En el caso del tratamiento 2 (enriado con hidróxido de sodio) la media de las muestras con respecto a su porcentaje de alargamiento fue 3.77% y la mediana 3.38%. Presentando este grupo el valor más alto de porcentaje de elongación con respecto a los otros tratamientos de enriado. Aunque con algunos valores extremos claramente más altos, lo que indica mayor dispersión o presencia de resultados atípicos.
- El tratamiento 3 (enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) permitió obtener fibras con 3.48% de porcentaje de alargamiento medio y 3.34% de mediana. Este tratamiento alcanza también un porcentaje de alargamiento superior a los otros tratamientos, una dispersión moderada y algunos valores muy altos.
- En el tratamiento 4 (peróxido de hidrógeno) las fibras muestreadas presentaron una media de 2.25% de porcentaje de alargamiento y como mediana 1.98%. Se puede identificar también que existe una dispersión reducida.

- En el tratamiento 5 (peróxido de hidrógeno y ácido acético) las fibras presentaron un porcentaje de alargamiento cuya media es de 2.11% y 2.06% de mediana y su dispersión también es reducida, con pocas excepciones fuera del rango principal.

Tabla 33: Grupos que muestran diferencias significativas porcentaje de alargamiento

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 5	6.66142 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 5	6.63797 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 4	6.19164 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	6.16820 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	4.48672 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 2	4.46328 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

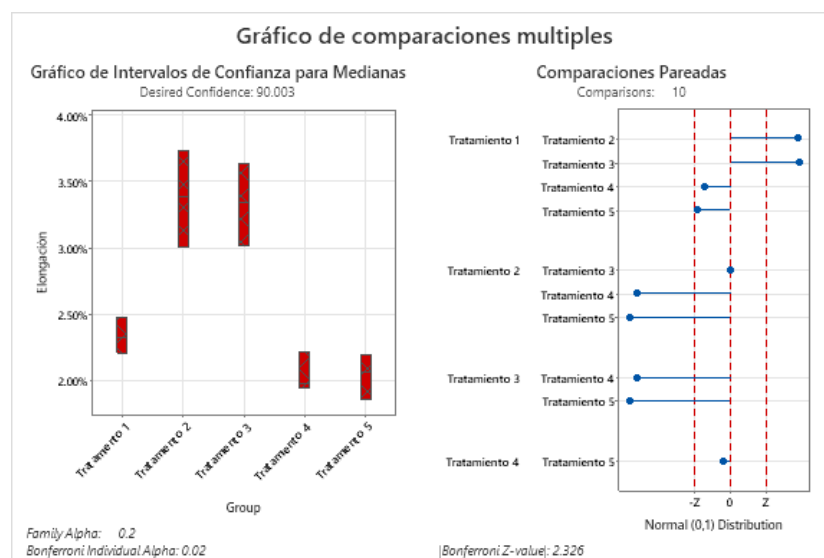


Figura 24: Gráfico de comparaciones múltiples de porcentaje de alargamiento

FUENTE: Elaboración propia

Las Comparaciones pareadas entre tratamientos que se muestran en la figura 24, nos ayudan a comparar por pares entre tratamientos (10 comparaciones en total dado que son 5 grupos). En ese sentido podemos resaltar:

- El tratamiento 1 (enriado en agua) comparado con el tratamiento 2 y tratamiento 3 de enriado químico presentan valores de z mayores a al valor de z de Bonferroni, es decir, existe diferencia significativa en el porcentaje de alargamiento entre el grupo de control y el tratamiento 2 y 3 de enriado químico.
- En el caso de la comparación del tratamiento 1 (enriado en agua) con el tratamiento 4 y tratamiento 5 (enriado químico) los valores de z son inferiores al valor de z de Bonferroni. Indicando que no existe diferencia significativa con respecto al porcentaje de alargamiento entre estas comparaciones pareadas.
- Si se analiza también las otras comparaciones pareadas, podemos indicar que existe diferencia significativa por un lado entre la comparación del tratamiento 2 con el tratamiento 4 y 5, y por otro lado en las comparaciones entre el tratamiento 3 con los tratamientos 4 y 5; todo esto corroborado en la diferencia de las medias y medianas de los datos de porcentaje de alargamiento obtenidos de las fibras de ortiga muestreadas.

4.1.3. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN

a. LIBERACIÓN DE FIBRAS

El indicador liberación de fibras es de tipo puntaje ordinal (1–5), porque cada número representa un grado de limpieza de las fibras, motivo por el cual se realizó directamente la prueba Kruskal-Wallis.

Tabla 34: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Liberación de fibras*

Hipótesis nula	Ho: Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	67.45	0.000
Ajustado para empates	4	76.49	0.000

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 34 indica el valor de p en la prueba Kruskal-Wallis, este valor calculado en el software estadístico es 0.000, siendo este menor que 0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna (al menos una mediana es diferente). **Podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en la liberación de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.**

Tabla 35: Estadísticos descriptivos liberación de fibras

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	2	74.3	-4.22
Tratamiento 2	44	3	129.0	2.16
Tratamiento 3	44	4	160.7	5.85
Tratamiento 4	44	2	66.8	-5.09
Tratamiento 5	44	3	121.7	1.30
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

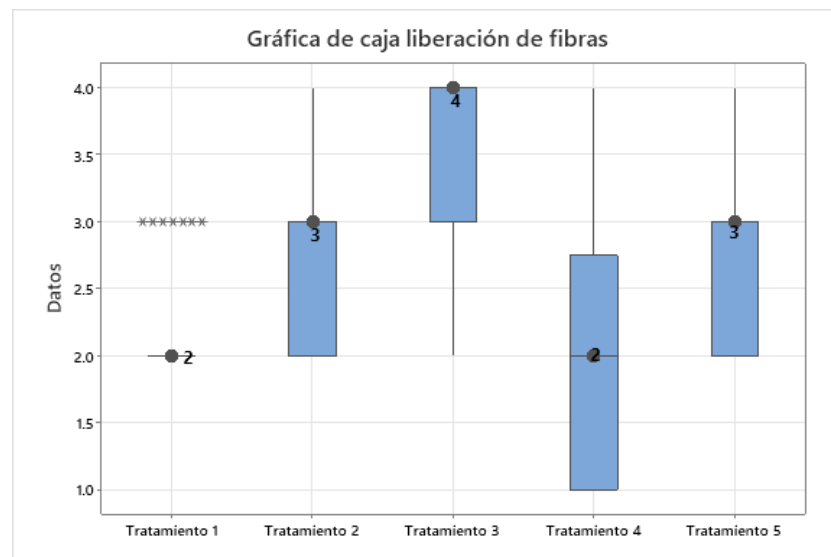


Figura 25: Gráfico de caja liberación de fibras de los cinco tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

La figura 25 nos muestra la gráfica de caja que compara los cinco tratamientos de enriado en cuanto la liberación de las fibras, según este podemos mencionar lo siguiente:

- En el caso del tratamiento 1 (enriado en agua) la mediana es 2 indicando que con este método las fibras tienen mucha cantidad de material fibroso sobre ellas.
- El tratamiento 2 (Enriado con hidróxido de sodio) la mediana es 3 que significa la existencia significativa de fibras con cantidad apreciable de material fibroso sobre ellas.
- El tratamiento 3 (Enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio) la mediana es 4 que según los criterios de asignación significa que con este método se obtiene fibras con poca cantidad de material fibroso sobre ellas. Infiriéndose que es el tratamiento más efectivo para la liberación de fibras.
- El tratamiento 4 (Enriado con peróxido de hidrogeno) la mediana es 2, indicando que con este método las fibras tienen mucha cantidad de material fibroso sobre ellas.
- Finalmente el tratamiento 5 (Enriado con peróxido de hidrogeno y ácido acético) tiene una mediana de 3, lo que significa que existen fibras con cantidad apreciable de material fibroso sobre ellas.

Tabla 36: Grupos que muestran diferencias significativas liberación de fibras

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 4	7.37186 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	6.78154 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	4.88218 $\geq$ 2.326
Tratamiento 4 vs. Tratamiento 5	4.30791 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 2	4.29186 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 5	3.71759 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 5	3.06396 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 3	2.48969 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

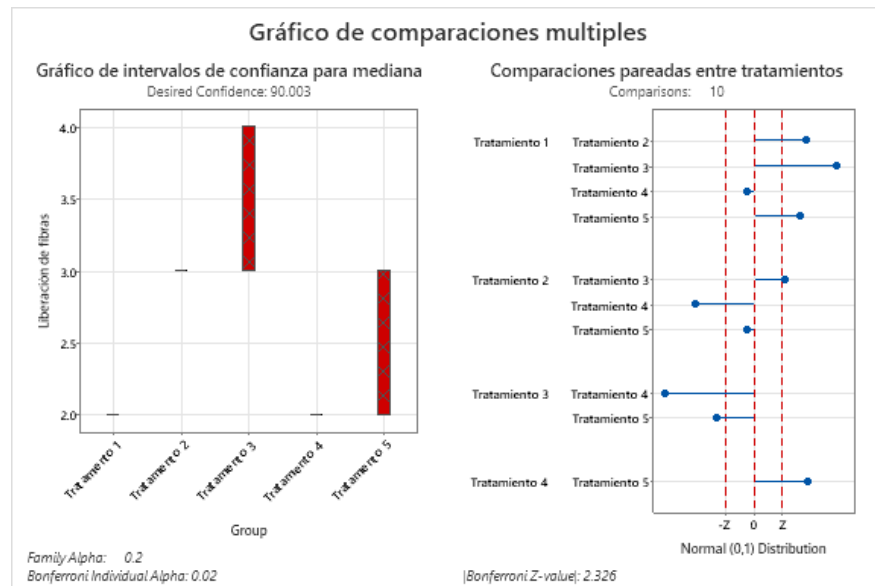


Figura 26: Gráfico de comparaciones múltiples de liberación de fibras

FUENTE: Elaboración propia

La figura 26 nos muestra las comparaciones pareadas entre tratamientos, según este podemos afirmar que:

- Las diferencias significativas encontradas entre tratamiento 1 respecto a tratamientos 2, 3 y 5, indican que las fibras de estos tratamientos se liberan significativamente más del material no fibroso que las del tratamiento 1 (enriado en agua).
- No hay diferencias notorias entre tratamientos 1 y tratamiento 4, lo que indica resultados similares en la “limpieza” de la fibra.

b. FACILIDAD DE EXTRACCIÓN

El indicador facilidad de extracción de fibras es de tipo puntaje ordinal (1–5), porque cada número representa un grado de facilidad de extracción de las fibras de ortiga, por esta razón se realizó directamente la prueba Kruskal-Wallis.

Tabla 37: *Tabla de resultados prueba Kruskal-Wallis Facilidad de Extracción*

Hipótesis nula	H ₀ : Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	71.93	0.000
Ajustado para empates	4	80.93	0.000

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 37 indica el valor de p en la prueba Kruskal-Wallis, este valor calculado en el software estadístico es 0.000, siendo este menor que 0.05 entonces se acepta la hipótesis alterna (al menos una mediana es diferente).

Podemos afirmar que el enriado químico influye significativamente en la facilidad de extracción de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga.

Tabla 38: *Estadísticos descriptivos facilidad de extracción*

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Tratamiento 1	44	2	64.5	-5.36
Tratamiento 2	44	3	112.3	0.21
Tratamiento 3	44	3	146.3	4.17
Tratamiento 4	44	2	74.8	-4.16
Tratamiento 5	44	3	154.6	5.14
General	220		110.5	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 39: Grupos que muestran diferencias significativas facilidad de extracción

Grupos	Z vs. Critical value
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 5	7.04827 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 3	6.39541 $\geq$ 2.326
Tratamiento 4 vs. Tratamiento 5	6.23819 $\geq$ 2.326
Tratamiento 3 vs. Tratamiento 4	5.58532 $\geq$ 2.326
Tratamiento 1 vs. Tratamiento 2	3.73776 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 5	3.31051 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 4	2.92768 $\geq$ 2.326
Tratamiento 2 vs. Tratamiento 3	2.65765 $\geq$ 2.326

FUENTE: Elaboración propia

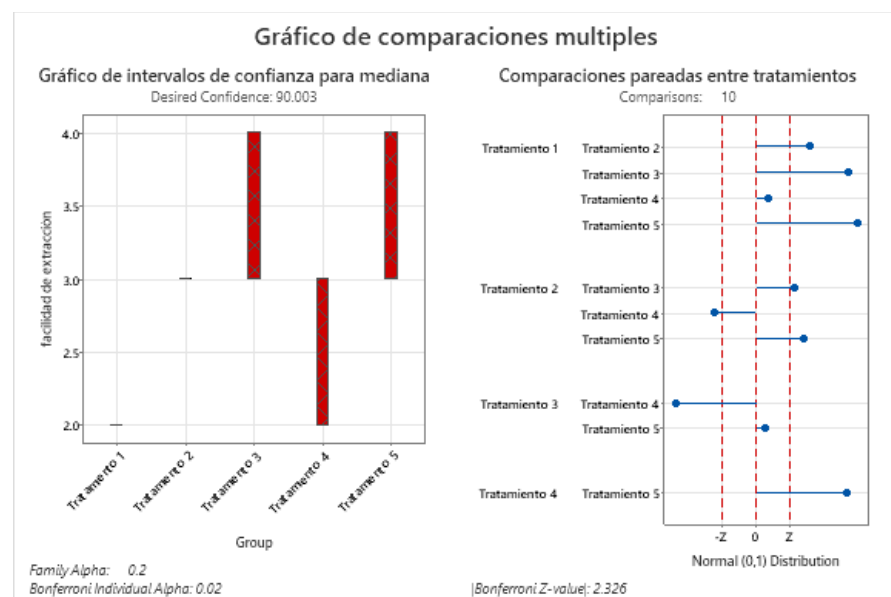


Figura 28: Gráfico de comparaciones múltiples de facilidad de extracción

FUENTE: Elaboración propia

La figura 28 nos muestra principalmente las comparaciones pareadas entre los cinco tratamientos, de este podemos inferir:

- El tratamiento 1 (enriado en agua) presenta una diferencia significativa en el tratamiento 2, 3 y 5 con respecto a la facilidad de extracción de fibras de ortiga.

- En el caso del tratamiento 1 comparado con el tratamiento 4 (enriado con Peróxido de Hidrogeno) no presenta una diferencia significativa en la facilidad de extracción de fibras de ortiga.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Los resultados obtenidos demuestran que el enriado químico ejerce una influencia significativa en las propiedades físicas de las fibras extraídas de tallos de ortiga (*Urtica urens*), corroborando lo reportado en la literatura internacional.

En cuanto al diámetro aparente, se observó una reducción notable en los tratamientos con hidróxido de sodio (Tratamiento 2 y Tratamiento 3), alcanzando valores mínimos de 34.29 μm en el Tratamiento 3 (NaOH 4% + NaClO₂ 1%). Estos hallazgos son consistentes con los de Vishwajeet et al. (2024) quienes reportaron diámetros entre 21 a 42 μm en fibras de ortiga del Himalaya tratadas con NaOH (8%), también con lo reportado por Deepa y Kumaresan (2022), quienes obtuvieron un diámetro aparente promedio de 32.5 μm en las fibras sometidas a un tratamiento de NaOH 4% + NaClO₂ 1% y 39 μm en las fibras sometidas a un tratamiento de solo NaOH 4%. En el caso de la investigación realizada por Mudoj et al.(2022), se sometió a las fibras a tratamientos químicos con diferentes concentraciones de NaOH, siendo las más cercana el tratamiento del 5% con la que se obtuvo un diámetro aparente promedio de 34.84 μm , siendo similar a los resultados obtenidos con el tratamiento 2 (NaOH 4%) en esta investigación que fue 37 μm . Finalmente Kartick et al.(2021) indica que las fibras de ortiga sometidas a tratamientos con Hidróxido de Sodio (NaOH 10%) presentan un diámetro aparente de 37 μm , este fenómeno se puede atribuir a la acción del NaOH, que elimina materiales no celulósicos como lignina, hemicelulosa y pectina, lo que resulta en fibras más delgadas y puras (Deepa y Kumaresan, 2022; Manash et al., 2022).

La blancura de las fibras fue significativamente mejorada por los tratamientos T4 (H₂O₂ al 15%) y T5 (H₂O₂ al 15% y CH₃COOH al 15%), mejorando la blancura, favoreciendo la calidad visual del material, alcanzando una media de

74 con respecto al índice de luminosidad y blancura donde llegar a 100 en una blancura perfecta; esto se debe al efecto blanqueador del H_2O_2 , que oxida los pigmentos naturales y residuales de lignina Ulloa et al.(2024), estos resultados son consistentes con los de Kartick et al.(2021), quienes reportaron un aumento en la blancura de fibras de ortiga tratadas con agentes oxidantes. Sin embargo es importante resaltar que aunque estas fibras tengan alta luminosidad existen otras propiedades físico mecánicas que no hacen factible su uso en procesos textiles.

4.2.2. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

El enriado químico también influyó significativamente en las propiedades mecánicas de las fibras, la investigación evidenció que la aplicación de ciertos tratamientos químicos incrementa la tenacidad y el alargamiento de la fibra, aunque el efecto depende del tipo y combinación de reactivos empleados.

En cuanto a la carga de rotura, si bien no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento de control y los tratamientos químicos, sí se observaron variaciones entre estos últimos. El tratamiento 2 (NaOH 4%) mostró la mayor resistencia (88.07 cN), lo que sugiere que el tratamiento alcalino por sí solo puede mejorar la resistencia mecánica al eliminar componentes débiles de la pared celular. Este resultado es consistente con los reportes de Vega y Villanueva (2020) en fibras de *Stipa ichu* tratadas con NaOH.

Con respecto a la tenacidad, esta mostró un aumento drástico en todos los tratamientos químicos en comparación con el control Tratamiento 1 (Enriado en agua). El tratamiento 3 (NaOH 4% y $NaClO_2$ 1%) registró el valor más alto (16.58 cN/tex), superando tanto al control biológico como a otros tratamientos, lo que indica una mayor resistencia específica y mayor potencial para hilos de uso técnico y textil. Estos resultados coinciden con los reportados por Deepa y Kumaresan (2022), Singh et al.(2020) y Kartick et al.(2021) quienes documentan mejoras en la resistencia y elongación tras tratamientos alcalinos y oxidantes, atribuidas a la remoción selectiva de hemicelulosa y lignina, así como al aumento de la cristalinidad de la celulosa. También son resultados consistentes con lo hallado por Kartick et al.(2023) quienes determinaron una tenacidad media de

10.9 cN/Tex para fibras de ortiga tratadas con Enriado Microbiano y Sett et al. (2016) quienes documentan una tenacidad de 43.3 cN/Tex de las fibras de ortiga gigante del Himalaya tratadas químicamente, siendo estos resultados considerablemente superiores a lo hallado en esta investigación debido quizás a la diferencia de las variedades de Ortiga, no obstante también demuestran la mejora de esta propiedad textil en las fibras tratadas químicamente. No obstante, algunos tratamientos también demostraron dispersión o presencia de valores atípicos, posiblemente relacionada con variabilidades inherentes al material vegetal o condiciones de extracción, fenómenos igualmente presentes en la literatura internacional (Bacci et al., 2011).

El porcentaje de alargamiento fue significativamente mayor en los tratamientos T2 (NaOH 4%) y T3 (NaOH 4% y NaClO₂ 1%) obteniéndose 3.77% y 3.48%, respectivamente, indicando una mejora en la flexibilidad de las fibras. Esto puede deberse a la plastificación de la estructura fibrilar por la acción química, tal como lo sugieren Bacci et al. (2011) en su estudio sobre enriado de ortiga. Por el contrario, los tratamientos con peróxido T4(H₂O₂ 15%) y T5(H₂O₂ 15% y CH₃COOH al 15%) mostraron valores bajos de alargamiento, posiblemente debido a una degradación excesiva de los componentes celulósicos.

4.2.3. DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DEL ENRIADO QUÍMICO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que el enriado químico ejerce una influencia significativa en el proceso de obtención de las fibras de los tallos de ortiga (*Urtica urens*), corroborando lo reportado en la literatura internacional.

Respecto a la liberación de fibras y la facilidad de extracción, el tratamiento T3 (NaOH 4% y NaClO₂ 1%) mostró el mejor desempeño (mediana = 4 y 3), indicando una remoción eficiente de material no fibroso. Estos hallazgos concuerdan con lo señalado por Sett et al.(2016) y Bonilla et al.(2009), quienes destacaron que la combinación de agentes alcalinos y oxidantes facilita la separación de las fibras.

Por el contrario, los tratamientos con peróxido de hidrógeno T4(H₂O₂ 15%) y T5(H₂O₂ 15% y CH₃COOH al 15%) mostraron menor eficacia, posiblemente debido a una acción menos agresiva sobre los componentes estructurales de la pared celular de las fibras de ortiga.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL:

En cuanto al objetivo general los resultados obtenidos permitieron determinar la influencia del enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, en las tres dimensiones estudiadas la prueba de contrastación de hipótesis Kruskal-Wallis arrojó un valor $p < 0.05$ en todos los casos aceptándose la hipótesis alterna. El enriado químico influye de manera positiva a lograrse fibras con propiedades físicas y mecánicas mejoradas, sobre todo en el tratamiento T3 (NaOH al 4% y NaClO₂ al 1%) lo que valida su aplicación como alternativa tecnológica viable para el procesamiento de ortiga en contextos industriales. Además, la investigación aporta evidencia científica para la especie *Urtica urens* en la región Puno, contribuyendo al conocimiento sobre fibras vegetales no convencionales y abriendo posibilidades de desarrollo para la industria textil sostenible en la región de Puno y el Perú.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS:

PRIMERA: Se analizó la influencia del enriado químico en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, llegando a la conclusión de la existencia de influencia significativa, con un valor p del estadístico Kruskal-Wallis = 0.000, siendo este menor a 0.05 indicando que al menos una mediana es diferente. Se observó por un lado que el tratamiento con hidróxido de sodio al 4% y clorito de sodio al 1% (T3) produjo fibras con el menor diámetro aparente (34.29 μm) y blancura promedio de 73.3 en la escala de luminosidad. Por otro lado, los tratamientos con peróxido de hidrógeno T4(H₂O₂ 15%) y T5(H₂O₂ 15% y CH₃COOH 15%) mejoraron notablemente la blancura de las fibras, alcanzando valores de luminosidad (L*) superiores a 74, aunque presentaron diámetros aparentes mayores en las fibras como son 42.26 μm y 44.01 μm respectivamente siendo este alto a comparación de los anteriores tratamientos.

SEGUNDA: Se analizó la influencia del enriado químico en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga; con un valor de p menor a 0.05 en la prueba estadística Kruskal-Wallis se comprobó que el enriado químico, particularmente el uso combinado de hidróxido de sodio y clorito de sodio, tuvo un efecto positivo sobre la tenacidad y la elongación de ruptura de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, el tratamiento T3 (NaOH 4% + NaClO₂ 1%) registró la mayor tenacidad (16.58 cN/tex), superando ampliamente al tratamiento de control en agua (4.00 cN/tex). Los tratamientos T2 (NaOH 4%) y T3 (NaOH 4% y NaClO₂ 1%) mostraron los mayores porcentajes de alargamiento (3.77% y 3.48% respectivamente), indicando una mejora en la flexibilidad de las fibras, mostrando que la acción química adecuada puede optimizar la flexibilidad y resistencia de la fibra de ortiga. Sin embargo, se identificó que tratamientos excesivamente oxidativos (como peróxido solo o combinado) podrían reducir estos parámetros, mostrando la necesidad de balancear el tratamiento para maximizar tanto resistencia como ductilidad.

TERCERA: Se analizó la influencia del enriado químico en el proceso de obtención de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó un valor $p < 0.05$ tanto para la liberación de fibras como para la facilidad de extracción, lo que permitió concluir que existe influencia significativa entre las variables. Entre todos los tratamientos, el tratamiento T3 (NaOH 4% + NaClO₂ 1%) obtuvo la mediana más alta (4) en liberación de fibras, superando notoriamente a los tratamientos T1 (H₂O), T2 (NaOH 4%), T3 (NaOH 4% y NaClO₂ 1%), T5 (H₂O₂ 15% y CH₃COOH al 15%); indicando que es el método más eficaz para reducir el material no fibroso adherido a las fibras. En cuanto a la facilidad de extracción, los tratamientos T2, T3 y T5 alcanzaron una mediana de 3 (dificultad moderada), mientras que los tratamientos T1 y T4 se quedaron en 2 (mucha dificultad). Si bien es cierto el tratamiento T3 no fue el único con desempeño aceptable en este indicador, su ventaja en la liberación de fibras es clara. Finalmente, los tratamientos T1 (solo agua) y T4 (solo peróxido de hidrógeno) fueron los menos efectivos en ambos criterios, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. Respecto al balance de materia, a partir de 50 g de tallos de ortiga como masa inicial se obtuvo un promedio de 15 a 18 g de fibra seca, representando un rendimiento de obtención de entre 30% y 36%, siendo la diferencia correspondiente a los materiales no celulósicos eliminados durante el proceso de enriado.

5.2. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN GENERAL:

La recomendación general de esta investigación es desarrollar estudios a escala semiindustrial que evalúen la viabilidad técnica y económica del enriado químico como método de obtención de fibras de ortiga (*Urtica urens*) para su integración en cadenas productivas textiles de la región Puno. El tratamiento 3 (NaOH 4% + NaClO₂ 1%) debe priorizarse como punto de partida por su eficiencia integral demostrada en propiedades físicas, mecánicas y proceso de obtención, dado que este tratamiento genera efluentes de carácter fuertemente alcalino, se recomienda incorporar desde el diseño del proceso una etapa de tratamiento de aguas residuales mediante neutralización como condición necesaria para garantizar la sostenibilidad ambiental del proceso a mayor escala.

RECOMENDACIONES ESPECIFICAS:

PRIMERA: Se recomienda que futuras investigaciones utilicen equipos especializados de mayor precisión para el análisis del diámetro aparente, como microscopios electrónicos de barrido (SEM), y espectrofotómetros calibrados bajo normativa, con el fin de reducir la variabilidad en las mediciones y obtener resultados con mayor exactitud. Asimismo, se recomienda extender este tipo de caracterización física a otras especies vegetales de la región altiplánica con potencial textil, tales como la totora (*Schoenoplectus californicus*), el ichu (*Stipa ichu*) y la chillihua (*Festuca dolichophylla*), dado que la región Puno dispone de una diversidad de fibras naturales no convencionales que merecen ser investigadas sistemáticamente.

SEGUNDA: Se sugiere profundizar en la optimización de las condiciones del enriado alcalino, específicamente con hidróxido de sodio, por ser el agente que demostró mayor efectividad sobre tenacidad y alargamiento variando sistemáticamente la concentración del reactivo, la temperatura y el tiempo de exposición, con el objetivo de identificar condiciones que maximicen simultáneamente la resistencia y ductilidad de la fibra. Complementariamente, se recomienda incorporar en estudios futuros el análisis de la composición química de las fibras obtenidas determinando el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina antes y después del enriado, dado que estos datos permitirán explicar con mayor precisión los mecanismos por los cuales cada tratamiento modifica las propiedades mecánicas de la fibra, fortaleciendo el sustento científico de los resultados obtenidos.

TERCERA: Se recomienda abordar investigaciones que integren toda la cadena productiva de la fibra de ortiga con fines textiles. En primer lugar, es necesario complementar el estudio del proceso de obtención con investigaciones sobre el cultivo controlado de *Urtica urens* en la región Puno evaluando variables agronómicas como densidad de siembra, edad de cosecha óptima, dado que la viabilidad industrial del proceso depende en gran medida de una oferta de materia prima estable y cuantificable. En segundo lugar, se reitera la necesidad de estudiar el tratamiento de las aguas residuales generadas durante el enriado químico como parte integral del proceso, considerando métodos de neutralización y reutilización de efluentes. Abordar la investigación desde esta perspectiva de cadena productiva completa; cultivo, obtención, caracterización, tratamiento de residuos y valorización de la fibra, permitirá sentar bases científicas sólidas para el desarrollo de una industria textil sostenible basada en recursos propios del altiplano peruano

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, H. (2007). *The Bonferonni and Šidák Corrections for Multiple Comparisons*. Encyclopedia of measurement and statistics.
- ADAM. (1 de abril de 2025). *Balanzas Analíticas y de Precisión LUNA*. Obtenido de ADAM Equipment: [https://adamequipment.com/media/docs/brochures/LAB-Luna-SP-\(9043\)-Email.pdf](https://adamequipment.com/media/docs/brochures/LAB-Luna-SP-(9043)-Email.pdf)
- Agencia de sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (6 de Mayo de 2016). *Hidróxido de sodio (Sodium Hydroxide)*. Obtenido de ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts178.html
- Aldroubi, S., Kasal, B., Yan, L., & Bachtar, E. (2023). Investigación multiescala de las propiedades morfológicas, físicas y de tracción de fibras individuales, hilos y tejidos unidireccionales de lino. *Materiales compuestos Parte B: Ingeniería*. doi:10.1016/j.compositesb.2023.110732
- Alexander, R. (2022). Nettles for cloth and sustainable textiles. *Washington Park Arboretum Bulletin*, 24-25. Obtenido de https://arboretumfoundation.org/wp-content/uploads/alexander_netles-for-sustainable-textiles.pdf
- American Association of Textile Chemists and Colorists. (2014). *AATCC Test Method 110-2000, Whiteness of Textiles*. Research Triangle Park, NC: AATCC.
- American Society for Testing and Materials. (1996). *ASTM D 1577 – 96 Standard Test Methods for Linear Density of Textile Fibers*. Pensilvania: ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (1996). *ASTM D 3822 - 96 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers*. Pensilvania: ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (2012). *Annual Book of ASTM Standards 2012*. ASTM INTERNATIONAL.
- American Society for Testing and Materials. (2012). *ASTM D6500-00(2012) Standard Test Method for Diameter of Wool and Other Animal Fibers Using an Optical Fiber Diameter Analyser*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM D7879-13(2018) Standard Test Method for Determining Flax Fiber Widths Using Image Analysis*. ASTM International.
- Anup, G., Hailey, F., Amal, K., Karki, R., Bista, R., & Gurung, P. (2012). Traditional knowledge of processing and use of the Himalayan giant nettle (*Girardinia*

- diversifolia (Link) Friis) among the Gurungs of Sikles, Nepal. *Ethnobotany Research & Applications*, 167-174.
- Arburola, S. (2012). *Métodos Estadísticos*. San José: Instituto Centroamericano de Administración Pública.
- Arevalo, C., Lindsay, M., Lescano, L., Sanchez, J., Linares, G., Chavez, D., & Vega, A. (2021). Sansevieria Trifasciata: Efecto del NaOH sobre la modificación química, física y mecánica de fibras. *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-10. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34445/FP61.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, J. (2021). *Técnicas e Instrumentos de Investigación Científica*. Arequipa: Enfoques Consulting E.I.R.L. Obtenido de <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26118w/Tecnicas%20e%20instrumentos.pdf>
- Arluna, P. (30 de setiembre de 2020). *Fibras Textiles Parte 2: Características y Propiedades*. Obtenido de Santista Workwear: <https://www.santistaworkwear.com.ar/fibras-textiles-parte-2-caracteristicas-y-propiedades/>
- Avogel. (10 de setiembre de 2024). *Urtica dioica*. Obtenido de Avogel enciclopedia de plantas: <https://www.avogel.es/enciclopedia-plantas/urtica-dioica.html>
- Bacci, L., Di Lonardo, S., Albanese, L., Perito, B., & Mastromei, G. (2011). Effect of different extraction methods on fiber quality of nettle (*Urtica dioica* L.). *Textile Research Journal*, 827-837.
- Barella, A. (1960). *Nota sobre la medición del Diámetro Aparente de los Hilos*. Venecia: Conferencia Lanera Internacional de Venecia. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/b857dff2-b733-4921-8c97-6d11d748de24/content>
- Beeh, J. (1960). *Estabilizadores del peróxido de hidrógeno con aplicación al blanqueo textil*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Químicas. doi:https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n1108_Beeh.pdf
- Bonilla, O., Trujillo, H., Guerra, S., Guevara, V., & López, C. (2009). Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*). *Revista Politecnica*, 167-178.

- Bonillá, Y. (2010). *Normas Técnicas en el Sector Textil – Confecciones*. Lima: Promperu.
- Bosch, X. (2020). Procesos textiles, acabados textiles. *Gremi de Tintorers, Bugaders*, 16-23.
- Cabrera, I., Arbona, M., González, M., Montañez, Y., & Cubelo, I. (2019). Evaluación del esquema modificado de purificación de la solución de Sosa Cáustica en la Textilería "Desembarco del Granma". *Revista Centro Azúcar*, 46, 29-39. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n1/2223-4861-caz-46-01-29.pdf>
- Campos, J. (2023). *Aplicación de Acido Citrico en Tejido Blanqueado Jersey 100% Algodón, para evitar el amarillamiento por la exposicion prolongada al sol*. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte: Informe final de trabajo de integración curricular, modalidad presencial.
- Campues, C. (2022). *Desarrollo de un género textil a partir del tallo de ortiga*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34517/1/Campues%20Carolina.pdf>
- Carrera, E. (2017). *Física textil*. Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Centro de investigación y tecnología agroalimentaria de Aragón. (20 de mayo de 2018). *Ortiga*. Obtenido de SEMh: <https://semh.net/wp-content/uploads/2018/05/Urtica-urens.pdf>
- Coaquira, R., & Sucaticona, Y. (2025). *Caracterización de la fibra extraída del pseudotallo de plátano (Musa paradisiaca): evaluación de métodos de extracción a través de propiedades físicas y mecánicas, San Pedro de Putina Punco, Sandia – 2024*. Universidad Nacional de Juliaca [Tesis de pregrado].
- Committee for veterinary medicinal products. (7 de octubre de 2007). *Sodium Chlorite Summary Report*. Obtenido de European Agency for Veterinary Medicinal Products: <https://web.archive.org/web/20070710214037/http://www.emea.europa.eu/pdfs/vet/mrls/sodiumchlorite.pdf>
- Condori, R. (2025). *Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (Zea mays), Juliaca 2025*. Universidad Nacional de Juliaca [Tesis de Pregrado].
- Corral, Y. (2022). Validez y confiabilidad en instrumentos de investigación: una mirada teórica. *Revista Ciencias de la Educación*, 32(60), 562-586. Obtenido de <https://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/60/art06.pdf>

- De la Cruz, M. (10 de agosto de 2016). *Ortiga – uno de los textiles del futuro*. Obtenido de Croix Asesoramiento: <https://croixasesoramiento.blogspot.com/2016/08/ortiga-uno-de-los-textiles-del-futuro.html#:~:text=Ropa%20con%20tela%20de%20ortiga,hacer%20uniformes%20para%20las%20tropas>.
- Deepa, R., & Kumaresan, K. (2022). Stinging nettle fibres extraction and characterization using chemical retting method and influence of tensile properties. *Industrial Crops and Products*, 1-5.
- Distribuidora de químicos industriales S.A. (Diciembre de 2020). *Ficha Técnica Acido Acético*. Obtenido de Dqisa: <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/ACIDO-ACE%CC%81TICO.pdf>
- Distribuidora de químicos industriales S.A. (2020). *Ficha Técnica de Peroxido de Hidrogeno*. Medellín: Distribuidora de químicos industriales S. A.
- Dreyer, J., Mussing, J., Koschke, N., Ibenthal, W., & Haring, H. (2002). Comparison of Enzymatically Separated Hemp and Nettle Fibre to Chemically Separated and Steam Exploded Hemp Fibre. *Journal of Industrial Hemp*, 43-60. Obtenido de <https://scispace.com/pdf/comparison-of-enzymatically-separated-hemp-and-nettle-fibre-1za7cxobz8.pdf>
- EYCO. (24 de marzo de 2022). *¿Qué es el índice de blancura?* Obtenido de Laboratorios Eyco: <https://www.laboratorioseyco.com/que-es-el-indice-de-blancura-del-papel/>
- Felder, R., Rousseau, R., & Bullard, L. (2005). *Elementary Principles of Chemical Processes* (Tercera ed.). John Wiley & Sons.
- Fisher Scientific. (8 de marzo de 2025). *SI Analytics™ Laboratorio 855 de medidor de pH*. Obtenido de Fisher Scientific: <https://www.fishersci.es/shop/products/ph-meter-lab-855/15623857>
- Flores, D. (2011). *Elaboración de una guía didáctica virtual para los procesos de hilatura de fibras largas*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/730>
- Flores, R. (01 de octubre de 2020). *Propiedades de las fibras*. Obtenido de Hilados de alta calidad: <https://www.hiladosdealtacalidad.com/propiedades-de-las-fibras#:~:text=Resistencia%20o%20Tenacidad%2C%20es%20la,%2FTex%20o%20gr%2Fden>.

- Ghezzi, P. (2015). *Ecodiseño en el sector textil*. Madrid: Programme of the European Union. Obtenido de http://www.ecosign-project.eu/wp-content/uploads/2018/09/TEXTILE_UNIT08_ES_Lecture.pdf
- Go Jute International. (Enero de 2024). *Retención de agua*. Obtenido de Go Jute International: <https://gojuteinternational.com/es/proceso-de-fabricacion/enriamiento/>
- Gómez, D., Ortiz, R., Martínez, M., & Vega, J. (2025). Aplicaciones de las fibras naturales en el sector industrial. Revisión General. *Gestión I + D: Posgrado de Gestión en Investigación y Desarrollo*, 10, 162-209.
- Gomez, L. (2015). *Obtención experimental de nuevas fibras textiles vegetales*. Cuenca: Universidad de Azuay, Facultad de Diseño.
- Gonzales, P., Valencia, Y., Vera, A., Andrade, C., & Delgado, J. (2025). Adecuación del tratamiento químico de aguas residuales de una empresa productora de Hipoclorito de Sodio. *Revista Tecnocientífica URU*, 33-44. Obtenido de https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/issue/view/tecn_o_29_2024/64
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico: MCGRAW-HILL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2022). *NTP-ISO1144 Textiles. Sistema universal para la designación de la densidad lineal (Sistema Tex)*. INACAL.
- Instrumentación Científico Técnica. (8 de marzo de 2025). *Estufas UIS*. Obtenido de Memmert: <https://www.ictsl.net/downloads/memmertestufasuniversalesincubadoresyesteriliz.pdf>
- Jacinto, P. (2022). *Introducción a la ingeniería Textil y confecciones: Proceso Textil en Planta Seca*. Lima: Ice Editorial.
- Jankauskienė, Z., & Gruzdevienė, E. (2010). Investigation of stinging nettle (*Urtica Dioica* L.) in lithuania. *Latgale National Economy Research*, 176-186.
- Jilapa, R., Gallegos, J., & Tipula, N. (2024). *Biomateriales en la aplicación textil aymara y quechua*. Puno: Centro de Innovación Tecnológico de los Camelidos Sudamericanos.
- Kartick, S., Roy, A., Baite, H., Debnath, S., Ammayappam, L., Nayak, L., . . . Kundu, T. (2021). Applications of Nettle Fibre in Textile: A Brief Review. *International*

- Journal of Bioresource Science*, 39-45. Obtenido de <https://renupublishers.com/images/article/IJBSv8n1f.pdf>
- Kartick, S., Roy, A., Baite, H., Debnath, S., Ammayappam, L., Nayak, L., . . . Kundu, T. (2023). Properties of Himalayan Nettle Fiber and Development of Nettle/ Viscose Blended Apparel Textiles. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). doi:10.1080/15440478.2023.2183924
- KONICA MINOLTA. (25 de Febrero de 2025). *Espectrofotómetro CM-700d*. Obtenido de KONICA MINOLTA: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/products/espectrofotometro-cm-700d/>
- LabBox. (16 de julio de 2024). *Los mecheros Bunsen y Meker*. Obtenido de LabBox: <https://labbox.es/mecheros-bunsen/>
- Laboratorio de Ciencias. (s.f.). *Termómetro de laboratorio*. Obtenido de https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/termometro_de_laboratorio.html
- Lanzilao, G., Goswami, P., & Blackburn, R. (2016). Estudio de las características morfológicas y propiedades físicas de la fibra de la ortiga gigante del Himalaya (*Girardinia diversifolia*) en comparación con la fibra de la ortiga europea (*Urtica dioica*). *Materiales Cartas*, 200-203. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.06.044>
- Limpe, P. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de textiles ecológicos de Algodón, funcionalizado con nanopartículas de plata Carboximetilquitosano (NPsAg-CMQ)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín .
- LIPLATA. (25 de Octubre de 2021). *Usos del ácido acético en la industria textil y alimentaria*. Obtenido de LIPLATA: <https://www.liplata.com/ usos-del-acido-acetico/>
- Lockuan, F. (2013). *La industria textil y su control de calidad: II. Fibras Textiles*. Lima: Fidel Eduardo Lockuán Lavado.
- Mamani, A. (2020). *Plantas Herbáceas en Puno*. Universidad Nacional de Juliaca. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/459349269/Especies-Herbaceas-PUNO#page=1>
- Martínez, Á., & Martínez, J. (2015). *Extracción de la fibra de Escobo (*Sida rhombifolia*) por el método de enriado para su posible utilización en la industria textil*. Corporación tecnológica de Bogotá.
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la Investigación: Técnicas e Instrumentos de Investigación*. Puno: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

- Obtenido de <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/90/133/157?inline=1>
- Molinero, L. (14 de mayo de 2003). *Pruebas pareadas*. Obtenido de SEHLELHA: <https://seh-lelha.org/pruebas-pareadas/>
- Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, O. (2009). *Fanerógamas del Perú: Taxonomía, utilidad y ecogeografía*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Mudoi, M., Shishir, S., & Vijay, P. (2022). Optimizing the alkali treatment of cellulosic Himalayan nettle fibre for reinforcement in polymer composites. *Carbohydrate Polymers*, 1-13.
- OHAUS. (18 de marzo de 2025). *Pioneer Mas Analitica PA224*. Obtenido de OHAUS: <https://mx.ohaus.com/es-mx/products/balances-scales/analytical-balances/pioneer-plus-analytical/electronic-balance-pa224>
- Pasco. (2025). *Manual de Producto Stress/Strain Apparatus AP-8221A*. United States: PASCO.
- Quilca, M. (2023). *Obtención de fibra textil, a base de totora (Schoenoplectus Californicus), utilizando una solución básica*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, M., Bengoechea, J., & Quispe, E. (2015). Fiber electronic characterizer (Fiber-EC): una nueva tecnología para evaluación de fibras de camélidos sudamericanos. *Universidad Nacional Autónoma de Chota*.
- Raimondo, M. (2010). *Las Fibras Textiles y su preparación*. Lima: Mirko R. Costa.
- Rodriguez, A., & Pérez, A. (2017). Metodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Rev. esc.adm.neg*, 179-200. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
- Ruan, P., Raghavan, V., Garipey, Y., & Du, J. (2015). haracterisation of flax water retting of different durations in laboratory condition and evaluation of its fiber properties. *BioResources*, 3553-3563.
- Salazar, S. (2010). *Caracterizacion de la fibra de ramio (Boehmeria nivea) y estudio del efecto del tiempo de cosecha sobre sus propiedades mecánicas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Sempere, F. (2019). *Desarrollo y caracterizacion de no tejidos a partir de residuos de fibras textiles*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

- Sett, S., Ghosh, B., Banerjee, A., Ray, D., & Mukherjee, P. (2016). *Studies on the extraction and properties of Himalayan Giant Nettle*. Calcutta : Calcutta University: Department of Jute and fibre Technology.
- Singh, B., Gahlot, M., Rani, A., & Shukla, A. (2020). Chemical treatment of nettle ribbons and its effect on tensile property of extracted fiber. *International Journal of Chemical Studies*, 1440-1443. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i4m.9817
- SOGERESA. (1 de abril de 2025). *Catalogo de Microscopia*. Obtenido de Eversus: Proyectos y Suministros: <https://es.scribd.com/document/432261846/MICROSCOPIAa>
- Suarez, J., Restrepo, J., Quinchía, A., & Mercado, F. (2016). Fibras vegetales colombianas como refuerzo en compuestos de matriz polimérica. *Tecnura*, 57-66. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.1.a04>
- Suryawan, A., Suprpta, W., Budiarsa, S., & Nindhia, T. (2017). *Study of stinging nettle (urtica dioica l.) Fibers reinforced green composite materials : a review*. Bali: 7th International Conference on Key Engineering Materials (ICKEM 2017). Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/201/1/012001/pdf>
- Taipe, N. (2024). *Determinar las propiedades textiles de la seda de araña a 3 824 m.s.n.m. Juliaca 2023*. Universidad Nacional de Juliaca [Tesis de pregrado].
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la Investigación científica*. Ciudad de Mexico: Limusa.
- Thome, O. (1885). *Flora von Deutschland*. Gera.
- Ulloa, M., Macías, F., Martínez, G., & Arnold, E. (2024). Acciones del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) como señalizador redox y como agente de estrés oxidante en la diabetes mellitus. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 26. doi:10.22201/fesz.23958723e.2023.597
- Valencia, I. (2019). *Caracterización y análisis de fibras textiles rentables*. Lima: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle: Escuela Profesional de Tecnología del Vestido, Textiles y Artes Industriales. Obtenido de <https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a775b0c1-29a9-4155-8e78-1e1479770511/content>
- Valladares, D., Mendoza, J., & Quispe, Y. (2021). *Estudio de Prefactibilidad para la elaboración de bolsos de mano en base a fibra natural de ortiga*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.

- Vallejo, A. (2024). *Obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) generado en la industria panelera del Cantón Echeandía*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Vara, A. (2012). *10 pasos para una tesis exitosa*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Vargas, J. (2019). *Prueba Kruskal-Wallis*. Pachuca de Soto: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 255-265. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
- Vega, L., & Villanueva, J. (2020). *Influencia de la concentración de hidróxido de sodio sobre la resistencia a la tracción de fibras individuales de Stipa Ichu*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15453>
- 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 Oxido Férrico Rojo a partir de Cloruro Férrico y Soda Cáustica*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Viotti, C., Albrecht, K., Amaducci, S., Bardos, P., Bertheau, C., & Blaudez, D. (2022). Nettle, a Long-Known Fiber Plant with New Perspectives. *Materials* 2022, 1-33. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/12/4288/htm>
- Vishwajeet, Majumdar, A., & Gupta, D. (2024). Structure and properties of fibres extracted from Himalayan nettle (*Girardinia diversifolia*). *Industrial Crops and Products*, 222. doi:10.1016/j.indcrop.2024.120091

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: Obtención de fibras de tallos de ortiga (*Urtica urens*) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Cómo influye el enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025? ESPECÍFICA • ¿Cuál es la influencia del enriado químico en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga? • ¿Cuál es la influencia del enriado químico en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga? • ¿Cuál es la influencia del enriado químico en el proceso de obtención de las fibras de los tallos de ortiga?	GENERAL Determinar la influencia del enriado químico en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025. ESPECÍFICA • Analizar la influencia del enriado químico en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga. • Analizar la influencia del enriado químico en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga. • Analizar la influencia del enriado químico en el proceso de obtención de fibras las de los tallos de ortiga.	GENERAL El enriado químico influye significativamente en las propiedades físico mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga, Juliaca 2025. ESPECÍFICA: • El enriado químico influye significativamente en las propiedades físicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga. • El enriado químico influye significativamente en las propiedades mecánicas de las fibras obtenidas de los tallos de ortiga. • El enriado químico influye significativamente en el proceso de obtención de las fibras de los tallos de ortiga.	INDEPENDIENTE Enriado químico Dimensiones: 1. Enriado en agua 2. Enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio 3. Enriado con peróxido de hidrogeno y ácido acético DEPENDIENTE Propiedades físico mecánicas Dimensiones: 1. Propiedades físicas 2. Propiedades mecánicas 3. Proceso de obtención	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Nivel de investigación: Explicativo Método: Inductivo Diseño de investigación: Experimental Población: Plantas de ortiga de la región Puno, siendo una población infinita. Muestra: 220 unidades muestrales para 5 tratamientos Técnicas e instrumentos: Observación y ficha de registro de datos Prueba de hipótesis: Kruskall-Wallis

Anexo 02: Ficha de registro de datos parámetros experimentales

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARAMETROS EXPERIMENTALES													
Título	ción de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca												
Lugar de ejecución		Laboratorios generales UNAJ					Laboratorio		Química General				
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe					Encargado del laboratorio		Ing. Dulia Ayme Apaza Gonzales				
Dimensión	Indicador	Parametros del experimento											
		Cantidad reactivo 1	Cantidad reactivo 2	Cantidad de soluto (H2O ml)	Peso de muestra (gr)	Tiempo de inmersión (min)	Temperatura de inmersión (°C)	pH de la solución (gr)	Tiempo de secado (min)	Temperatura de secado (°C)	Fecha	Observacion	
Enriado biológico	Concentración de químico al 0%	0	0	1000 ml	50.218	60	89 °C	7	120	70 °C	28/02/2025		
Enriado con hidróxido de sodio y clorito de sodio	Concentración de NaOH al 4%	40 gr	0	1000 ml	50.062	60	89 °C	12.25	120	70 °C	26/02/2025		
	Concentración de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 1%	40 gr	10 gr	1000 ml aprox.	50.203	30 + 30	89 °C	10.37	120	70 °C	27/02/2025	Neutralizado con Acido acetico 0.5 ml	
Enriado con peróxido de hidrogeno y ácido acético	Concentración de H ₂ O ₂ al 15%	150 ml	0	850 ml	50.130	60	89 °C	3.44	120	70 °C	27/02/2025		
	Concentración de H ₂ O ₂ al 15% y CH ₃ COOH al 15%	150 ml	150 ml	700 ml	50.321	60	89 °C	2.06	120	70 °C	28/02/2025		

Anexo 03: Ficha de registro de datos propiedades físicas

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PROPIEDADES FISICAS									
Titulo		Obtención de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025							
Lugar de ejecución		Laboratorios EPITyC		Laboratorio	Fibras	Encargado	Ing. Percy W. Mamani Manani		
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe		Metodo	1. Enriado en agua		Fecha	12/05/2025	
Propiedades Físicas - Proceso de Obtención									
Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **	Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **
1	39.22	54.19	3	2	23	48.60	61.75	2	2
2	43.30	57.19	2	2	24	36.31	53.12	2	1
3	49.12	56.89	2	2	25	39.92	62.25	2	2
4	47.36	54.71	2	2	26	52.32	55.78	2	3
5	38.28	58.50	2	1	27	46.84	54.40	2	2
6	53.54	60.74	2	1	28	42.56	54.88	3	2
7	48.78	54.95	2	1	29	38.93	58.75	3	3
8	53.01	55.46	2	2	30	45.42	52.91	2	2
9	41.17	58.10	2	2	31	45.00	54.56	3	3
10	45.19	51.76	2	2	32	48.51	59.99	2	2
11	51.93	57.60	2	3	33	42.50	63.58	2	2
12	38.66	52.96	2	2	34	40.27	63.07	2	3
13	45.87	58.28	2	2	35	37.55	55.42	2	2
14	46.33	55.38	2	1	36	36.10	57.86	2	2
15	37.97	50.62	2	2	37	39.78	62.54	2	2
16	49.03	57.99	2	2	38	40.70	58.06	2	2
17	47.20	58.86	2	2	39	44.32	59.44	2	3
18	47.97	50.55	2	2	40	40.78	58.23	2	3
19	43.81	54.27	2	3	41	37.88	53.40	2	2
20	45.90	58.01	3	3	42	46.96	53.32	2	2
21	43.09	58.04	3	2	43	39.34	53.52	2	2
22	51.30	54.60	3	3	44	48.42	52.20	2	2
Escala de Evaluación									
Liberación de Fibras textiles *	Valor	Criterio para la asignación							
	1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso							
	2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso							
	3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso							
	4	Fibras con presencia baja de material no fibroso							
	5	Fibras sin presencia de material no fibroso							
Facilidad de Extracción de las Fibras **	1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy alta							
	2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta							
	3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moderada							
	4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja							
	5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula							

Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) realizado por Omar Bonilla, Hilda Trujillo, Santiago Guerra,

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PROPIEDADES FISICAS									
Título	Obtención de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025								
Lugar de ejecución		Laboratorios EPITyC			Laboratorio	Fibras	Encargado	Ing. Percy W. Mamani Manan	
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe			Metodo	2. Enriado Quimico		Fecha	7/05/2025
Propiedades Fisicas - Proceso de Obtención									
Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **	Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **
1	40.32	58.85	3	3	23	37.54	60.82	3	3
2	34.09	55.96	4	2	24	39.51	60.03	2	3
3	30.43	55.04	4	2	25	40.40	54.28	2	3
4	42.74	55.73	3	3	26	38.31	59.94	2	3
5	32.49	57.59	2	2	27	40.44	54.42	2	3
6	39.98	58.42	4	4	28	38.91	58.67	2	2
7	31.05	54.48	4	3	29	32.42	53.89	2	2
8	37.15	58.12	4	4	30	40.02	58.09	3	3
9	32.99	55.95	4	3	31	33.71	58.35	2	3
10	37.76	55.58	3	3	32	38.18	58.12	3	3
11	33.45	58.50	2	2	33	38.15	58.48	2	2
12	39.80	58.49	3	3	34	35.67	58.42	3	3
13	37.02	55.16	4	3	35	39.49	58.21	3	3
14	38.42	56.87	2	3	36	34.32	54.06	3	2
15	39.44	56.77	2	3	37	33.70	58.28	2	2
16	39.31	54.86	2	3	38	40.77	58.26	3	2
17	38.51	54.28	4	3	39	33.58	60.68	2	3
18	36.82	59.60	2	2	40	36.70	60.36	1	3
19	39.00	58.33	3	3	41	40.99	55.79	2	3
20	40.40	55.59	3	3	42	33.09	57.94	1	2
21	35.47	54.82	4	3	43	36.84	54.74	1	3
22	37.29	55.11	4	4	44	35.44	58.01	1	2
Escala de Evaluación									
Liberación de Fibras textiles *	Valor	Criterio para la asignación							
	1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso							
	2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso							
	3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso			Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (Sansevieria trifasciata) realizado por Omar Bonilla, Hilda Tnjillo, Santiago Guerra, Victor Hugo Guevara y Carolina López (2009)				
	4	Fibras con presencia baja de material no fibroso							
Facilidad de Extracción de las Fibras **	5	Fibras sin presencia de material no fibroso							
	1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy a							
	2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta							
	3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moder							
	4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja							
	5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula							

Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) realizado por Omar Bonilla, Hilda T rujillo, Santiago Guerra, Víctor Hugo Guevara y Carolina López (2009)

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PROPIEDADES FISICAS									
Título	Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025								
Lugar de ejecución		Laboratorios EPITyC			Laboratorio	Fibras	Encargado	Ing. Percy W. Mamani Manana	
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe			Metodo	3. Enriado Quimico		Fecha	2/04/2025
Propiedades Fisicas - Proceso de Obtención									
Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **	Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **
1	37.40	71.69	3	3	23	32.30	71.14	4	2
2	29.79	73.39	2	2	24	32.79	70.80	4	3
3	33.07	76.30	4	2	25	38.20	72.77	3	5
4	38.04	71.45	2	3	26	31.00	73.13	4	4
5	33.38	69.97	2	4	27	36.62	73.30	4	4
6	34.78	70.83	3	3	28	38.22	72.12	4	4
7	34.58	77.48	2	4	29	35.86	75.13	4	3
8	32.00	72.27	2	3	30	36.51	73.75	2	4
9	29.11	72.41	4	2	31	34.20	73.66	4	4
10	31.30	74.68	3	3	32	39.86	75.17	4	3
11	34.16	77.13	4	4	33	35.63	75.93	4	4
12	28.90	73.67	4	2	34	31.86	72.11	4	3
13	41.98	75.10	4	2	35	35.11	70.92	4	3
14	41.68	74.47	3	3	36	37.87	74.05	3	4
15	31.45	72.73	3	4	37	30.63	71.16	4	4
16	33.34	71.74	4	2	38	41.46	75.21	4	4
17	32.26	72.46	4	4	39	29.98	72.05	4	3
18	36.39	73.99	4	4	40	36.49	75.44	4	3
19	38.25	75.83	4	2	41	37.10	74.35	3	3
20	38.25	74.71	3	3	42	28.43	75.18	2	4
21	32.88	70.34	4	4	43	34.38	77.84	3	3
22	29.83	71.39	3	3	44	28.51	72.26	3	4
Escala de Evaluación									
Liberación de Fibras textiles *	Valor	Criterio para la asignación							
	1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso							
	2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso							
	3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso							
	4	Fibras con presencia baja de material no fibroso							
	5	Fibras sin presencia de material no fibroso							
Facilidad de Extracción de las Fibras **	1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy alta							
	2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta							
	3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moderada							
	4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja							
	5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula							
Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (Sansevieria trifasciata) realizado por Omar Bonilla, Hilda Trujillo, Santiago Guerra, Victor									

Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) realizado por Omar Bonilla, Hilda Trujillo, Santiago Guerra, Victor

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PROPIEDADES FISICAS									
Título	Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025								
Lugar de ejecución		Laboratorios EPITyC			Laboratorio	Fibras	Encargado	Ing. Percy W. Mamani Manana	
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe			Metodo	4. Enriado Quimico		Fecha	3/04/2025
Propiedades Fisicas - Proceso de Obtención									
Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **	Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **
1	45.25	76.76	2	2	23	47.35	78.48	2	3
2	40.92	77.66	2	2	24	47.42	72.45	2	3
3	39.46	72.52	2	1	25	42.92	72.42	3	3
4	38.63	76.29	2	2	26	39.80	71.94	3	2
5	43.32	74.76	2	3	27	38.83	74.50	2	2
6	46.83	74.58	2	3	28	42.90	73.03	3	3
7	40.84	71.44	2	2	29	38.26	72.73	3	2
8	41.02	74.19	2	2	30	49.23	73.92	2	3
9	46.91	72.51	2	1	31	40.14	75.18	2	1
10	47.27	71.15	1	1	32	40.09	73.53	4	3
11	43.56	70.92	1	1	33	46.10	70.99	3	3
12	33.16	75.60	2	2	34	37.52	83.44	1	2
13	39.69	78.57	1	1	35	35.38	81.32	2	2
14	47.87	75.24	2	3	36	36.75	74.77	1	1
15	42.61	70.75	1	1	37	53.61	76.78	3	2
16	31.13	79.37	1	1	38	41.76	75.47	3	3
17	44.61	74.97	1	1	39	38.61	81.88	2	4
18	50.25	78.36	2	2	40	34.06	73.92	1	1
19	47.46	76.99	1	2	41	47.12	72.31	1	3
20	41.92	79.25	3	3	42	39.35	73.58	1	2
21	45.32	71.06	2	3	43	38.56	75.41	1	3
22	46.89	72.42	3	3	44	43.42	77.14	3	3
Escala de Evaluación									
Liberación de Fibras textiles *	Valor	Criterio para la asignación							
	1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso							
	2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso							
	3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso							
	4	Fibras con presencia baja de material no fibroso							
Facilidad de Extracción de las Fibras **	5	Fibras sin presencia de material no fibroso							
	1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy alta							
	2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta							
	3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moderada							
	4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja							
	5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula							
						Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción de las fibras fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (Sansevieria trifasciata) realizado por Omar Bonilla, Hilda Trujillo, Santiago Guerra, Victor			

FICHA DE REGISTRO DE DATOS PROPIEDADES FISICAS									
Título	Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025								
Lugar de ejecución		Laboratorios EPITyC			Laboratorio	Fibras	Encargado	Ing. Percy W. Mamani Manana	
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe			Metodo	5. Enriado Quimico		Fecha	10/04/2025
Propiedades Fisicas - Proceso de Obtención									
Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **	Muestra	Diametro medio (um)	Blancura (Luminosidad)	Liberación de Fibras *	Facilidad de Extracción **
1	30.87	77.26	2	2	23	44.04	70.49	4	3
2	33.45	74.18	4	4	24	44.90	76.73	3	3
3	37.04	72.97	2	4	25	44.92	71.31	2	3
4	37.93	76.40	3	3	26	45.24	71.97	3	3
5	38.61	75.05	3	4	27	45.28	69.39	2	4
6	38.71	71.45	2	4	28	45.69	79.02	3	4
7	39.10	76.84	3	4	29	45.86	74.74	3	4
8	39.13	71.79	3	4	30	45.89	69.97	2	3
9	39.35	77.28	3	3	31	45.93	70.42	2	3
10	40.01	76.74	3	4	32	45.93	79.46	2	3
11	40.57	71.98	2	3	33	46.93	75.89	2	3
12	41.19	73.88	2	2	34	46.98	71.91	2	4
13	41.48	76.61	4	3	35	47.01	77.65	2	3
14	41.78	74.71	3	2	36	47.23	79.73	3	3
15	41.91	71.26	3	2	37	47.42	69.82	2	3
16	42.21	75.44	2	4	38	47.55	75.81	2	3
17	42.59	75.52	4	3	39	47.99	76.54	2	4
18	42.59	74.79	4	4	40	49.15	73.50	3	3
19	42.62	73.40	4	4	41	49.89	76.13	3	3
20	42.67	77.90	3	4	42	50.12	70.10	4	4
21	43.28	70.60	4	4	43	50.34	71.13	4	4
22	43.98	70.91	2	3	44	50.47	74.68	4	4
Escala de Evaluación									
Liberación de Fibras textiles *	Valor	Criterio para la asignación							
	1	Fibras con cobertura muy alta de material no fibroso							
	2	Fibras con cobertura alta de material no fibroso							
	3	Fibras con presencia moderada de material no fibroso			Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (Sansevieria trifasciata) realizado por Omar Bonilla, Hilda T rujillo, Santiago Guerra, Víctor Hugo				
	4	Fibras con presencia baja de material no fibroso							
	5	Fibras sin presencia de material no fibroso							
Facilidad de Extracción de las Fibras **	1	La extracción de las fibras presenta una dificultad muy a							
	2	La extracción de las fibras presenta una dificultad alta							
	3	La extracción de las fibras presenta una dificultad moder							
	4	La extracción de las fibras presenta una dificultad baja							
	5	La extracción de las fibras presenta una dificultad prácticamente nula							

Nota: Las escalas de evaluación de los indicadores Liberación de fibras y Facilidad de Extracción fueron obtenidos del trabajo de investigación Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) realizado por Omar Bonilla, Hilda T rujillo, Santiago Guerra, Victor Hugo

Anexo 04: Ficha de registro de datos propiedades mecánicas

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - PROPIEDADES MECANICAS									
Título	Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecanicas, Juliaca 2025								
Lugar de ejecución	Laboratorios generales UNAJ				Laboratorio	Fisica	Encargado	Ing. Felix Carrizales Hernandez	
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe			Metodo	1. Enriado en agua		Fecha	11/03/2025
Propiedades Mecanicas									
Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)	Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)
1	101.90	22.97	4.44	9.32%	23	84.40	20.80	4.06	2.70%
2	75.70	18.58	4.07	2.16%	24	55.30	15.36	3.60	1.54%
3	96.10	22.58	4.26	2.24%	25	81.50	20.65	3.95	2.12%
4	136.90	25.61	5.34	2.74%	26	64.00	15.79	4.05	1.94%
5	67.00	16.26	4.12	1.87%	27	69.90	17.20	4.06	1.59%
6	46.60	14.84	3.14	3.85%	28	64.00	16.05	3.99	2.21%
7	64.00	15.53	4.12	2.09%	29	78.60	19.46	4.04	2.51%
8	81.50	20.26	4.02	2.50%	30	136.90	29.73	4.61	2.60%
9	34.90	12.57	2.78	2.13%	31	69.90	16.31	4.29	2.33%
10	142.70	33.05	4.32	2.96%	32	43.70	14.42	3.03	1.79%
11	107.70	23.13	4.66	2.73%	33	69.90	16.63	4.20	2.34%
12	75.70	18.94	4.00	2.06%	34	151.40	33.32	4.54	2.39%
13	90.30	21.29	4.24	2.85%	35	84.40	20.99	4.02	2.00%
14	110.70	23.54	4.70	3.33%	36	72.80	18.54	3.93	1.73%
15	134.00	25.53	5.25	3.60%	37	49.50	15.23	3.25	2.22%
16	52.40	15.30	3.42	2.48%	38	67.00	16.30	4.11	2.26%
17	87.40	21.04	4.15	2.32%	39	40.70	13.91	2.93	2.30%
18	78.60	19.65	4.00	1.87%	40	72.80	17.58	4.14	1.34%
19	72.80	17.42	4.18	2.43%	41	58.20	15.42	3.77	3.13%
20	37.80	13.76	2.75	2.91%	42	75.70	18.96	3.99	4.59%
21	69.90	17.05	4.10	2.68%	43	49.50	15.30	3.24	2.01%
22	131.10	25.28	5.19	2.48%	44	46.60	14.92	3.12	1.90%

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - PROPIEDADES MECANICAS									
Titulo		Obtención de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025							
Lugar de ejecución		<i>Laboratorios generales UNAJ</i>		Laboratorio	<i>Fisica</i>	Encargado	<i>Ing. Felix Carrizales Hernandez</i>		
Investigador		<i>Ana Nelva Machaca Quispe</i>		Metodo	<i>2. Enriado Quimico</i>		Fecha	<i>12/03/2025</i>	
Propiedades Mecanicas									
Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)	Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)
1	52.40	5.67	9.25	5.07%	23	64.00	6.68	9.58	2.09%
2	55.30	6.39	8.65	2.82%	24	107.70	8.79	12.25	5.94%
3	99.00	8.06	12.29	2.12%	25	104.80	8.41	12.46	2.55%
4	52.40	5.93	8.84	3.96%	26	84.40	7.97	10.59	1.80%
5	64.00	6.59	9.72	3.46%	27	67.00	6.82	9.82	2.28%
6	148.50	9.85	15.07	3.96%	28	69.90	7.09	9.86	3.06%
7	64.00	6.72	9.52	2.99%	29	93.20	8.02	11.62	2.20%
8	131.10	9.28	14.13	5.85%	30	72.80	7.48	9.73	3.48%
9	122.30	9.25	13.22	3.18%	31	69.90	7.06	9.90	3.66%
10	104.80	8.18	12.81	13.00%	32	69.90	7.06	9.90	4.13%
11	52.40	5.66	9.25	3.73%	33	116.50	9.01	12.93	10.10%
12	122.30	9.16	13.35	2.80%	34	81.50	7.87	10.36	4.34%
13	171.80	12.66	13.57	4.13%	35	67.00	6.78	9.88	2.68%
14	72.80	7.69	9.46	2.77%	36	52.40	6.20	8.45	3.29%
15	113.60	8.94	12.70	2.56%	37	99.00	8.10	12.23	3.74%
16	131.10	9.71	13.50	3.80%	38	11.60	4.77	2.43	1.74%
17	72.80	7.30	9.98	3.71%	39	81.50	7.90	10.31	2.20%
18	171.80	10.15	16.93	3.00%	40	72.80	7.61	9.57	5.21%
19	67.00	6.79	9.87	4.17%	41	84.40	8.02	10.53	2.95%
20	64.00	6.40	10.00	3.78%	42	128.10	9.26	13.83	3.15%
21	75.70	7.74	9.78	4.68%	43	134.00	9.75	13.74	3.13%
22	81.50	7.80	10.45	2.96%	44	52.40	5.75	9.12	3.70%

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - PROPIEDADES MECANICAS									
Titulo		Obtención de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025							
Lugar de ejecución		<i>Laboratorios generales UNAJ</i>			Laboratorio	<i>Fisica</i>	Encargado	<i>Ing. Felix Carrizales Hernadez</i>	
Investigador		<i>Ana Nelva Machaca Quispe</i>			Metodo	<i>3. Enriado Quimico</i>		Fecha	<i>13/03/2025</i>
Propiedades Mecanicas									
Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)	Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)
1	101.90	6.91	14.74	3.33%	23	101.90	7.33	13.90	2.45%
2	113.60	8.93	12.71	2.73%	24	46.60	2.80	16.63	1.90%
3	52.40	3.12	16.78	2.90%	25	46.60	2.78	16.74	5.84%
4	49.50	2.92	16.96	2.54%	26	87.40	4.82	18.12	5.63%
5	40.70	2.60	15.65	3.13%	27	81.50	4.50	18.09	2.83%
6	61.10	3.74	16.32	2.95%	28	72.80	4.27	17.04	3.73%
7	96.10	6.06	15.85	2.88%	29	58.20	3.54	16.43	5.00%
8	96.10	5.41	17.77	3.15%	30	101.90	6.28	16.23	4.54%
9	67.00	3.95	16.98	1.89%	31	78.60	4.28	18.38	3.65%
10	49.50	3.06	16.18	2.05%	32	69.90	4.06	17.24	4.09%
11	55.30	3.30	16.74	4.93%	33	101.90	6.32	16.12	3.43%
12	84.40	4.62	18.25	4.35%	34	37.80	2.59	14.57	1.98%
13	46.60	2.86	16.29	2.57%	35	87.40	5.24	16.68	3.66%
14	58.20	3.35	17.40	4.96%	36	43.70	2.66	16.43	2.77%
15	61.10	3.88	15.76	3.01%	37	64.00	3.93	16.27	3.51%
16	64.00	3.90	16.41	4.59%	38	69.90	4.08	17.14	3.72%
17	61.10	3.73	16.38	3.00%	39	61.10	3.58	17.09	5.74%
18	40.70	2.64	15.39	3.44%	40	61.10	3.72	16.41	3.76%
19	58.20	3.34	17.41	4.21%	41	81.50	4.40	18.51	3.52%
20	43.70	2.72	16.05	2.48%	42	96.10	5.79	16.60	4.41%
21	52.40	3.11	16.85	3.20%	43	55.30	3.20	17.28	2.32%
22	78.60	4.30	18.29	3.09%	44	52.40	3.16	16.61	3.35%

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - PROPIEDADES MECANICAS									
Titulo		Obtención de fibras de tallos de ortiga (<i>Urtica urens</i>) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025							
Lugar de ejecución		<i>Laboratorios generales UNAJ</i>		Laboratorio	<i>Fisica</i>	Encargado	<i>Ing. Felix Carrizales Hernadez</i>		
Investigador		<i>Ana Nelva Machaca Quispe</i>		Metodo	<i>4. Enriado Quimico</i>		Fecha	<i>14/03/2025</i>	
Propiedades Mecanicas									
Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)	Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)
1	46.60	3.91	11.91	2.22%	23	46.60	3.88	12.02	1.84%
2	43.70	3.63	12.04	2.29%	24	69.90	4.63	15.09	3.22%
3	113.60	5.29	21.47	1.72%	25	67.00	4.41	15.18	1.77%
4	90.30	4.89	18.47	2.82%	26	32.00	3.16	10.12	1.89%
5	93.20	4.97	18.75	2.56%	27	136.90	6.19	22.10	2.13%
6	90.30	4.83	18.69	1.88%	28	40.70	3.55	11.47	1.63%
7	78.60	4.64	16.95	2.41%	29	46.60	3.96	11.78	1.40%
8	125.20	5.61	22.32	1.61%	30	26.20	3.00	8.74	1.11%
9	113.60	5.24	21.66	2.28%	31	52.40	4.11	12.76	1.87%
10	29.10	3.12	9.32	1.98%	32	87.40	4.73	18.47	2.76%
11	67.00	4.57	14.68	1.94%	33	34.90	3.20	10.90	2.11%
12	119.40	5.46	21.86	1.80%	34	58.20	4.18	13.94	3.06%
13	29.10	3.05	9.55	1.54%	35	37.80	3.39	11.14	1.68%
14	43.70	3.64	12.02	1.94%	36	119.40	5.42	22.02	3.46%
15	67.00	4.48	14.94	2.93%	37	37.80	3.46	10.93	2.39%
16	84.40	4.68	18.04	2.07%	38	64.00	4.36	14.68	1.63%
17	84.40	4.68	18.05	6.28%	39	67.00	4.40	15.24	3.59%
18	37.80	3.23	11.69	1.76%	40	46.60	4.05	11.51	1.46%
19	29.10	3.00	9.70	2.16%	41	43.70	3.84	11.39	1.99%
20	37.80	3.33	11.34	2.55%	42	84.40	4.64	18.18	2.93%
21	110.70	5.24	21.11	2.45%	43	46.60	4.03	11.57	1.98%
22	49.50	4.10	12.07	1.94%	44	99.00	4.97	19.90	1.98%

FICHA DE REGISTRO DE DATOS - PROPIEDADES MECANICAS									
Titulo		Obtención de fibras de tallos de ortiga (Urtica urens) mediante Enriado Químico y su influencia en las propiedades físico mecánicas, Juliaca 2025							
Lugar de ejecución		Laboratorios generales UNAJ		Laboratorio	Fisica	Encargado	Ing. Felix Carrizales Hernadez		
Investigador		Ana Nelva Machaca Quispe		Metodo	5. Enriado Quimico		Fecha	17/03/2025	
Propiedades Mecanicas									
Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)	Muestra	Carga Maxima (cN)	Densidad lineal (TEX)	Tenacidad (cN/TEX)	Porcentaje de alargamiento (%)
1	96.10	5.19	18.50	1.66%	23	43.70	4.33	10.09	1.85%
2	58.20	4.65	12.52	1.11%	24	58.20	4.64	12.55	1.82%
3	69.90	4.88	14.33	1.11%	25	52.40	4.61	11.38	1.95%
4	64.00	4.81	13.31	1.85%	26	113.60	5.37	21.15	2.02%
5	40.70	4.18	9.73	1.43%	27	64.00	4.74	13.50	2.18%
6	75.70	5.08	14.89	1.89%	28	122.30	6.12	19.99	2.96%
7	43.70	4.22	10.35	1.77%	29	40.70	4.16	9.79	1.85%
8	113.60	5.66	20.08	2.85%	30	81.50	5.11	15.94	2.12%
9	72.80	5.08	14.33	1.78%	31	75.70	5.09	14.87	1.61%
10	43.70	4.38	9.98	2.39%	32	72.80	5.07	14.37	2.10%
11	52.40	4.49	11.68	1.62%	33	104.80	5.34	19.62	2.33%
12	122.30	6.39	19.13	2.26%	34	43.70	4.21	10.37	2.16%
13	90.30	5.17	17.48	2.54%	35	119.40	6.08	19.65	2.45%
14	40.70	4.19	9.72	2.27%	36	52.40	4.47	11.72	2.02%
15	37.80	4.14	9.13	2.63%	37	84.40	5.14	16.41	4.11%
16	116.50	5.68	20.50	2.27%	38	69.90	4.86	14.37	1.83%
17	72.80	5.00	14.57	2.17%	39	52.40	4.47	11.72	2.63%
18	69.90	4.89	14.29	2.20%	40	110.70	5.36	20.66	2.62%
19	84.40	5.16	16.36	2.52%	41	81.50	5.11	15.96	1.78%
20	113.60	5.56	20.43	2.02%	42	43.70	4.34	10.08	1.48%
21	49.50	4.44	11.14	1.85%	43	128.10	7.36	17.39	2.89%
22	55.30	4.63	11.96	1.61%	44	61.10	4.70	13.00	2.26%

Anexo 05: Fichas de validación de instrumentos aprobadas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES : *Samani Samani Percy Walter*
 1.2. GRADO ACADEMICO : *Ingeniero Textil y de Confecciones*
 1.3. INSTITUCIÓN QUE LABORA : *Universidad Nacional de Juliaca*
 1.4. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Obtención de fibras de tallos de ortiga mediante Enriado Químico: influencia en propiedades textiles, Juliaca - 2025
 1.5. AUTOR DEL INSTRUMENTO : Ana Nelva Machaca Quispe
 1.6. MENCIÓN : Ficha de registro de datos
 1.7. NOMBRE DEL INSTRUMENTO : **Ficha de registro de datos propiedades físicas**
 1.8. 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. ASPECTO A EVALUAR

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidades observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems con las variables					X
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación					X
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos			X		
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores, ítems e índices					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación				X	

VALORACIÓN CUANTITATIVA (Total*0.4) : *18*

VALORACIÓN CUALITATIVA : *Valido, aplicar*

OPINIÓN DE APLICABILIDAD : *Instrumento adecuado para investigación*

Lugar y fecha:

Juliaca, 19 de febrero de 2025

Sello y firma del experto
 DNI N° *70079201*
 N° celular: *962529232*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES : Apaza Gonzales Dolra Ayme
 1.2. GRADO ACADEMICO : Ing. Químico
 1.3. INSTITUCIÓN QUE LABORA : UNA J
 1.4. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Obtención de fibras de tallos de ortiga mediante Enriado Químico: influencia en propiedades textiles, Juliaca - 2025
 1.5. AUTOR DEL INSTRUMENTO : Ana Nelva Machaca Quispe
 1.6. MENCIÓN : Ficha de registro de datos
 1.7. NOMBRE DEL INSTRUMENTO : Ficha de registro de datos parametros experimentales
 1.8. 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. ASPECTO A EVALUAR

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidades observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems con las variables				X	
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación				X	
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos				X	
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores, ítems e índices					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación				X	

VALORACIÓN CUANTITATIVA (Total*0.4) : 16.8

VALORACIÓN CUALITATIVA : Valido, precisar

OPINIÓN DE APLICABILIDAD : Instrumento valido, aún se puede aumentar detalles de los experimentos

Lugar y fecha:

Juliaca, 18 de Agosto 2025



Sello y firma del experto
 DNI N° 43899970
 N° celular: 974 70 2875

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

1.1. APELLIDOS Y NOMBRES : FARRAN CASAPING JUAN WILBERT
1.2. GRADO ACADÉMICO : MAGISTER INGENIERO INDUSTRIAL
1.3. INSTITUCIÓN QUE LABORA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
1.4. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Obtención de fibras de tallos de ortiga mediante Enriado Químico y su influencia en propiedades físico mecánicas, Juliaca - 2025
1.5. AUTOR DEL INSTRUMENTO : Ana Nelva Machaca Quispe
1.6. MENCIÓN : Ficha de registro de datos
1.7. NOMBRE DEL INSTRUMENTO : Ficha de registro de datos propiedades mecánicas
1.8. CRITERIOS DE APLICABILIDAD:
a) De 1 a 9: no válida, reformular
b) De 10 a 12: no válida, modificar
c) De 12 a 15: válido, mejorar
d) De 15 a 18: válido, precisar
e) De 18 a 20: válido, aplicar

II. ASPECTO A EVALUAR

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en capacidades observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems con las variables					X
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación					X
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos				X	
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores, ítems e índices					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas para la investigación					X

VALORACIÓN CUANTITATIVA (Total*0.4) : 18.8

VALORACIÓN CUALITATIVA : Valido, APLICAR

OPINIÓN DE APLICABILIDAD : INSTRUMENTO ADECUADO SEGÚN OBJETIVO

Lugar y fecha:

JULIACA, 18 DE AGOSTO DE 2025


Sello y firma del experto
DNI N° 01335989
N° celular: 991766429

Anexo 06: Informe de ejecución de parte experimental laboratorios generales UNAJ



UNIVERSIDAD
LICENCIADA

CREADA POR
LEY N° 29074

OFICINA DE LABORATORIOS
GENERALES Y GABINETES.

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

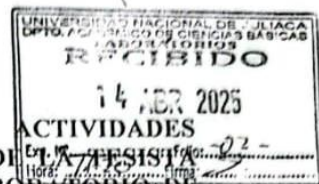
INFORME N°007-2025 - UNAJ/DACB-LDACB/L-DAAG

PARA : M.Sc. SERAPIO CECILIO CALCINA CUEVAS
Jefe de los laboratorios del DACB

DE : Ing. DULIA AYME APAZA GONZALES
Laboratorista de Química SL01LA07-207

ASUNTO : INFORME SOBRE LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES
EXPERIMENTALES DE TESIS POR PARTE DE LA TESISISTA
ANA NELVA MACHACA QUISPE EN EL LABORATORIO DE
QUÍMICA I (207 - SL01LA07)

FECHA : Juliaca, 14 de abril 2025



Por medio del presente, se deja constancia que la Srta. ANA NELVA MACHACA QUISPE, identificada con DNI N.° 70189432, egresada de la carrera profesional de Ingeniería Textil y Confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), realizó actividades experimentales correspondientes a su proyecto de tesis titulado:

"Obtención de fibras de tallos de ortiga mediante enriado químico: influencia en propiedades textiles, Juliaca – 2025",

durante el periodo comprendido entre el 24 de febrero y el 7 de marzo del 2025, haciendo uso del Laboratorio de Química I, ubicado en el ambiente 207 - SL01LA07, Con la parte experimental de **ENRIADO QUIMICO DE TALLOS DE ORTIGA** bajo el cumplimiento de las normas de seguridad y el reglamento interno del laboratorio.

Se adjuntan los siguientes documentos como sustento:

1. Copia del registro de atención a la tesista.
2. Copia de registro de equipos que se utilizó durante su ejecución

Sin otro particular, quedo atento(a) a cualquier coordinación adicional y a disposición para futuras solicitudes.

Atentamente.



Ing. Dulia Ayme Apaza Gonzales
Laboratorista de Química
43899970



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

INFORME N.° 009-2025-I/LF/FECH/DACB-UNA.J

PARA : M.Sc. SERAPIO CECILIO CALCINA CUEVAS
JEFE DE LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS BASICAS

DE : Ing. FELIX EDWARD CARRIZALES HERNANDEZ
LABORATORISTAS DE FÍSICA.

ASUNTO : ACTIVIDADES Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO CON EL TITULO DE LATESIS: OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO: INFLUENCIA EN PROPIEDADES TEXTILES, JULIACA - 2025" .

FECHA : Juliaca, 18 de agosto del 2025

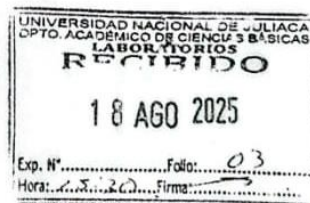
Por intermedio del presente documento me dirijo a Usted, con la finalidad de remitirle el informe sobre el uso de los laboratorios de Física para la realización de pruebas de la Tesis titulada: OBTENCIÓN DE FIBRAS DE TALLOS DE ORTIGA MEDIANTE ENRIADO QUÍMICO: INFLUENCIA EN PROPIEDADES TEXTILES, JULIACA - 2025" por lo que se detalla a continuación.

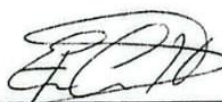
➤ Lab. 305-B – SL01LA11 - FISICA II.

Se adjunta copia del registro de atención al tesista, es lo que se cumple con informar a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

ANEXO 1: Atención a tesista.

Atentamente.

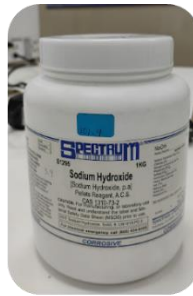



Felix Edward Carrizales Hernandez
DNI: 44537371
Laboratorista de Física

Anexo 07: Registro fotográfico de insumos y equipos utilizados durante la investigación



Tallos de Ortiga



Hidróxido de Sodio



Clorito de sodio



Peróxido de hidrogeno



Ácido acético



Agua destilada



Balanza Analítica
OHAUS



Potenciómetro
Analytics



Mechero
Bunsen



Balanza Analítica
Adam Luna



Microscopio
electrónico
Sogeresa



Estufa Eléctrica
Memmert



Espectrofotómetro
CM700d



Fiber EC



Aparato de tensión
deformación Pasco

Anexo 08: Secuencia fotográfica de los procedimientos generales de investigación



Recolección de la planta



Limpieza del tallo



Tajo del tallo



Enriado del tallo



Separación de las fibras



Caracterización del
proceso de obtención



Caracterización física
(diámetro aparente)



Caracterización mecánica

Anexo 09: Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 1



Acondicionamiento de insumos y materiales



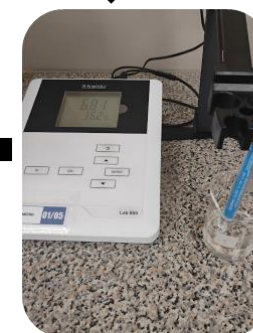
Pesado de muestras



Inicio de enriado 1



Fin de enriado 1



Medición de pH de la solución 1



Muestras de tallos de ortiga enriado 1

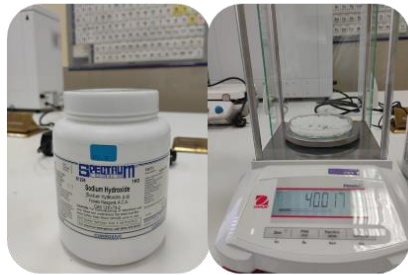


Separación de fibra



Secado de muestras enriadas en estufa

Anexo 10: Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 2



Acondicionamiento de insumos y materiales



Preparación de la solución



Pesado de muestras



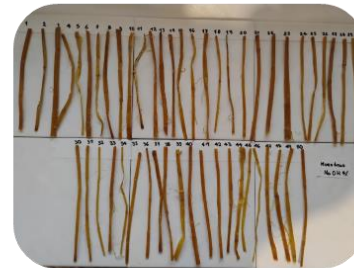
Proceso de enriado 2



Secado de muestras enriadas en estufa



Separación de fibra

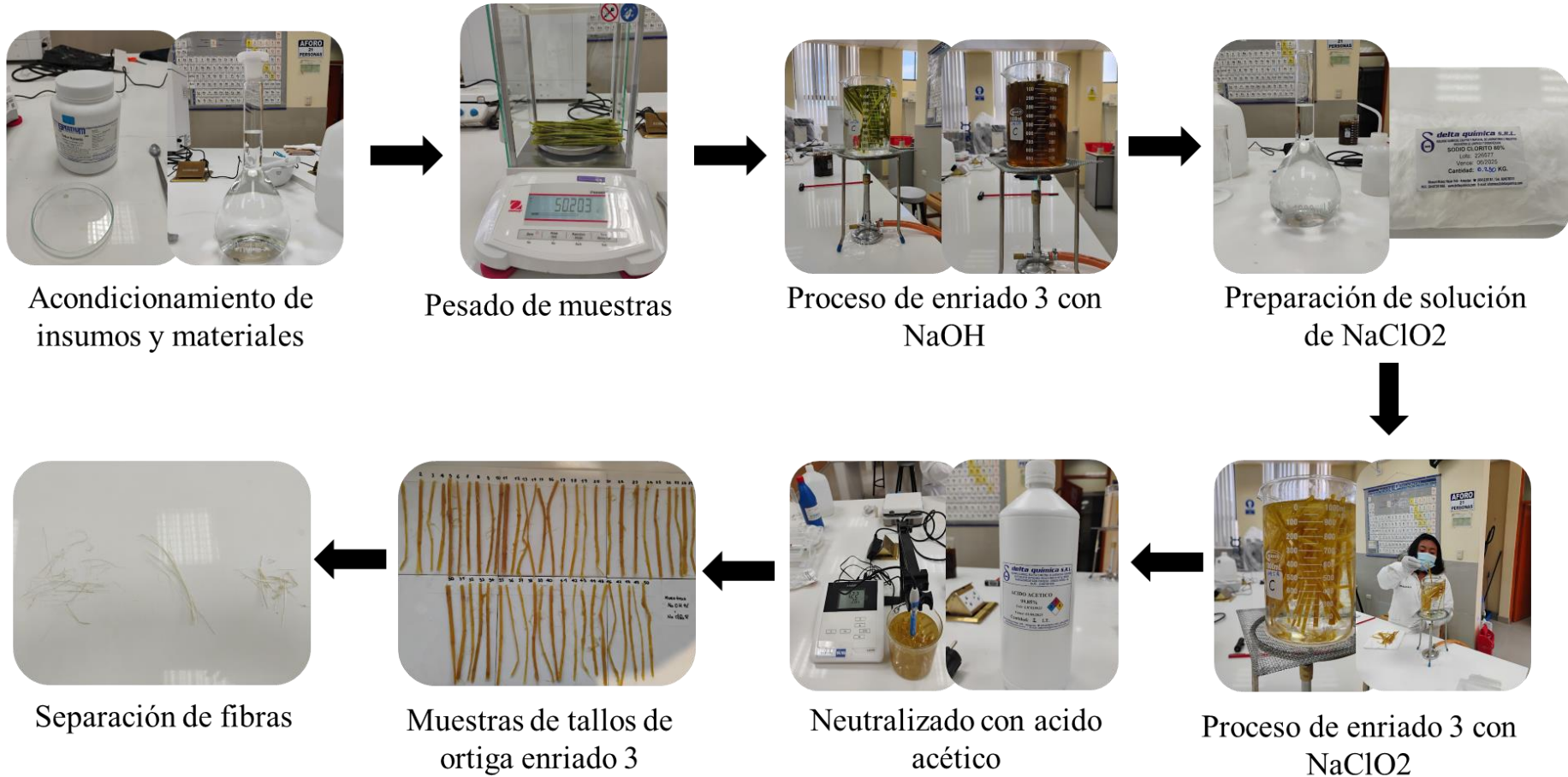


Muestras de tallos de ortiga enriado 2



Medición de pH de la solución 2

Anexo 11: Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 3



Anexo 12: Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 4



Acondicionamiento de insumos y materiales



Preparación de la solución



Pesado de muestras



Proceso de enriado 4



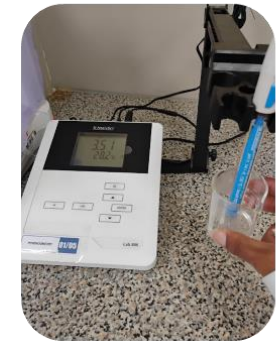
Secado de muestras enriadas en estufa



Separación de fibra



Muestras de tallos de ortiga enriado 4



Medición de pH de la solución 4

Anexo 13: Secuencia fotográfica de los procedimientos de enriado tratamiento 5



Acondicionamiento de insumos y materiales



Preparación de la solución



Pesado de muestras



Proceso de enriado 5



Medición de pH de la solución 5



Muestras de tallos de ortiga enriado 5



Separación de fibra

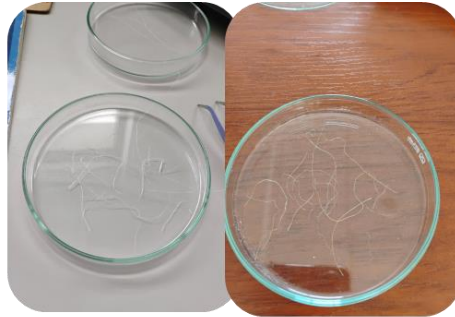


Secado de muestras enriadas en estufa

Anexo 14: Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo de la densidad lineal



Muestreo



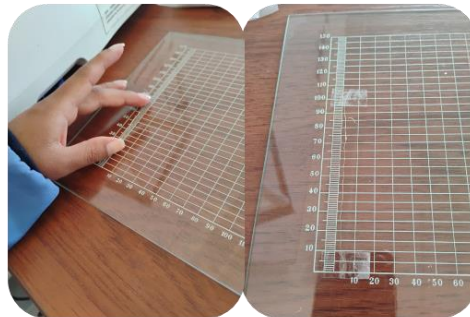
Acondicionamiento



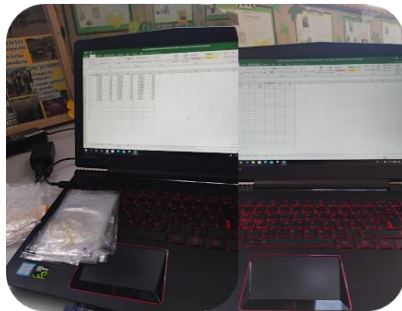
Preparación de muestras



Pesaje



Calculo



Reporte

Anexo 15: Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo del grado de blancura (luminosidad)



Acondicionamiento del equipo



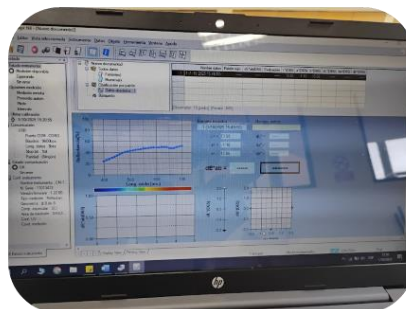
Calibración inicial



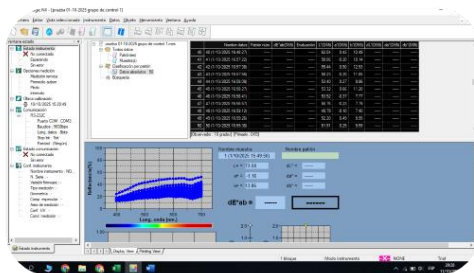
Preparación de las muestras



Medición



Procesamiento de datos



Reporte

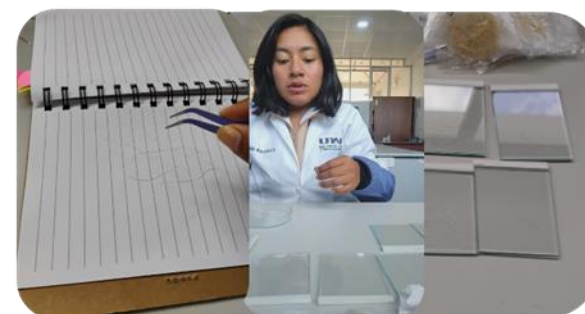
Anexo 16: Secuencia fotográfica de los procedimientos para el cálculo del diámetro medio



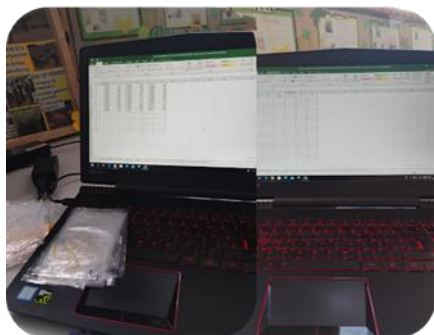
Muestreo



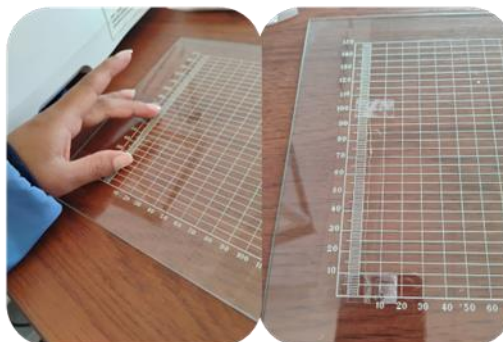
Acondicionamiento



Preparación de muestras



Reporte



Calculo

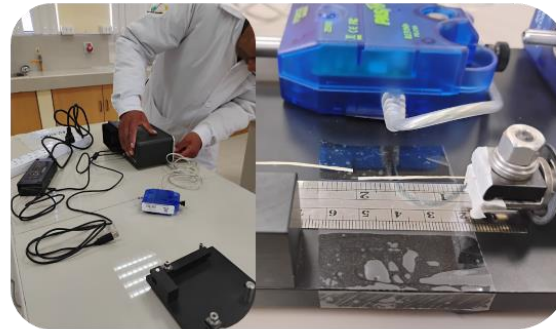


Pesaje

Anexo 17: Secuencia fotográfica de los procedimientos para la caracterización mecánica



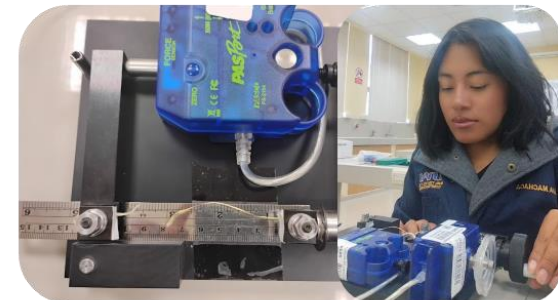
Muestreo y preparación



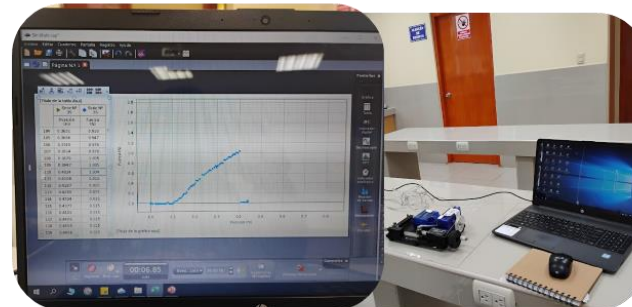
Acondicionamiento del
equipo



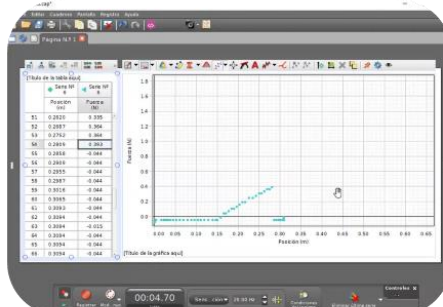
Montaje de las muestras



Ensayo de tracción

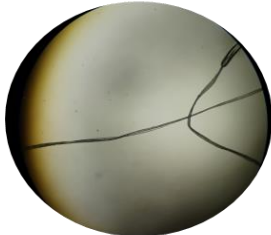
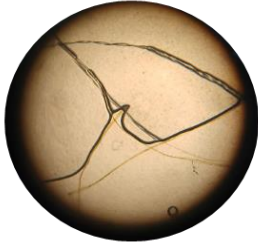
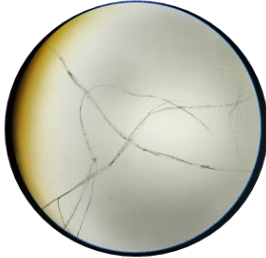
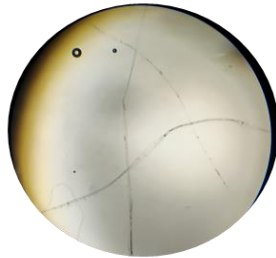
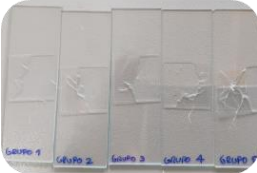


Procesamiento de datos

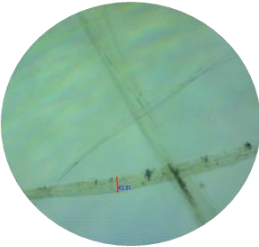
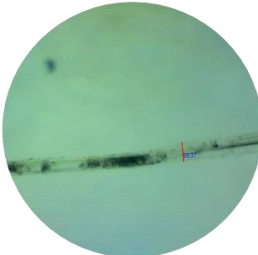
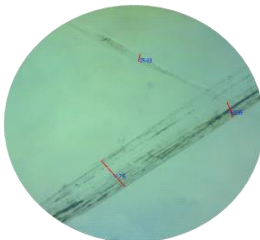
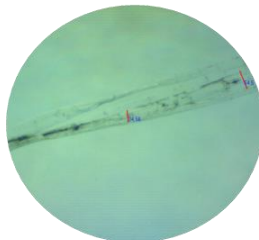
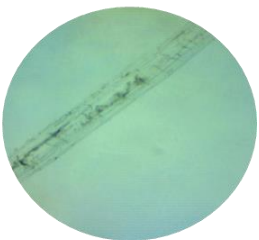
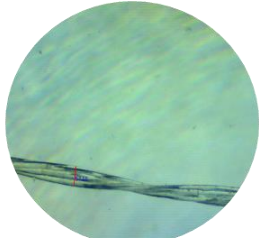
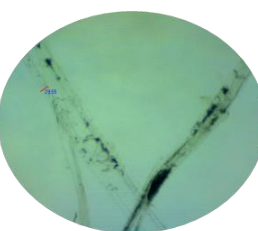
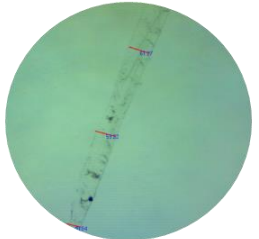
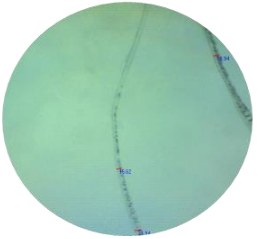
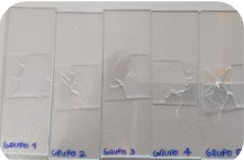


Reporte

Anexo 18: Registro fotográfico de las fibras de ortiga en microscopio electrónico

Preparación de muestras	Tratamiento 1 Enriado biológico	Tratamiento 2 Enriado de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 0%	Tratamiento 3 Enriado de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 1%	Tratamiento 4 Enriado de H ₂ O ₂ al 37.5% y CH ₃ COOH al 0%	Tratamiento 5 Enriado de H ₂ O ₂ al 37.5% y CH ₃ COOH al 37.5%
					
					
					

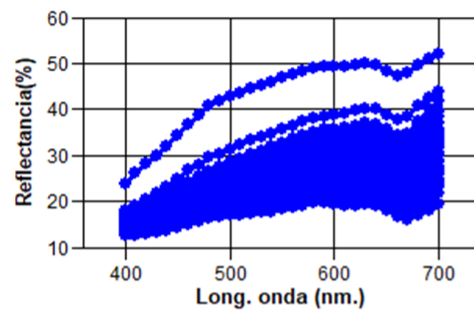
Anexo 19: Registro fotográfico de las fibras de ortiga en medulometro

Preparación de muestras	Tratamiento 1 Enriado biológico	Tratamiento 2 Enriado de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 0%	Tratamiento 3 Enriado de NaOH al 4% y NaClO ₂ al 1%	Tratamiento 4 Enriado de H ₂ O ₂ al 37.5% y CH ₃ COOH al 0%	Tratamiento 5 Enriado de H ₂ O ₂ al 37.5% y CH ₃ COOH al 37.5%
					
					
					

Anexo 20: Curvas de reflectancia vs longitud de onda en espectrofotómetro por tratamiento

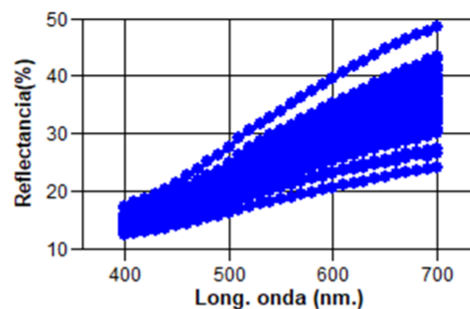
Tratamiento 1

Enriado
biológico



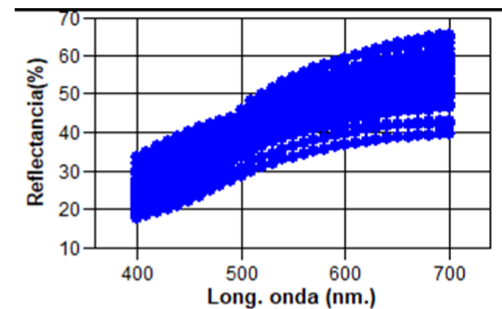
Tratamiento 2

Enriado de NaOH al
4% y NaClO₂ al 0%



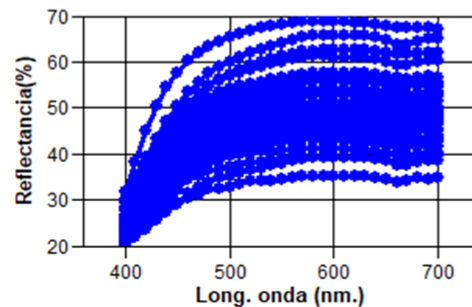
Tratamiento 3

Enriado de NaOH al
4% y NaClO₂ al 1%



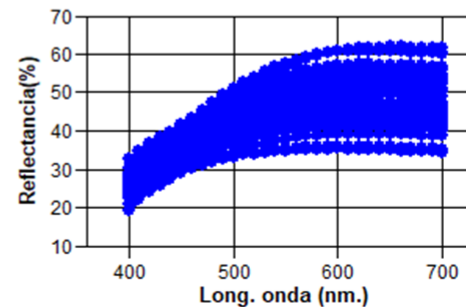
Tratamiento 4

Enriado de H₂O₂ al 37.5%
y CH₃COOH al 0%



Tratamiento 5

Enriado de H₂O₂ al 37.5%
y CH₃COOH al 37.5%





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

UNW