



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



**“EFECTOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE PANCA
DE MAÍZ (*Zea mays*), JULIACA 2025”**

Ronaldo Bonet Condori Suaña

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

Asesor: Dr. Julio César Huanca Marín



Juliaca, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE

CONFECCIONES



**“EFECTOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE PANCA
DE MAÍZ (*Zea mays*), JULIACA 2025”**

Ronaldo Bonet Condori Suaña

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

Asesor: Dr. Julio César Huanca Marín



Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

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



**“EFECTOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE PANCA DE MAÍZ (*Zea
mays*), JULIACA 2025”**

Ronaldo Bonet Condori Suaña

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

ASESOR: Dr. Julio Cesar Huanca Marín

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Condori, R. (2025). *Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays)*, Juliaca 2025. (Tesis de Pregrado en Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Ronaldo Bonet Condori Suaña.

TÍTULO: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025.

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (120 pp.)

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

CÓDIGO: 04-000032-04/C74

NOTA: Incluye Bibliografía.

ASESOR: Dr. Julio Cesar Huanca Marín.

PALABRAS CLAVE: Biofibras, elongación, fibra textil, panca de maíz, resistencia a la tracción y tratamiento químico.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

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

**“EFECTOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE
PANCA DE MAÍZ (*Zea mays*), JULIACA 2025”**

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

Presentado por:

Ronaldo Bonet Condori Suaña

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa

PRESIDENTE DE JURADO

Mtra. Roxana Tacuri Robles

JURADO (Secretario)

2° MIEMBRO

Mg. Jesús Arias Escobar

JURADO (Vocal)

3° MIEMBRO

Dr. Julio Cesar Huanca Marín

ASESOR DE TESIS

RONALDO BONET CONDORI SUAÑA

EFFECTOS DEL TRATAMIENTO QUIMICO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE PANCA DE MAIZ (Z...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:589459762

119 páginas

Fecha de entrega

12 may 2026, 10:31 a.m. GMT-5

27.297 palabras

145.835 caracteres

Fecha de descarga

12 may 2026, 10:40 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

EFFECTOS DEL TRATAMIENTO QUIMICO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS FIBRAS TEXTILE....pdf

Tamaño del archivo

6.8 MB



Firmado digitalmente por HUANCA
SUAQUITA JHON RICHARD
DNI: 40818874
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 12.05.2026 12:11:28 -05:00




11% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
46 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este recorrido, en Él encontré la serenidad para perseverar y la sabiduría para discernir, convirtiendo cada desafío en una oportunidad de crecimiento.

A mis padres, por su apoyo inquebrantable y su ejemplo de dedicación, han sido el cimiento sobre el cual he construido mis metas, sus enseñanzas, han sido la brújula que ha dirigido mis decisiones.

A mis hermanos, por su compañía incondicional y su ánimo constante, su presencia ha sido un recordatorio de que ningún logro es individual, sino el fruto de un esfuerzo compartido.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Juliaca y la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones, por brindarme las herramientas académicas, los recursos y el conocimiento necesario para mi formación profesional; su compromiso con la excelencia educativa ha sido fundamental en mi desarrollo como profesional.

Al Dr. Julio Cesar Huanca Marín, mi asesor de tesis, por su dedicación, paciencia y valiosas orientaciones durante todo el proceso de investigación, su experiencia y rigor científico fueron decisivos para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo de investigación.

A los miembros del jurado, expertos evaluadores y responsables de laboratorio, por sus aportes técnicos, sus observaciones constructivas y su tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, sus recomendaciones enriquecieron sustancialmente la calidad de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

1.5.3. Justificación social.....	5
1.5.4. Justificación económica.....	5
1.5.5. Justificación ambiental	5

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	12
2.1.3. Antecedentes locales.....	14
2.2. MARCO TEÓRICO	15
2.2.1. Fibras textiles.....	15
2.2.2. Clasificación de fibras textiles.....	15
2.2.3. Fibras textiles de origen celulosa	17
2.2.4. Extracción de fibras celulósicas por medio alcalino	17
2.2.5. La producción del maíz en el Perú	19
2.2.6. Propiedades químicas de pancas de maíz	20
2.2.7. Propiedades físicas y mecánicas de fibras textiles	21
2.2.8. Propiedades mecánicas	22
2.3. MARCO NORMATIVO	23
2.3.1. Normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials)	23
2.3.2. Normas técnicas peruanas NTP - ISO	24
2.4. MARCO CONCEPTUAL.....	27

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	29
3.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA.....	29

3.2.1. Tipo de investigación	29
3.2.2. Diseño de investigación	30
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.3.1. Población	31
3.3.2. Muestra	31
3.4. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES.....	33
3.4.1. Equipos	33
3.4.2. Reactivos y/o insumos	33
3.4.3. Materiales	34
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	35
3.5.1. Proceso de extracción de fibras textiles de panca de maíz.....	35
3.5.2. Selección de pancas de maíz	35
3.5.3. Pretratamiento.....	36
3.5.4. Tratamiento químico	36
3.5.5. Blanqueo.....	37
3.5.6. Proceso de hilado.....	37
3.5.7. Ensayos de dinamometría.....	38
3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	39
3.6.1. Métodos	39
3.6.2. Técnicas	39
3.6.3. Instrumento.....	40
3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL DEL INSTRUMENTO	40
3.7.1. Validez.....	40
3.7.2. Confiabilidad	41
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS Y/O RESULTADOS	44

3.8.1. Análisis de los supuestos de los datos	44
3.8.2. Análisis de varianza entre factores ANOVA.....	44

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS	46
4.2. ANALISIS DE ESTRUCTURA DE COSTOS.....	47
4.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	51
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	53
4.4.1. Efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción	54
4.4.2. Efecto del tratamiento químico en el porcentaje de elongación.....	58
4.4.3. Efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción.....	62
4.5. DISCUSIÓN.....	66

**CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES.....	72
5.2. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica del maíz	20
Tabla 2: Composición química de panca de maíz.....	20
Tabla 3: Tabla de equivalencias de sistemas de medición de densidad lineal.	25
Tabla 4: Propiedades mecánicas para algunas fibras textiles.....	26
Tabla 5: Unidades de equivalencias del sistema tex según ISO 1144.	27
Tabla 6: Modelo algebraico para efectos de diseño factorial 2k.....	32
Tabla 7: Factores de entrada y asignación a de niveles.....	32
Tabla 8: Resultados de validación del instrumento por juicio de expertos.....	40
Tabla 9: Confiabilidad del instrumento de recolección de datos, Alfa de Cronbach.....	41
Tabla 10: Resultados de la confiabilidad del dinamómetro.	43
Tabla 11: Resultados de análisis estadístico de las propiedades físicas.....	46
Tabla 12: Análisis de estructura de costos de la producción de maíz misceláneo.	47
Tabla 13: Análisis de estructura de costos para producción artesanal.	49
Tabla 14: Cuadro de resultados generales de las variables e indicadores.....	51
Tabla 16: Estadísticos descriptivos de los datos de la variable respuesta.....	53
Tabla 17: Resultados del análisis de varianza para resistencia a la tracción.....	55
Tabla 18: Resultados del análisis de varianza para porcentaje de elongación.	59
Tabla 19: Resultados del análisis de varianza para tiempo de rotura a la tracción.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de fibras textiles.....	16
Figura 2: Determinación química de las fibras celulósicas según (Tamani et al., 2025).....	18
Figura 3: Diagrama de bloques para obtención de fibras celulósicas según (Matute & Plaza, 2023).....	19
Figura 4: Partes de una planta de maíz.....	21
Figura 5: Diagrama de bloques del procedimiento experimental.	35
Figura 6: Curva de tratamiento químico de las fibras de panca de maíz.....	36
Figura 7. Diagrama de bloques para el proceso de hilado.	38
Figura 8: Histograma de resultados de las propiedades mecánicas.	52
Figura 9: Prueba de normalidad de datos para resistencia a la tracción.....	54
Figura 10: Gráfica de interacciones para resistencia a la tracción (cN/tex).....	58
Figura 11: Prueba de normalidad de datos para porcentaje de elongación.	59
Figura 12: Gráfica de interacciones para porcentaje de elongación (%).	62
Figura 13: Prueba de normalidad de datos para tiempo de rotura a la tracción.	63
Figura 14: Grafica de interacción para tiempo de rotura a la tracción (seg).	66
Figura 15: Recolección y selección de pancas de maíz.	81
Figura 16: Materiales y equipos utilizados en la investigación.	81
Figura 17: Pretratamiento y pesado de insumos utilizados.	82
Figura 18: Tratamiento químico de las fibras textiles de panca de maíz.	82
Figura 19: Control del tiempo y temperatura en el tratamiento químico.	83
Figura 20: Neutralización de las muestras con ácido acético.....	83
Figura 21: Muestras de fibras extraídas y tratadas de panca de maíz.	84
Figura 22: Celulosa residual del tratamiento químico.	85

Figura 23: Muestras de fibras lavadas y escarmenada.	85
Figura 24: Proceso de blanqueo a 60°C con peróxido de hidrogeno.	85
Figura 25: Proceso de hilado artesanal y rotulación de las muestras de hilados.....	86
Figura 26: Ensayos de dinamometría, ejecución de la variable dependiente.....	86
Figura 27: Análisis de la finura de las fibras utilizando Fiber EC	87
Figura 28: Estructura morfológica de las fibras, análisis microscópico.	87
Figura 29: Análisis del hilo en el estereoscopio.....	88
Figura 30: Resultados del análisis de la finura de las fibras de panca de maíz.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico.	81
Anexo 2: Ficha de análisis de confiabilidad de dinamómetro.	89
Anexo 3: Instrumento de investigación, ficha de laboratorio.	91
Anexo 4: Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos.	93
Anexo 5: Base de datos de la investigación.	99
Anexo 6: Matriz de consistencia.	100

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de la panca de maíz obtenidas del mercado dominical de la ciudad de Juliaca; para ello, se adoptó según su finalidad el tipo de investigación aplicada, enfoque de investigación cuantitativa, de nivel explicativa y un diseño experimental factorial 2^k de 2 niveles, 4 factores y 2 réplicas, obteniendo así 16 tratamientos, haciendo un total de 32 unidades muestrales. Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios generales y laboratorios de ingeniería textil y confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca. La técnica de recolección de datos fue la observación experimental, utilizando como instrumento la ficha técnica de laboratorio, para procesar los datos y contrastar la hipótesis se utilizaron herramientas estadísticas y análisis de varianza (ANOVA) con el software de análisis de datos SPSS; Los resultados evidencian que, el tratamiento químico aplicado a las fibras de panca de maíz tuvo efectos estadísticamente significativos en sus propiedades mecánicas, la resistencia a la tracción ($p = 0.000$) con un nivel de significancia de ($\alpha = 0.05$), la combinación de hidróxido de sodio (A) 4g/L, temperatura (C) 60°C y tiempo (D) 60min, alcanzaron valores de 21.97 cN/tex. En cuanto al porcentaje de elongación ($p=0.027$) las combinaciones de concentración de ácido acético (B) 3 g/L, temperatura (C) 60°C y tiempo (D) 60min. presentan mejores resultados con una elongación máxima de 24.01%, demostrando el efecto de la neutralización en la reorganización molecular después del tratamiento alcalino, respecto al tiempo de rotura a la tracción con un ($p = 0.003$), demuestra que el efecto del hidróxido de sodio (A) varía en función a la temperatura (C) 90°C y Tiempo (D) 120min mostraron valores, 13.07 seg. demostrando que C y D son factores determinantes en las propiedades mecánicas.

Palabras clave: Biofibras, elongación, fibra textil, panca de maíz, resistencia a la tracción y tratamiento químico.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of chemical treatment on the mechanical properties of corn husk textile fibers obtained from the Sunday market in the city of Juliaca. For this purpose, according to its aim, the study adopted an applied research type, a quantitative research approach, an explanatory level, and a 2^k factorial experimental design with 2 levels, 4 factors, and 2 replicates, resulting in 16 treatments and a total of 32 sample units. The experimental tests were conducted in the general laboratories and the Textile and Garment Engineering laboratories of the Universidad Nacional de Juliaca. The data collection technique was experimental observation, using a laboratory technical record sheet as the instrument. Statistical tools and analysis of variance (ANOVA) with the SPSS data analysis software were employed to process the data and test the hypothesis. The results demonstrated that the chemical treatment applied to the corn husk fibers had statistically significant effects on their mechanical properties. Tensile strength ($p = 0.000$), at a significance level of ($\alpha = 0.05$), showed that the combination of sodium hydroxide concentration (A) at 4 g/L, temperature (C) at 60°C, and treatment time (D) at 60 min achieved values of 21.97 cN/tex. Regarding elongation percentage ($p = 0.027$), the combinations of acetic acid concentration (B) at 3 g/L, temperature (C) at 60°C, and treatment time (D) at 60 min presented the best results, with a maximum elongation of 24.01%, demonstrating the effect of neutralization on molecular reorganization after alkaline treatment. Concerning tensile breaking time ($p = 0.003$), the results showed that the effect of sodium hydroxide (A) varied as a function of temperature (C) at 90°C and treatment time (D) at 120 min, reaching values of 13.07 s, demonstrating that factors C and D are determinant variables in the mechanical properties of the fibers.

Keywords: Biofibers, elongation, textile fiber, corn husk, tensile strength, chemical treatment.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la búsqueda de alternativas frente a los textiles convencionales tiene como propósito explorar nuevas fibras sostenibles para la industria textil, promoviendo la innovación mediante el aprovechamiento de recursos naturales renovables. Según Novoa, (2022), la creación de biofibras plantea regenerar el ecosistema de manera crítica y responsable, que respondan a las demandas ambientales del presente siglo. Las fibras ecológicas, provenientes de recursos naturales, se posicionan actualmente como una de las soluciones más prometedoras para la fabricación de textiles sostenibles Ardanuy & capdevila, (2011), estas fibras vegetales no solo reducen el impacto ambiental, sino que también representan una oportunidad para la innovación empresarial al ofrecer productos diferenciados y de valor agregado. Frente a ello la estrategia de la Unión Europea para los textiles sostenibles y circulares Bernabeu, (2024) establece un marco regulatorio orientado a transformar el sector textil en una industria más ecológica, con el objetivo de que, para el año 2030, los productos textiles sean duraderos, reciclables y producidos respetando las normativas ambientales.

En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, el cual aborda de manera analítica la problemática de uso de las pancas de maíz en el mercado dominical de Juliaca y como ésta representa una alternativa viable dentro de los modelos de sostenibilidad y economía circular. Asimismo, se establecen los objetivos generales y específicos orientados a determinar el efecto del tratamiento químico sobre las propiedades mecánicas de las fibras de panca de maíz. La justificación científica enfatiza la necesidad de generar conocimientos aplicados que integren la química, la ingeniería textil y la sostenibilidad ambiental en el contexto actual en la macro región sur del Perú.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, que sustenta la investigación desde una perspectiva interdisciplinaria, se exponen los antecedentes locales, antecedentes nacionales e

internacionales que evidencian la tendencia creciente en la transformación de residuos que se generan en el mercado en fibras textiles sostenibles, se revisan estudios previos sobre biotextiles derivados de fuentes vegetales como el plátano, el sisal, el kenaf, el bagazo de caña y panca de maíz, los cuales proporcionan un marco comparativo para el aprovechamiento de la panca de maíz. Asimismo, se detallan los fundamentos teóricos sobre la estructura química de las fibras lignocelulósicas; se abordan también los procesos químicos de extracción y tratamiento mediante hidrólisis alcalina y neutralización ácida, así como las normas técnicas ASTM y NTP que orientan la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas.

En el Capítulo III, se describe la estructura metodológica, sustentada en un enfoque cuantitativo, del nivel explicativa, experimental a nivel de laboratorio y con un diseño factorial 2^4 con dos réplicas, que permite evaluar de manera sistemática los efectos e interacciones de los factores controlados, se define la población y muestra de la investigación, se enumeran los equipos, insumos y materiales utilizados en la investigación, se describe el procedimiento experimental, se señala la técnica y el instrumento utilizado, asimismo se detalla la validación del instrumento de investigación y se analiza la confiabilidad de esta, finalmente se describe el análisis de los datos para probar la hipótesis planteada.

En el Capítulo IV, se presentan de manera organizada los resultados y discusiones obtenidos a partir de las pruebas experimentales realizadas, presentando la caracterización de las propiedades físicas más importantes, análisis de la estructura de costos y margen de contribución de la producción de maíz y la producción artesanal, se presentan los resultados de la investigación con análisis estadístico, y se presentan las pruebas de hipótesis con análisis de normalidad de datos y el análisis de varianza ANOVA para confirmar o negar los efectos significativos e interacciones de los factores en las propiedades mecánicas de la fibras textiles de panca de maíz y se presentan las discusiones con triangulación de antecedentes y bases teóricas.

Finalmente, en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, donde se sintetizan los hallazgos más relevantes y se formulan propuestas orientadas al desarrollo de nuevas aplicaciones textiles sostenibles, destacando la importancia del control de los parámetros de tratamiento químico para mejorar el desempeño de las biofibras y promover su incorporación en procesos productivos textiles amigables con el ambiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la producción de fibras textiles a base de celulosa como la panca de maíz presenta limitaciones en cuanto a sus propiedades mecánicas, al ser fibras no tradicionales, resulta necesario determinar los efectos del tratamiento químico durante su proceso de extracción, con el objetivo de optimizar su desempeño mecánico y contribuir en la sostenibilidad del sector textil por su relevancia a nivel global.

Según la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2019) la industria del vestir consume anualmente alrededor de 93,000 millones de metros cúbicos de agua, equivalentes al consumo de 5 millones de personas y desecha medio millón de toneladas de microfibras, lo que representa el uso de tres millones de barriles de combustible fósil; en esa línea, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2009) afirma que el desarrollo de la biotecnología aplicada a los sectores productivos tiene un impacto positivo en el desarrollo industrial, económico y social de los países, generando espacios de intercambio de conocimiento científico, tecnológico y productivo; por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2022) establece estándares para la fabricación de tejidos ecológicos, los cuales deben contener al menos un 70% de fibras celulósicas naturales certificadas para ser considerados sostenibles.

Asimismo, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2022) señala que la industria textil es la que más recursos hídricos y de suelo consume, y la cuarta que más contribuye al cambio climático; este impacto se agrava con el fenómeno del “fast fashion” o moda rápida, que provoca una sobreproducción donde el 21% de las prendas fabricadas, éstas no llegan a utilizarse ni un año; por su parte, la Zero Emissions Objective (ZEO, 2024) advierte que el

sector textil es responsable del 8% de las emisiones globales de CO₂, por lo que propone el desarrollo de productos textiles biodegradables, es decir, prendas que puedan descomponerse fácilmente mediante la acción de agentes biológicos como plantas, bacterias o animales.

En el contexto nacional, la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (ComexPerú, 2021) informa que la producción de maíz amarillo cubre apenas el 23% de la demanda interna, en tanto León, (2021) agrega que Cusco es la principal región productora de maíz blanco en el Perú, con una producción de 18,623 toneladas en 2021, de las cuales 8,160 toneladas fueron destinadas a la exportación.

En relación con el futuro de la industria textil García, (2021) destaca que las empresas deben asumir la responsabilidad social corporativa, ofreciendo productos sostenibles como parte de su propuesta de valor y estrategia competitiva, fomentando la reducción del consumo excesivo, la reutilización y el reciclaje de materiales al final de su vida útil; complementariamente, Figueroa, (2023) plantea que las unidades productivas del sector textil deben priorizar la innovación y la sostenibilidad para mantener su competitividad, impulsando el desarrollo de fibras textiles biodegradables.

En este contexto, las regiones de Cusco y Arequipa se consolidan como las principales productoras de maíz blanco en el país. Sin embargo, en la ciudad de Juliaca, los residuos agrícolas procedentes de estas regiones como las pancas de maíz siguen siendo desechados en los mercados de abastos, sin aprovechamiento alguno, a pesar de su alto potencial como fuente de fibras textiles sostenibles. Esta investigación se orienta a enfrentar ese desafío, considerando la creciente demanda global de materiales ecológicos como alternativa a las fibras sintéticas, que son altamente contaminantes y no biodegradables, a pesar de la amplia disponibilidad de maíz en la zona sur del Perú, existe un desconocimiento generalizado sobre los métodos óptimos para la extracción, procesamiento, evaluación técnica y económica de las fibras derivadas de la panca de maíz; por tanto, se hace necesaria la presente investigación, orientada

a determinar las propiedades físicas y mecánicas de las fibras, con el propósito de promover prácticas sostenibles y aprovechar un recurso agroindustrial actualmente no utilizado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025
- ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025?
- ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.
- Determinar el efecto del tratamiento químico en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.
- Determinar el efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

- El tratamiento químico tiene efectos significativos en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El tratamiento químico tiene efectos significativos en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.
- El tratamiento químico tiene efectos significativos en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.
- El tratamiento químico tiene efectos significativos en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Justificación teórica

Esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre la utilización de residuos generados en el mercado, como materia prima en la industria textil, pretende ampliar y contrastar las teorías existentes sobre la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos naturales en la producción textil, para generar ideas sobre la viabilidad de utilizar materiales alternativos en lugar de fibras convencionales, promoviendo nuevas líneas de investigación en el campo de la bioeconomía y la sostenibilidad.

1.5.2. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente porque se utilizaron técnicas y procedimientos científicos para evaluar las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz tratadas químicamente, esta investigación y su metodología científica pueden ser replicado en futuros estudios sobre otros tipos de fibras vegetales y/o celulósicas, enriqueciendo así el repositorio metodológico disponible para investigadores en el sector.

1.5.3. Justificación social

Se justifica esta investigación porque tiene un impacto significativo al promover el uso sostenible de residuos que se generan en el mercado, convertir un residuo en una materia prima importante para la industria textil; por otro lado, esta iniciativa tiene el potencial de generar empleo y mejorar las condiciones económicas en comunidades agrícolas donde se cultiva maíz, los comerciantes del mercado y empresas del sector, con el objetivo de buscar la innovación en el sector textil y contribuir al desarrollo social.

1.5.4. Justificación económica

Desde una perspectiva económica, la presente investigación se justifica por su contribución a la generación de valor agregado a partir de un residuo agrícola subutilizado como la panca de maíz, al demostrar su viabilidad técnica como biofibra textil mediante procesos optimizados, lo que permite reducir costos de insumos, disminuir la dependencia de materias primas convencionales e importadas y crear oportunidades para el desarrollo de nuevas cadenas productivas locales, incentivando la innovación, la eficiencia en el uso de recursos, la formalización de actividades productivas y la dinamización de economías regionales, todo ello en coherencia con los principios de economía circular, sostenibilidad productiva y competitividad del sector textil.

1.5.5. Justificación ambiental

Desde la una perspectiva ambiental, la investigación propone una alternativa sostenible frente al uso de fibras sintéticas de origen petroquímico, mediante el aprovechamiento de la panca de maíz como materia prima lignocelulósica, valorizando un residuo agrícola y reduciendo emisiones de CO₂ al medio ambiente. Asimismo, el uso de fibras biodegradables contribuye a disminuir desechos en forma de microfibras y desechos textiles, promoviendo la economía circular, el uso eficiente de recursos y la reducción de la dependencia de materias primas no renovables.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sarker et al., (2022), en su investigación titulada “Avances y perspectivas de la panca de maíz como material sostenible en composites y otras aplicaciones técnicas”, desarrollada en la India, tuvo como objetivo analizar la viabilidad del uso de la panca de maíz como materia prima potencial para la industria textil. Esta investigación, de enfoque cualitativo y tipo básica, se basó en la revisión de estudios previos, destacando el tratamiento de la panca en medio alcalino con NaOH al 2% (g/L) a 120 °C para eliminar la lignina. Los autores determinaron que el reciclaje de la panca de maíz representa una solución viable para su aplicación en la industria textil, contribuyendo así a la economía circular y a la prevención de la contaminación ambiental.

Khan et al., (2020), en su investigación titulada “Efectos de los tratamientos químicos y métodos de desgomado sobre las propiedades físicas y mecánicas de las fibras de líber de okra y panca de maíz”, desarrollada en Turquía, tuvo como objetivo la extracción mediante métodos de desgomado, alcalinización, blanqueo, anhídrido maleico y tratamiento con acetato de vinilo. Esta investigación, de enfoque cuantitativo y tipo aplicada, empleó un diseño experimental. Se evidenció que la alcalinización disminuyó la tenacidad y rigidez a la tracción, e incrementó la tasa de elongación. El blanqueo y el tratamiento con acetato de vinilo aumentaron la resistencia a la tracción, haciéndolos útiles para aplicaciones como aislamiento térmico y control de ruido.

Kambli et al., (2021), en su investigación titulada “Fibras de panca de maíz, sus propiedades y valor añadido”, desarrollada en India, tuvo como objetivo proponer un proceso de hilatura de la fibra de panca de maíz combinada con pseudotallo de plátano para su uso en la industria textil. Bajo un enfoque un enfoque cualitativo de tipo básico, se recopilaron investigaciones

previas sobre mezclas de fibras de panca de maíz y algodón, teñido con tintes naturales y tintes convencionales y la fabricación de productos termoestables. Finalmente, se propuso un método para producir fibras termoestables combinando panca de maíz y pseudotallo de plátano.

Wubneh et al., (2022), en su investigación titulada “Extracción y caracterización de fibras de panca de maíz”, desarrollada en Egipto, tuvo como objetivo extraer fibra mediante alcalinización y caracterizar sus propiedades físicas. Esta investigación, de enfoque cuantitativo y tipo aplicada, empleó una investigación experimental, incluyendo pruebas termogravimétricas para evaluar las propiedades térmicas. Se observó que el tratamiento alcalino tuvo un rendimiento de 26-28% en peso; el tratamiento con ácido sulfúrico redujo la hemicelulosa y lignina; la alcalinización disminuyó la densidad lineal de 61 dtex a 30 dtex y la recuperación de humedad de 13.5% a 11.7%; la resistencia a la tracción mejoró de 16.2 cN/tex a 18.1 cN/tex con una concentración de 7.5 g/L, pero disminuyó con concentraciones mayores, por lo que no se recomendó superar dicho valor; las fibras sometidas a un tratamiento con ácido a una concentración de 7,5 g/L alcanzan un valor máximo de 18,1 cN/tex, el cual disminuye aún más hasta 12,5 cN/tex conforme se incrementa la concentración del ácido.

Jain & Chanana, (2018), en su investigación titulada “Utilización de la panca de maíz para usos textiles”, desarrollada en India, tuvo como objetivo extraer fibras de panca de maíz, determinar su composición y evaluar sus propiedades fisicoquímicas y morfológicas. Esta investigación de enfoque cuantitativo y tipo aplicada a nivel de laboratorio, se emplearon procesos de extracción, análisis físico químico, teñido y desarrollo de productos artesanales. Se estableció que es recomendable usar pancas maduras y secas; el tratamiento alcalino óptimo consistió en 4 g/L de NaOH, 60 minutos, R/B de 1:40 a 98 °C, obteniendo resistencia a la tracción de 14.14 cN/tex y finura de 14.44 tex. El tratamiento enzimático con laxinasa mejoró suavidad y finura sin afectar la resistencia. Para el blanqueo, se optimizó el uso de 2 g/L de H₂O₂ durante 60 minutos, alcanzando un índice de blancura de 60. Se aplicó también un suavizante catiónico a base de

silicona, finalmente los resultados muestran que, al final del blanqueo las fibras contienen 76% de celulosa, 11.43% hemicelulosa, 7.5% de lignina y un 0.34% de cenizas y que las fibras de panca de maíz pueden usarse en las confecciones textiles.

Bajpai et al., (2022), en su investigación titulada “Evaluación de los cambios en las fibras de panca de maíz después del tratamiento ácido”, desarrollada en India, tuvo como objetivo mejorar las características físicas de las fibras extraídas con tratamiento alcalino. Esta investigación aplicada, con diseño experimental de tres repeticiones, empleó 10 g/L de NaOH, R/B de 1:20 a 60 °C durante 30 minutos, seguido de neutralización con 2.5 g/L de ácido acético a 50 °C. Se aplicó tratamiento ácido con H₂SO₄ a 5, 7.5 y 10 g/L. Las fibras se acondicionaron a 21 °C y 65% HR por 24 horas y se evaluaron según normativas ASTM. Los resultados indicaron que la alcalinización alcanzó un rendimiento de 26 a 28% y el tratamiento ácido mejoró la densidad lineal y la humedad. La resistencia a la tracción alcanzó 16.09 cN/tex con tratamiento alcalino y 17.98 cN/tex con 7.5 g/L de ácido.

Patil & Athalye, (2023), en su investigación titulada “Valorización de residuos de panca de maíz para aplicaciones textiles”, desarrollada en Indonesia, tuvo como objetivo identificar la panca, analizar su estructura y propiedades químicas. Esta investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo y diseño experimental de tres niveles y cuatro factores, se realizaron 17 experimentos, se aplicó análisis de regresión y ANOVA ($p = 0.025$). Se halló que el proceso redujo impurezas no celulósicas y aumentó el contenido de celulosa en aproximadamente 79%, mejorando la absorción de agua a 431.5% y la blancura a 54, sin afectar significativamente la resistencia (17.17 cN/tex). Para el teñido natural con madera de Sappan se obtuvo K/S de 13.21 sin mordiente. El tratamiento óptimo fue colorante al 20%, 70 °C por 1 hora, logrando K/S de 10.2 a 10.5, con buena resistencia al lavado (3 a 4) y a la luz (7 a 8).

Hasdiana, (2018), en su investigación titulada: “Mejora de la calidad de la panca de maíz como materia prima para productos textiles” desarrollada en indonesia. Esta investigación se realizó

bajo el enfoque cuantitativo, de diseño experimental a nivel de laboratorio, la identificación de las cascara de maíz se realizó mediante observación directa, para el blanqueo se empleó una solución de ácido acético mediante inmersión durante 45 minutos, los resultados y conclusiones indicaron que la mejor opción de panca de maíz para utilizar como materia prima en productos textiles es la panca de la capa intermedia, debido a que es limpia, de tamaño moderado, de color de verde pálido, gruesa y flexible; después del tratamiento con ácido acético, durante 45 minutos se observó un aumento en su resistencia de 2.80 cN/tex a 3.51 cN/tex y este valor aumenta a 4.31 cN/tex si se deja remojando en la misma solución durante 12 horas, la panca procesada pudo ser tejida adecuadamente, convirtiéndose en una materia prima adecuada para productos textiles ecológicas.

Zheng et al., (2022), en su investigación titulada: “Biofibras textiles a base de panca de maíz, económicas, de alto rendimiento y resistentes, con una baja huella de carbono, mediante una estrategia ecológica de enriado, empalme y torsión con álcali” desarrollada en china, con el objetivo de convertir la cascara de maíz en biofibras textiles mediante un proceso químico alcalino. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de diseño experimental a nivel de laboratorio, aplicando la técnica de enriado-empalme-torción a temperatura ambiente para obtener mayor rendimiento; en conclusión la resistencia a la tracción alcanzó a 139 Mpa mediante el prensado de bordes superpuestos y enriadas; por otro lado, el costo de producción y la huella de carbono son bastante bajos \$ $0,5 \cdot \text{kg}^{-1}$ y $0,74 \text{ kg CO}_2 \text{ e/kg}$ respectivamente, únicamente utilizando etanol, NaOH y peróxido de hidrógeno, las biofibras de cascara de maíz son resistentes, económicos y ecológicos.

Yasmin et al., (2024), en su investigación titulada: “Fibra de panca de maíz: una fibra sostenible” desarrollada en Bangladesh, con el objetivo de analizar el proceso de producción, conocer la estructura, las propiedades y sus usos, para ello se hizo la extracción con agua, extracción química y extracción enzimática donde se llegó a la conclusión que para la

extracción con agua se debe remojar en agua durante 15 días cambiando el agua cada 2 días para la degradación microbiana de la lignina, para el tratamiento químico se prepara el NaOH en una concentración de 10% a 120°C durante 60 minutos y finalizar neutralizando con ácido acético a 0.1%; para el tratamiento enzimático se prepara una solución de la enzima pectinasa al 1% a 50°C durante 3 días y guardar en una bolsa cerrada, obteniendo así una tenacidad de 12.36 a 14.12 cN/tex, un alargamiento de 13 a 16%, y un trabajo de ruptura de 0.23 g/cm/den. Zhapán & Mosquera, (2019), en su investigación titulada: “Obtención de fibras textiles a partir de residuos agrícolas” desarrollada en la Universidad del Azuay, con el objetivo de extraer fibras textiles de residuos agrícolas mediante tratamiento químico. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de diseño preexperimental, utilizando como instrumento la ficha técnica de laboratorio, en base a una muestra conformada por residuos de hojas de piña, corteza de coco, bagazo de caña, raquis de banano y panca de maíz, utilizando insumos químicos como NaOH al 9%, hipoclorito de sodio al 4% y ácido acético al 1% para la neutralización y finalmente se concluyó que el tratamiento alcalino de hojas de maíz con sulfito de sodio al 2.5% en 1 litro de agua a 60°C no producen fibras textiles.

Hernández, (2020), en su investigación titulada “Propuesta de fibras biodegradables que sirvan como insumos en la industria textil” desarrollada en Colombia, con el objetivo de determinar la factibilidad de usar las fibras de banano como insumo como materia prima textil. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo; los resultados muestran que, la industria textil genera contaminación ambiental, los materiales contienen poliéster, que tarda al menos 18 años en degradarse, mientras que la fibra de banano lo hace en 6 meses, aunque hay empresas que producen fibras de residuos agrícolas y cumplen con requisitos textiles como absorción, resistencia, solidez del color y finura; solo el 33% del banano se aprovecha como fruta; el 67% restante, sin uso sistemático, genera problemas por plaguicidas y residuos. Además, el 90% de los insumos textiles en Colombia son importados (algodón, poliéster, entre otros) desde países

como China, EE. UU. y México, lo que abre espacio a fibras locales como la de banano, con un precio de 5,500 pesos por kilo. El análisis financiero muestra viabilidad para los proyectos biodegradables (con retorno del 70% y utilidades del 20–30%), en ciertas condiciones.

Matute & Plaza, (2023), en su investigación titulada “Elaboración de fibras textiles a partir de la extracción de celulosa de residuos agrícolas generados en el mercado simón Bolívar de Riobamba” desarrollada en Ecuador, con el objetivo de elaborar fibras textiles a base de residuos agrícolas con la finalidad de encontrar alternativa sostenible y ecológica a las fibras convencionales. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de diseño explicativa, en base a una muestra conformada por tres variedades choclo, brócoli y arvejas, se aplicó un proceso de hidrólisis alcalina con distintas concentraciones de NaOH y tiempos variables para extraer celulosa y obtener la fibra textil. Los resultados de calidad mostraron que el tratamiento más eficiente correspondió a una concentración de 5% de NaOH durante 90 minutos, ya que las fibras producidas presentaron mejores propiedades en comparación con las demás materias primas. Este procedimiento permitió proponer una alternativa sostenible para la industria textil mediante el uso de residuos agrícolas, logrando la obtención de fibras de calidad a partir de hojas de choclo, lo cual favorece la reducción de contaminación y un aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales.

Montoya, (2024), en su investigación titulada “Residuos vegetales de Banano (*Musa x paradisiaca L*), coco (*Cocos nucifera L*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) para la obtención de fibras textiles” desarrollada en Ecuador, con el objetivo de analizar los residuos de banano, coco y caña de azúcar. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo y experimental, el tratamiento con álcali a base de hidróxido de sodio y la neutralización con ácido acético al 1%, los resultados mostraron que existen diferencias notables en la eficiencia de extracción, la fibra de bagazo resultó la más eficiente y sostenible, con un rendimiento de 50,10 %, además de presentar el mayor módulo de elasticidad (16,4 GPa), lo que refleja su

elevada rigidez y resistencia; por otro lado, la fibra de pseudotallo destacó por alcanzar la mayor resistencia mecánica ($232,40 \pm 88,86$ MPa), sin embargo, el bagazo se considera la alternativa más versátil, dado que ofrece mejor equilibrio entre resistencia, rigidez y rendimiento de extracción.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huallpa, (2018) en su investigación titulada “Comparación de la calidad de tejidos textiles obtenidos de residuos de hojas de piña de variedades de golden, hawaiana y samba, Junín 2018” desarrollada en la Universidad Cesar Vallejo, con el objetivo de comparar la calidad de tejidos textiles a partir de hojas de piña. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de nivel explicativo a nivel experimental, e en base a una población conformada por tres variedades de piña, con una muestra de Golden 6kg, hawaiana 4.5 kg y samba de 4.5kg de residuos de piña en $1m^2$, utilizando como técnica la observación directa e instrumento fichas de registro, los resultados muestran que, la variedad Hawaiana presentó el mayor contenido de celulosa con 30.57%. Además, su tejido de residuo de hoja de piña mostró una resistencia promedio de 6.041 MPa y una elongación de 312.4%, superando a la variedad Golden (5.560 MPa y 222.9%) y a la Samba (4.051 MPa y 270.9%); en cuanto a finura, la fibra más delgada fue la de la variedad Samba con $95.833 \mu m$, seguida por Golden con $103.967 \mu m$ y Hawaiana con $136.30 \mu m$. En resumen, el tejido de Hawaiana es el más resistente, mientras que la Samba ofrece la fibra más fina.

Jacinto et al., (2025) en su investigación titulada “Pioneras fibras del maíz: Innovadora extracción de fibra de panca de choclo” desarrollada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con el objetivo de extraer y teñir fibras de pancas de choclo para aplicaciones textiles. Esta investigación experimental, se hizo en base a dos muestras, utilizando como técnica la observación directa; se utilizaron 400 ml solución de sosa caustica más 800ml de agua para 40 g de cascara de maíz y 200ml de sosa caustica más 400 ml de agua destilada para 200 g de

sustrato a 90°C durante 90 minutos, luego se neutralizó el sustrato con 26 y 25 g de ácido acético respectivamente, finalmente se blanquea con hipoclorito de sodio y se tiñe con colorante Escarlata BNLE, al 2% los resultados muestran que se logró extraer fibras robustas atractivas visualmente, apropiadas para la industria textil eco amigable.

Tamani et al., (2025) en su investigación titulada “Fibras textiles naturales a partir de residuos vegetales: inspiración en Agralooop” desarrollada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con el objetivo de extraer fibras textiles a base de panca de maíz y vaina de la arveja. Esta investigación experimental se hizo en base la metodología Agralooop; se utilizaron métodos de pretratamiento e hidrolisis alcalina para extraer la celulosa con hidróxido de sodio al 0.35% a una temperatura de ebullición durante 90 minutos, luego se neutralizó con ácido acético al 1%, finalmente se blanquea el sustrato con peróxido de hidrogeno al 2%, los resultados muestran que las pancas de maíz son una fuente viable para la producción de diferentes artículos textiles y esta representa un avance significativo en la reducción del impacto ambiental del sector textil, contribuyendo en la economía circular.

Velásquez, (2024), en su investigación titulada “Influencia de la enzima pectinasa y temperatura en la finura de las fibras textiles obtenidas de musa paradisiaca” desarrollada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, con el objetivo de determinar la influencia de la enzima pectinasa y la temperatura en la finura de las fibras. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, nivel explicativo, aplicando diseño factorial 2^2 , en base a una muestra conformada por 12 muestras, los resultados muestran que la concentración de la enzima pectinasa y el nivel de temperatura influyen significativamente en la finura bajo un proceso de hidrolisis enzimática obteniendo un 109.34um con 10g/L de enzima a 65°C, pH 3.55 durante 120 minutos, concluyó que las características que tiene la fibra al final del tratamiento se clasifica como una fibra natural vegetal utilizable para productos textiles artesanales.

2.1.3. Antecedentes locales

Quilca, (2023), en su investigación titulada “Obtención de fibra textil, a base de totora (*Schoenoplectus californicus*), utilizando solución básica” desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano, con el objetivo de extraer fibras textiles de los tallos de “totora” mediante solución básica. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de diseño experimental, en base a una muestra conformada por tres ensayos, utilizando NaOH al 2% a 90°C durante 180 minutos, 5% a 90°C durante 90 minutos y 2% a 85°C durante 60 minutos; El primer ensayo obtuvo un porcentaje de elongación de 32.56% en seco, el segundo 16.0% y el tercero 9.38% de elongación, mientras que en húmedo estos valores son mayores 11.63%, 32.0% y 6.0% respectivamente, finalmente se concluyó que el resultado más favorable como fibra textil es el primer ensayo.

Taipe, (2024), en su investigación titulada “Determinar las propiedades textiles de la seda de araña a 3824 m.s.n.m. Juliaca 2023” desarrollada en la Universidad Nacional de Juliaca, con el objetivo de determinar las propiedades textiles de la seda de araña. Esta investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo a nivel experimental, en base a una población conformada por tres cementerios, con una muestra de 385 unidades muestrales, utilizando como técnica la observación directa e instrumento ficha de registro, los resultados obtenidos muestran un diámetro promedio de fibra de 23.38 μm , índice de confort de 77.95 %, factor picazón de 22.08 % y MDF no medulada de 12.85 μm . En cuanto a las propiedades mecánicas, las mejores se registraron con 10 hebras, alcanzando una resistencia de 1.85 N y una elongación de 23.10 %, las propiedades químicas, la absorción de humedad fue de 28.14 %; finalmente, concluyó que las propiedades textiles de la seda de araña, especialmente su finura, muestran una relación significativa con la calidad de fibras como la alpaca y la lana, ubicándose dentro de los límites establecidos por la NTP 231.301:2014. La seda de araña se clasificaría como alpaca fleece (fina), con una finura de 23.38 μm .

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Fibras textiles

Es un elemento flexible, similar a un cabello, que se caracteriza por tener un diámetro muy reducido en comparación con su longitud, las fibras constituyen una unidad básica para la elaboración de hilos y tejidos textiles, se presentan comercialmente en forma de filamentos continuos, discontinuos, cortos o largos (SUNAT, 2019).

Los tejidos se componen fundamentalmente de fibras, las cuales se clasifican en naturales, sintéticas y minerales, cada una con propiedades y cualidades específicas; una fibra puede definirse como un filamento flexible, similar a un cabello, cuya sección transversal es muy reducida en relación con su longitud. Por esta razón, las fibras son esenciales para la fabricación de hilos y tejidos. La fibra constituye el elemento básico de los materiales textiles, ya que de fibras con adecuada resistencia se obtienen telas duraderas, con buen porcentaje de elongación, además de la flexibilidad necesaria (Valencia, 2019).

2.2.2. Clasificación de fibras textiles

Las fibras textiles se clasifican, según su procedencia, en fibras naturales y fibras químicas. Las fibras naturales son aquellas que se obtienen directamente de la naturaleza y se presentan en forma de fibras aptas para su transformación en hilo; pueden ser de origen vegetal, como el algodón, lino, cáñamo y yute; de origen animal, como la lana, la seda y diversos pelos; de origen mineral, como el vidrio, el carbono o ciertos metales. Por su parte, las fibras químicas se producen a partir de polímeros mediante procesos industriales de naturaleza química y alto nivel tecnológico, distinguiéndose en fibras artificiales, derivadas de polímeros naturales como las proteínicas y las celulósicas (rayón viscoso, acetato y triacetato) y fibras sintéticas, obtenidas a partir de derivados del petróleo. Estas últimas pueden presentarse como filamentos continuos o fibras cortadas y destacan por su amplia capacidad de modificación en propiedades físicas y químicas, lo que permite mejorar características como resistencia, elasticidad, brillo, color y aislamiento térmico, siendo las más utilizadas el poliéster, la poliamida, las fibras acrílicas, el

elastano y las poliolefinas (Calvo, 2018).

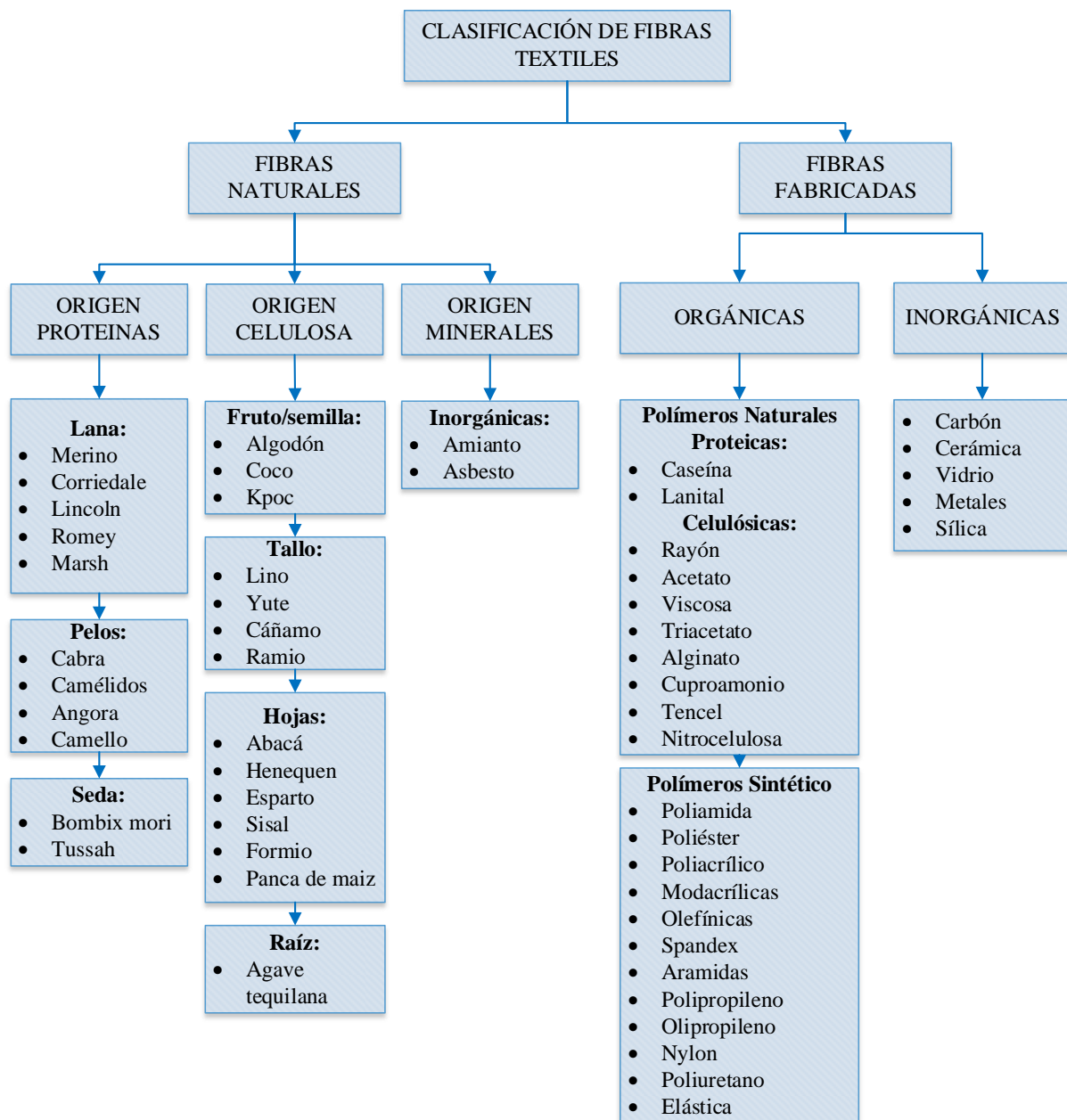


Figura 1: Clasificación de fibras textiles.

La figura 1 elaborado en base a (Flores, 2011). La identificación de las fibras textiles puede realizarse mediante pruebas técnicas, como los análisis microscópicos y químicos, pruebas no técnicas, como las de sensación al tacto y de quemado, siendo las primeras más confiables por su mayor precisión. La producción de fibras textiles varía según su origen, ya sea natural o sintético o ambas presentan propiedades específicas que las hacen adecuadas para distintas aplicaciones textiles. Asimismo, el cuidado adecuado de las fibras y de los productos textiles es fundamental para prolongar su vida útil y conservar sus características estéticas y funcionales, considerando que las instrucciones de mantenimiento dependen del tipo de fibra y

del producto final (Meenakshi, 2024).

2.2.3. Fibras textiles de origen celulosa

Una fibra textil es un material con una forma alargada y una pequeña sección transversal y que está compuesta por largas cadenas moleculares que poseen una estructura y orientación específicas, lo que influye en sus propiedades físicas y químicas, la secuencia química de fibra de origen vegetal están compuestas por capas de celulosa en forma de microfibrilla los cuales se distribuyen en cadenas y espirales; para que una fibra sea apta para su uso textil, debe ser flexible, elástica y resistente; si no se cumple con estas características no se considera fibra textil, por ello la fibra se considera unidad básica en la creación de fibras textiles (Lockuan, 2013).

2.2.4. Extracción de fibras celulósicas por medio alcalino

La fibra celulósica puede extraerse de diversas fuentes vegetales donde el nivel de celulosa es determinante para determinar el método de extracción; el método alcalino, que usa principalmente NaOH, el cual permite separar la hemicelulosa y la lignina sin afectar significativamente otros componentes; la calidad final de la celulosa depende tanto del tipo de material de origen, como del método de extracción y sus condiciones de temperatura y tiempo (Cabascango et al., 2021).

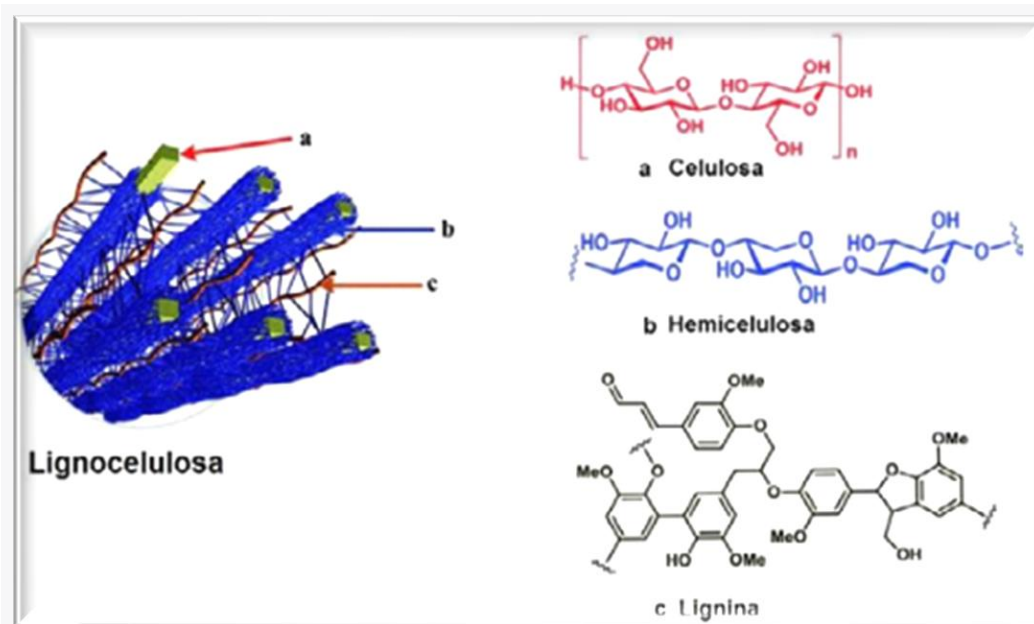


Figura 2: Determinación química de las fibras celulósicas según (Tamani et al., 2025).

Existen diferentes métodos de extracción de celulosa que emplean productos químicos específicos; normalmente con hidróxido de sodio, se utiliza una inmersión en dos baños: uno para impregnación de 10-20 minutos y otro para deslignificación de 10-30 minutos, con concentraciones de 25, 31 o 50 g/L. La extracción con sulfito de sodio requiere soluciones al 15, 30 o 50% sobre peso seco, un pH entre 9 y 12 y tiempos de inmersión de 60 a 240 minutos y finalmente, la extracción con peróxido de hidrógeno en ácido acético se realiza con concentraciones de 24, 37.5 o 50% y tiempos similares de inmersión para la deslignificación (Moreno & Neusa, 2021).

Tratamiento alcalino: Para obtener celulosa de hojas de maíz secas, estas se tratan dos veces con una solución al 4% p/v de NaOH, manteniendo una proporción sólido-líquido de 1/25, a 80 °C y 500 rpm durante 4 horas; después de cada tratamiento, la mezcla se filtra y lava con agua desionizada hasta neutralizar el pH, luego de la segunda etapa, se calculó el contenido de sólidos y se seca la muestra a 45 °C por 12 horas (Mayta et al., 2023).

Blanqueo: Se usa clorito de sodio (NaClO₂) al 1.7% p/v, ajustando el pH de la solución a 3.8 con ácido acético, a esta solución se sumerge la fibra y se lleva a ebullición durante 1 hora y la

pulpa se enfría, lava, y neutraliza a pH 7 para después secarse durante 12 horas (Mayta et al., 2023). También se puede usar peróxido de sodio y peróxido de hidrogeno como agente blanqueador de la celulosa

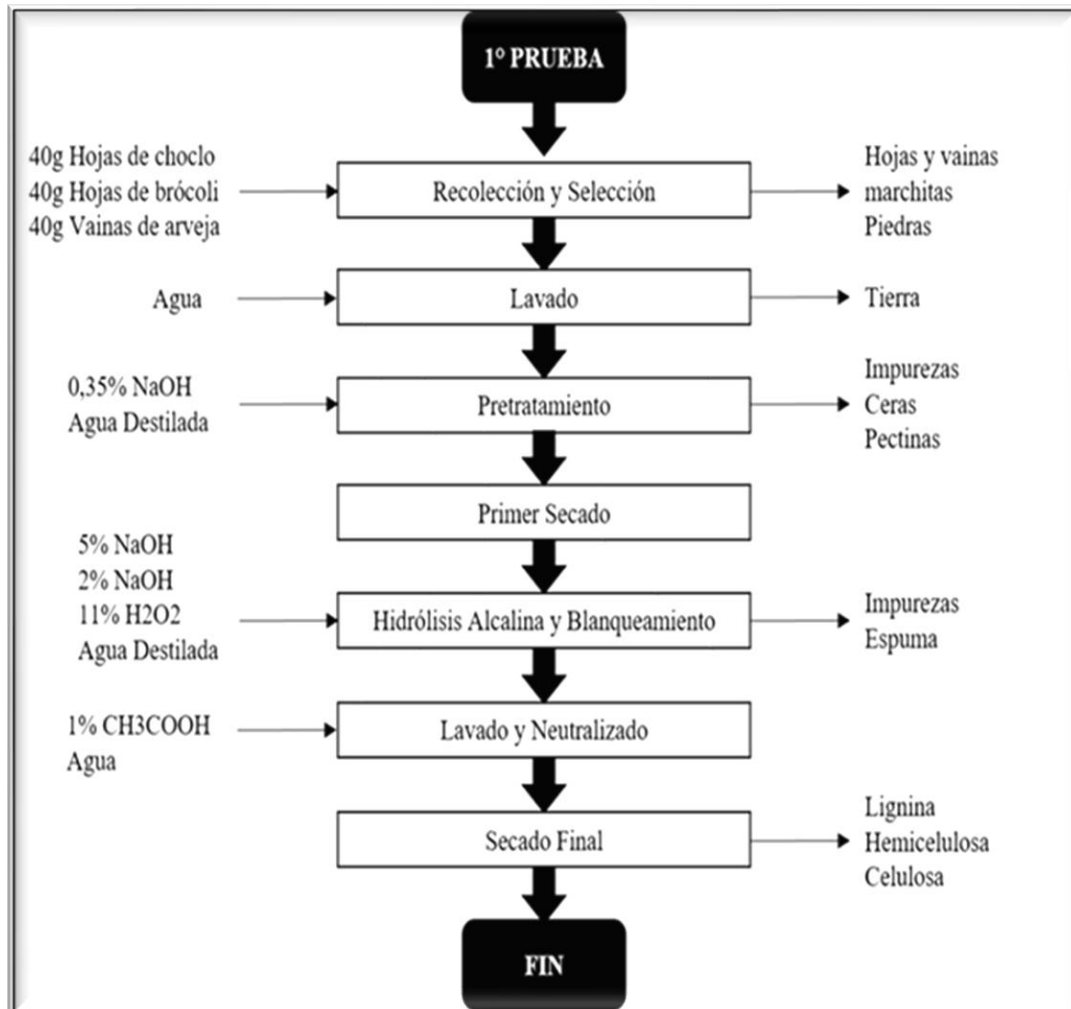


Figura 3: Diagrama de bloques para obtención de fibras celulósicas según (Matute & Plaza, 2023).

2.2.5. La producción del maíz en el Perú

El maíz se cultiva en una amplia variedad de ambientes agroecológicos en el Perú, desde el nivel del mar hasta más de 3800 msnm; A nivel mundial, los principales productores son EE. UU., China y Brasil. Más del 60% del maíz producido en el mundo es amarillo, destinado principalmente a alimentos balanceados para animales, mientras que más del 90% del maíz blanco se produce en países en vías de desarrollo y es destinado mayormente al consumo humano directo. El maíz tiene gran relevancia mundial no solo por su producción y su papel en

la alimentación humana y animal, sino también por los diversos productos industriales y alimenticios que se derivan de toda la planta, con aplicaciones en industrias como la farmacéutica, química, automotriz y textil; en el Perú, el maíz se cultiva en la costa, sierra y selva; el 56% de la superficie sembrada es de maíz amarillo duro, predominante en la costa y selva, mientras que el maíz amiláceo se cultiva principalmente en los Andes, aunque también crece en todas las regiones (M. P. J. García, 2017).

Tabla 1: Clasificación taxonómica del maíz.

Reino:	Vegetal	Familia:	Poaceae
Subreino:	Embrionta	Genero:	Zea
División:	Angiopermae	Especie:	Mays
Clase:	Monocotyledoneae	N. científico:	Zea mays
Orden.	Poales		

Fuente: Extraído de (Guacho, 2014).

2.2.6. Propiedades químicas de pancas de maíz

La fibra de la panca de maíz es multicelular y contiene una gran cantidad de células individuales como; celulosa, hemicelulosa y lignina que se mantienen unidas por sustancias aglutinantes (Yasmin et al., 2024).

Tabla 2: Composición química de panca de maíz.

Componente	Yasmin et al.	Hasdiana
Celulosa (%)	45.13	42.31 ± 0.7
Hemicelulosa (%)	31.15	34.57 ± 0.91
Lignina (%)	14.32	12.58 ± 0.2
Materias grasas y cerosas (%)	2.20	
Materias pectínicas (%)	3.65	
Cenizas (%)	2.50	4.16 ± 0.26
Otros (%)	1.05	40.95

Fuente: Elaborado en base a (Yasmin et al., 2024) y (Hasdiana, 2018).

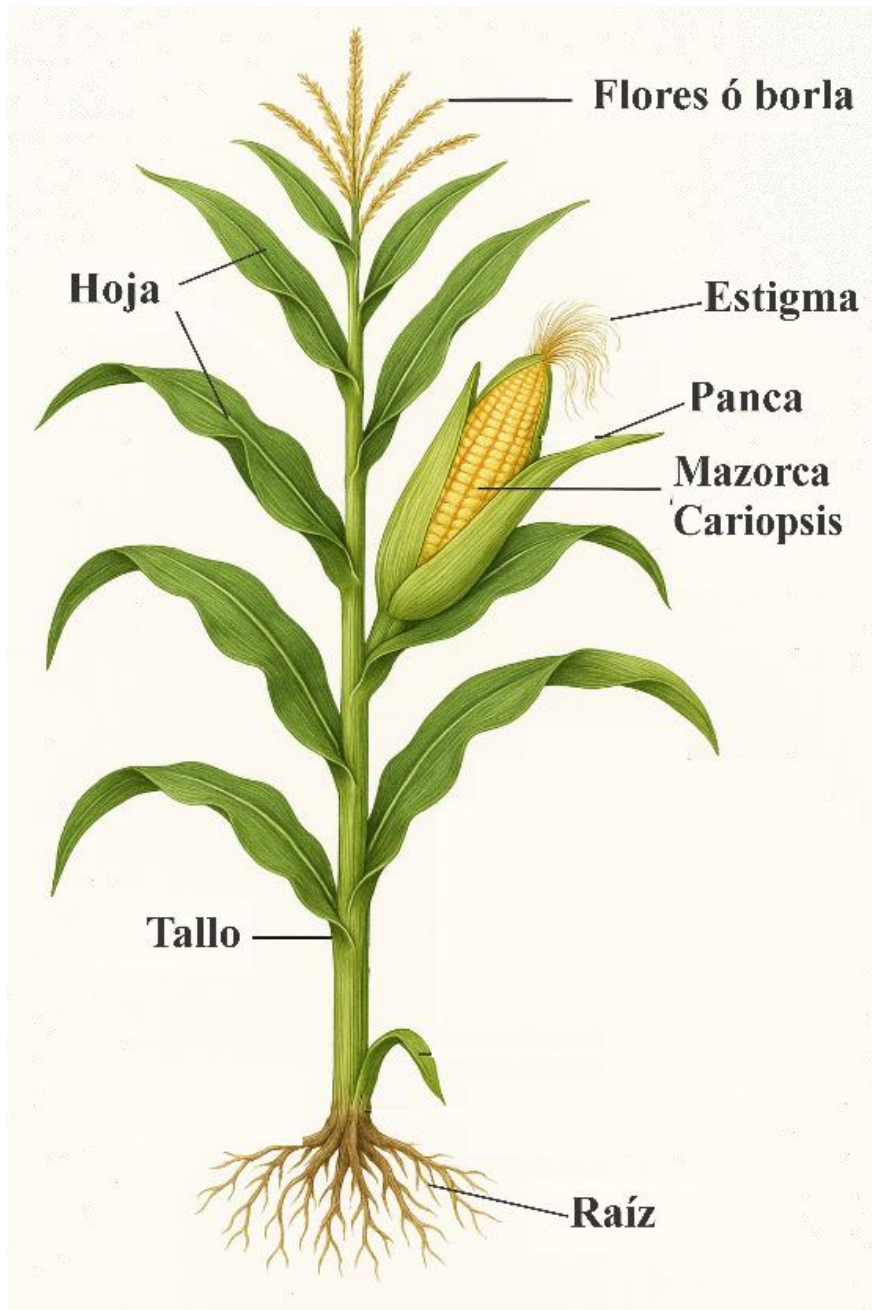


Figura 4: *Partes de una planta de maíz.*

2.2.7. Propiedades físicas y mecánicas de fibras textiles

La estructura de las fibras ayuda a entender mejor las propiedades mecánicas de los textiles; para analizar el comportamiento estructural se deben hacer pruebas mecánicas, como ensayos de resistencia a la tracción y elongación de una fibra textil determinado, las fibras textiles pueden estar expuestas a fuerzas de tracción axial, compresión, flexión, torsión y fricción, para ello se realiza la prueba de resistencia a la tracción (Limpe, 2018)

2.2.8. Propiedades mecánicas

a) Resistencia a la tracción

Es el comportamiento de la fibra sometido a un esfuerzo de tensión axial, la fuerza de tracción aplicada en dirección axial en la probeta del dinamómetro se expresa en gramos/fuerza (g/f) o centinewtons (cN). La tenacidad de una fibra está relacionada con su grosor, por lo que no es posible comparar de manera objetiva las resistencias de fibras con diferentes finuras. Para esto, se realizan pruebas de tenacidad; también conocidas como carga específica de rotura, que mide la carga soportada por unidad de grosor de la fibra, expresada en cN/tex (Limpe, 2018).

$$\text{Resistencia a la tracción} \left(\frac{\text{cN}}{\text{Tex}} \right) = \frac{\text{Fuerza Máxima de rotura (N)}}{\text{Título del hilo (tex)}} * 100$$

El ensayo de tracción consiste en aplicar a una probeta normalizada esfuerzos de esfuerzo progresivos y crecientes en la dirección de su eje hasta alcanzar su punto de deformación y ruptura, para calcular el esfuerzo máximo que la sonda puede soportar bajo tracción, se utiliza la siguiente ecuación, $ET=F/A$ donde; ET es esfuerzo de tracción, F es la fuerza y A es área (Armas et al., 2016)

b) Porcentaje de elongación

Es la deformación unitaria de la sección resistente de la fibra, es decir la variación de la longitud de la fibra antes de someter al esfuerzo y después, expresadas en unidades de longitud o porcentaje sobre la longitud inicial (Armas et al., 2016).

Es el cambio en longitud de un hilo debido a la aplicación de una carga y se mide en unidades de longitud, como milímetros o pulgadas, representa el incremento en la longitud del hilo respecto a su tamaño inicial y puede expresarse como un alargamiento relativo o porcentual, el cual se observa al aplicar la carga de rotura sobre la muestra (Lockuan, 2012).

$$\text{Elongacion (\%)} = \frac{\text{Alargamiento}}{\text{Longitud inicial}} * 100$$

c) Tiempo de Rotura a la Tracción

El tiempo de rotura es el periodo que transcurre desde el inicio del ensayo de tracción hasta el momento en que ocurre la ruptura del material; su valor se relaciona de manera inversa con el incremento de la carga aplicada o con el alargamiento del espécimen (Lockuan, 2012). Constituye un parámetro de apoyo relevante para la interpretación de los resultados de resistencia y elongación del hilado. En este sentido, la resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación son los indicadores principales que permiten evaluar la capacidad del hilado para soportar esfuerzos y deformarse antes de romperse; sin embargo, el tiempo de rotura complementa este análisis al reflejar la respuesta temporal del material frente a la carga aplicada, a mayor tiempo de rotura mayor capacidad de absorción de energía y una estructura más flexible o tenaz, mientras que un menor tiempo indica una respuesta más rígida o frágil, explicando la homogeneidad estructural del hilado, la calidad del entrelazado de fibras o la influencia de los tratamientos químicos en su desempeño bajo esfuerzo y se expresa en unidad de segundos (seg).

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. Normas técnicas ASTM (American Society for Testing and Materials)

Las normas ASTM son estándares internacionales que establecen métodos de prueba, especificaciones y guías técnicas para evaluar la calidad, desempeño y seguridad de materiales y productos. En el sector textil, estas normas establecen estándares de procedimientos para medir propiedades físicas, mecánicas, químicas y de combustión de fibras, hilos, telas y productos finales, garantizando la comparabilidad de resultados en investigaciones y la confiabilidad en la industria.

La norma ASTM D76 establece los requisitos técnicos de los dinamómetros basados en CRE (Constant Rate of Extension) en los ensayos de tracción textil de hilos, garantizando que los resultados obtenidos sean confiables y comparables, exige que los equipos tengan una precisión mínima de $\pm 1\%$ de la velocidad aplicada, la calibración debe realizarse sin colocar la muestra

en el equipo, medir la distancia entre las mordazas con una separación de 500 mm o 20 in, la deflexión de la mordaza no debe exceder 0.13 mm y el equipo debe detenerse y registrar la fuerza (N), elongación (%) y tiempo (seg) exactamente después de que se produzca el quiebre de la muestra.

La norma ASTM D2256 establece el procedimiento para medir la resistencia y elongación de hilos mediante el método de cabo simple, en el cual un único filamento o hebra se somete a carga progresiva hasta la rotura, colocar la muestra en la mordaza y aplicar pre tensión de $0.5 \pm 1\%$ cN/tex para eliminar holgura; los indicadores son la fuerza máxima de rotura expresada en (cN/tex o gf/denier), el porcentaje de elongación al romperse y el tiempo máximo que soporta el hilo, la condición 2 de esta norma nos permite aplicar la prueba con muestra húmedas no inmersas, para ello se debe sumergir la muestra en agua destilada durante 2 minutos y aplicar la prueba dentro de los 60 segundos después de retirar la muestra del agua.

La norma ASTM D3822 describe el método para evaluar las propiedades de tracción de materiales textiles, diferenciándose de D2256, que analiza hilos completos, el procedimiento consiste en montar un hilo de dos o más hebras en el dinamómetro y aplicar una carga hasta su rotura, determinando parámetros como la fuerza de rotura expresada en Newtons (N), resistencia a la tracción o tenacidad (cN/tex) como una relación entre la fuerza máxima aplicada y la densidad lineal del hilo, el porcentaje de elongación (%) como una diferencia entre la longitud inicial y la longitud final hasta la rotura y el tiempo máximo de rotura en función a la densidad lineal del hilo; la norma establece aplicar esta norma con muestras húmedas sin inmersión y realizar la prueba dentro de los dos minutos de haber retirado la muestra del agua.

2.3.2. Normas técnicas peruanas NTP - ISO

La norma NTP:2947 - ISO:2005 establece una tabla general de conversión destinada a reemplazar los números tradicionales de hilados (como el sistema inglés Ne, el métrico Nm o el denier) por valores redondeados equivalentes en el sistema Tex, que es el recomendado por

la ISO para la denominación internacional de títulos de hilos. El sistema Tex define el título del hilo como el peso en gramos de 1000 metros de hilo, la norma facilita la conversión estandarizada promoviendo la unificación de criterios en la industria textil internacional, mejorando la precisión en la comunicación técnica y comercial.

Tabla 3: *Tabla de equivalencias de sistemas de medición de densidad lineal.*

Sistema	Tipo	Definición	Ejemplo	Relación con Tex
Tex	Directo	Gramos en 1,000 metros de hilo	20 tex=20 g/1,000m	Base de referencia
decitex (dTex)	Directo	Gramos en 10,000 metros de hilo	100dTex=10tex	1tex=10dTex
Denier (D)	Directo	Gramos en 9,000 metros de hilo	150 D=16,7tex	1tex=9D
g/km	Directo	Gramos por 1 kilómetro de hilo	1tex=1g/km	Equivalente a Tex
Número métrico (Nm)	Indirecto	Longitud en metros por 1 g de hilo	Nm 20=20 m/g=50tex	Tex=1000/Nm
Número inglés (Ne)	Indirecto	Cantidad de madejas de 840 yd/lb	Ne 30=19,7tex	Tex=590,5/Ne
Número lana (Nw)	Indirecto	Hanks de 560 yd/lb	Nw40=26,2tex	Tex=496/Nw
Número lino (Nl)	Indirecto	Hanks de 300 yd/lb	Nl50=39,3tex	Tex=196,9/Nl

Fuente: Elaborado en base a la norma técnica NTP – 2947.

NTP:2 - ISO:2005 establece la forma estandarizada de identificar el sentido de torsión aplicado a los hilos y productos similares. Define dos tipos de torsión: “Z”, cuando la inclinación de las fibras corresponde al trazo central de la letra Z (hacia la derecha) y “S” cuando corresponde al trazo de la letra S (hacia la izquierda). Esta designación es fundamental para distinguir la

dirección del retorcido en hilos, evitando confusiones y errores técnicas en procesos de hilatura, tejeduría y acabados.

NTP:2061 - ISO:2005 describe el método de conteo directo para determinar la torsión de los hilos, expresada en vueltas por metro (v/m) o por 10 cm, el procedimiento consiste en fijar un tramo de hilo bajo tensión estándar, desenrollar las torsiones hasta que las fibras queden paralelas y luego contar el número de vueltas aplicadas; este método permite medir con precisión la torsión en hilos sencillos o retorcidos, generando datos clave sobre su resistencia, elasticidad y apariencia.

NTP:2062 - ISO:2005 esta norma describe el procedimiento para medir la fuerza de rotura (cN/tex) y el alargamiento en la rotura (%) de hilos simples bajo condiciones controladas, el método consiste en aplicar una carga progresiva hasta la ruptura, registrando la máxima fuerza soportada y la elongación correspondiente.

Tabla 4: *Propiedades mecánicas para algunas fibras textiles.*

Origen	Fibra	Resistencia a la tracción (cN/tex)	Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura (s)
Proteico	Alpaca	10 - 15	25 - 40	20 ± 3
	Ovino	12 - 18	25 - 35	20 ± 3
	Cabra	12 - 16	25 - 35	20 ± 3
Celulósico	Algodón	20 - 40	5 - 10	-
	Coco	10 - 15	15 - 30	-
	Lino	45 - 60	2 - 3	-
	Yute	25 - 35	1.5 - 3	-
Sintéticas	Rayón	18 - 30	15 - 25	-
	Acetato	10 - 14	25 - 40	-
	Poliéster	35 - 55	15 - 35	-
	Acrílico	22 - 32	25 - 45	-
	Spandex	5 - 12	500 - 700	-

	Nylon	35 - 65	20 - 40	-
Mineral	Asbesto	20 - 40	2 - 3	-

Fuente: Elaborado en base a la NTP:2062.

NTP:1144 - ISO:2006 establece el uso del sistema Tex como unidad estándar internacional para expresar la masa lineal de hilos y fibras. El Tex se calcula como el peso en gramos de 1.000 metros de hilo.

Tabla 5: *Unidades de equivalencias del sistema tex según ISO 1144.*

Nombre de unidad	Símbolo	Expresa	Equivale a	Uso
Millitex	mtex	mg/1000m - g/100000m	0.001 tex	Fibras
Decitex	dtex	dg/1000m - g/10000m	0.1 tex	Fibras
Tex	tex	g/1000m - g/1000m	1 tex	Hilados
Kilotex	ktex	kg/1000m - g/m	1,000 tex	Hilados

Fuente: Elaborado en base a (Lockuan, 2012) e (ISO 1144).

2.4. MARCO CONCEPTUAL

Biotextil: Se refiere a un material textil elaborado total o parcialmente a partir de recursos biológicos renovables, como fibras naturales o biopolímeros, diseñado para ofrecer funcionalidad, sostenibilidad y biodegradabilidad, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y al aprovechamiento eficiente de la biomasa en su ciclo de vida.

Celulosa: La celulosa es un polisacárido natural formado por largas cadenas de glucosa, que constituye la base estructural de las paredes celulares de las plantas, es abundante en materiales como madera y algodón, es resistente, insoluble en agua y biodegradable, lo que la hace ideal para fabricar papel, textiles y otros productos.

Finura: Es la medida de la sección transversal de las fibras, y esta puede variar de 12 a 130 micras aproximadamente (Calvo, 2018).

Hemicelulosa: Es un grupo de polisacáridos heterogéneos (cadenas de azúcares) que actúan como material de unión en la pared celular. Su función principal es conectar de forma flexible

las rígidas fibras de celulosa entre sí y a su vez, unir las a la lignina.

Hidrolisis: La hidrólisis alcalina es una reacción química en la que una sustancia se descompone por acción del agua en presencia de una base fuerte, como el NaOH, rompiendo enlaces éster, éter o glucosídicos y liberando componentes más simples.

Hidróxido de sodio: Llamado también sosa cáustica (NaOH), es una base fuerte y alcalina, en forma de escamas o gránulos blancos, muy soluble en agua y de naturaleza corrosiva, es usada en industrias como la fabricación de papel, textiles, jabones, el tratamiento de aguas y como agente de limpieza.

Hilado: La hilatura por torsión manual es un procedimiento de carácter mecánico que permite transformar fibras textiles en hilos mediante la aplicación de torsión controlada; en este proceso, las fibras se someten a un estiramiento progresivo y posterior retorcimiento, generando hilos con cohesión, firmeza y resistencia (Tamani et al., 2025).

Lignina: Es un polímero orgánico complejo de naturaleza aromática que se encuentra en la pared celular de las plantas, cuya función principal es proporcionar rigidez e impermeabilidad a los tejidos vegetales, actuando como matriz que une las fibras de celulosa y hemicelulosa confiriendo rigidez y resistencia.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

La ejecución de este trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones denominado, “laboratorios de transformación de fibras animales” que se encuentra ubicadas dentro de las coordenadas geográficas 15°24'43.7"S 70°05'42.6"W a 3826 m.s.n.m. Campus Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), centro poblado de Santa María de Ayabacas, distrito de San Miguel, provincia de San Román, departamento de Puno, Perú.

Dentro del mismo ámbito geográfico 15°29'19.5"S 70°09'05.0"W se usaron también los laboratorios de biología del pabellón de laboratorios generales de la sede académica de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), ubicada en la urbanización la capilla, distrito de Juliaca, Provincia de San Román, departamento de Puno – Perú.

Se tomaron como muestra los residuos orgánicos agrícolas del mercado dominical de la ciudad de Juliaca, específicamente pancas de maíz, el cual es el objeto de estudio, estas muestras son provenientes en un 80% de la región cusco y el 15% de la región Arequipa y el 5% de otras regiones.

3.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

3.2.1. Tipo de investigación

Según su finalidad la investigación es aplicada, porque esta investigación busca solucionar un problema práctico; según Ávila et al., (2019) la investigación aplicada es una conexión entre el conocimiento científico y su aplicación en la práctica ya que, utiliza teorías y leyes comprobadas, los cuales son utilizadas en la resolución de problemas y planteamiento de alternativas frente a una problemática.

Según su enfoque la investigación es cuantitativa, porque de una forma estructurada recopila y analiza datos numéricos con diferentes herramientas estadísticas, informáticas y matemáticas para obtener resultados Cortez & Neill, (2018). El propósito de esta investigación es cuantificar las variables y encontrar interacciones y efectos entre ellas para llegar a una conclusión empírica realista.

Según su alcance la investigación es explicativa, porque va más allá de lo descriptivo, están dirigidos a entender las causas de los fenómenos físicos o sociales, se centra en responder por qué se relacionan dos o más variables de manera estructurada Hernández et al., (2014). Esta investigación busca entender las causas del fenómeno que ocurre en contextos distintos y explicar los efectos entre las variables.

3.2.2. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es experimental porque se organizan de manera intencional la manipulación de una o más variables independientes, con la finalidad de observar los efectos en las variables dependientes donde la variación es medible en el grupo experimental y deben ser analizados mediante métodos estadísticos que lleven a conclusiones objetivas Guija & Guija, (2019), esta investigación es experimental porque se pretende manipular deliberadamente la variable independiente con el objetivo de encontrar efectos en la variable dependiente.

Los diseños preexperimentales se caracterizan por su grado de control mínimo y tener un solo grupo de control, a este grupo se le aplica un tratamiento piloto y luego se le hace un tratamiento experimental a la variable independiente y finalmente se hacen las pruebas correspondientes a la variable de respuesta (S. Hernández et al., 2014). El diagrama a utilizar en la investigación es la siguiente:

$$G \rightarrow X \rightarrow O$$

Donde: (G) Grupo experimental, (X) Tratamiento, (O) Observación o medición.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Población

Según Ávila et al., (2019) La población es un conjunto de casos u objetos que comparten las mismas características, que el investigador define para generalizar con una hipótesis a toda la población, corresponde al investigador determinar sus límites y características. Para esta investigación se considera como población la cantidad de muestras de panca de maíz, extraídas de choclos frescos, los cuales tienen procedencia de la región Cusco 70%, Arequipa 25% y otros 5%, las muestras de panca de maíz fueron tomadas las de procedencia de la región Cusco, por considerarse más representativas del para esta investigación.

3.3.2. Muestra

Según Bernal, (2016) la muestra es una parte representativa de la población del cual, se obtienen información a través de mediciones y observaciones de las variables para el desarrollo de la investigación. Para diseños experimentales factoriales, determinar la cantidad de factores y replicas es muy importante, para detectar efectos pequeños es necesaria hacer más replicas que cuando se quiere detectar efectos grandes (Montgomery, 2004). Para esta investigación se desarrolla el muestreo no probabilístico por que la muestra se selecciona de manera intencional, basándose únicamente en el conocimiento y criterios que resulten convenientes para el investigador.

En las investigaciones experimentales se usan diseños factoriales porque son más eficientes y éstas incluyen varios factores, los diseños factoriales 2^k , se refiere a k factores, cada uno con 2 niveles cuantitativos o cualitativos Melo et al., (2020); para esta investigación se usó el diseño factorial 2^4 por que el presente trabajo tiene 4 factores A, B, C y D con 2 niveles cada una, haciendo un total de 16 combinaciones y se realizaron 2 réplicas, en consecuencia el tamaño de muestra es 32 unidades muestrales.

Tabla 6: *Modelo algebraico para efectos de diseño factorial 2⁴.*

Tratamiento	Interacción	Factor (A)	Factor (B)	Factor (C)	Factor (D)
1	(1)	-	-	-	-
2	a	+	-	-	-
3	b	-	+	-	-
4	ab	+	+	-	-
5	c	-	-	+	-
6	ac	+	-	+	-
7	bc	-	+	+	-
8	abc	+	+	+	-
9	d	-	-	-	+
10	ad	+	-	-	+
11	bd	-	+	-	+
12	abd	+	+	-	+
13	cd	-	-	+	+
14	acd	+	-	+	+
15	bcd	-	+	+	+
16	abcd	+	+	+	+

Fuente: Elaborado en base a (Montgomery, 2004) y (Melo et al., 2020).

Tabla 7: *Factores de entrada y asignación a de niveles.*

Factores	Bajo (-)	Alto (+)
A: Hidróxido de sodio	4 g/L	7 g/L
B: Ácido acético	1 g/L	3 g/L
C: Temperatura	60 °C	90 °C
D: Tiempo	60 min	120 min

Fuente: Elaborado en base a los antecedentes, pruebas piloto, marco teórico y criterio del investigador.

3.4. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

3.4.1. Equipos

- Estufa digitronic (2)
- Balanza electrónica (2)
- Cocina eléctrica (2)
- Agitadores magnéticos (4)
- Autoclave (1)
- pH metro (2)
- Termómetro digital (2)
- Hiladora manual
- Dinamómetro de hilos JBA Mod.848
- Cronómetro
- Fiber EC
- Microscopio
- Modulómetro
- Estereoscopio
- Cámara fotográfica

3.4.2. Reactivos y/o insumos

- Hidróxido de sodio (NaOH) al 99.8 %
- Ácido acético glacial (CH₃COOH) al 99.85%
- Peróxido de hidrogeno (H₂O₂) al 3%
- Humectante RESAWET
- Agua destilada
- Muestras de panca de maíz.

3.4.3. Materiales

- Luna de reloj (4)
- Matraz de 1Lt (2)
- Vaso precipitado de 600ml (8)
- Vaso precipitado de 250ml (2)
- Vaso precipitado de 100ml (2)
- Probeta de 100ml con nivel de precisión clase "A" (2)
- Probeta de 25ml "A" (2)
- Mallas de asbesto (4)
- Pinza (1)
- Bagueta (4)
- Espátula (1)
- Recipiente de polietileno (4)
- Bureta (1)
- Pisceta "A" (2)
- Regla metálica (1)
- Placa petri (1)

3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.5.1. Proceso de extracción de fibras textiles de panca de maíz

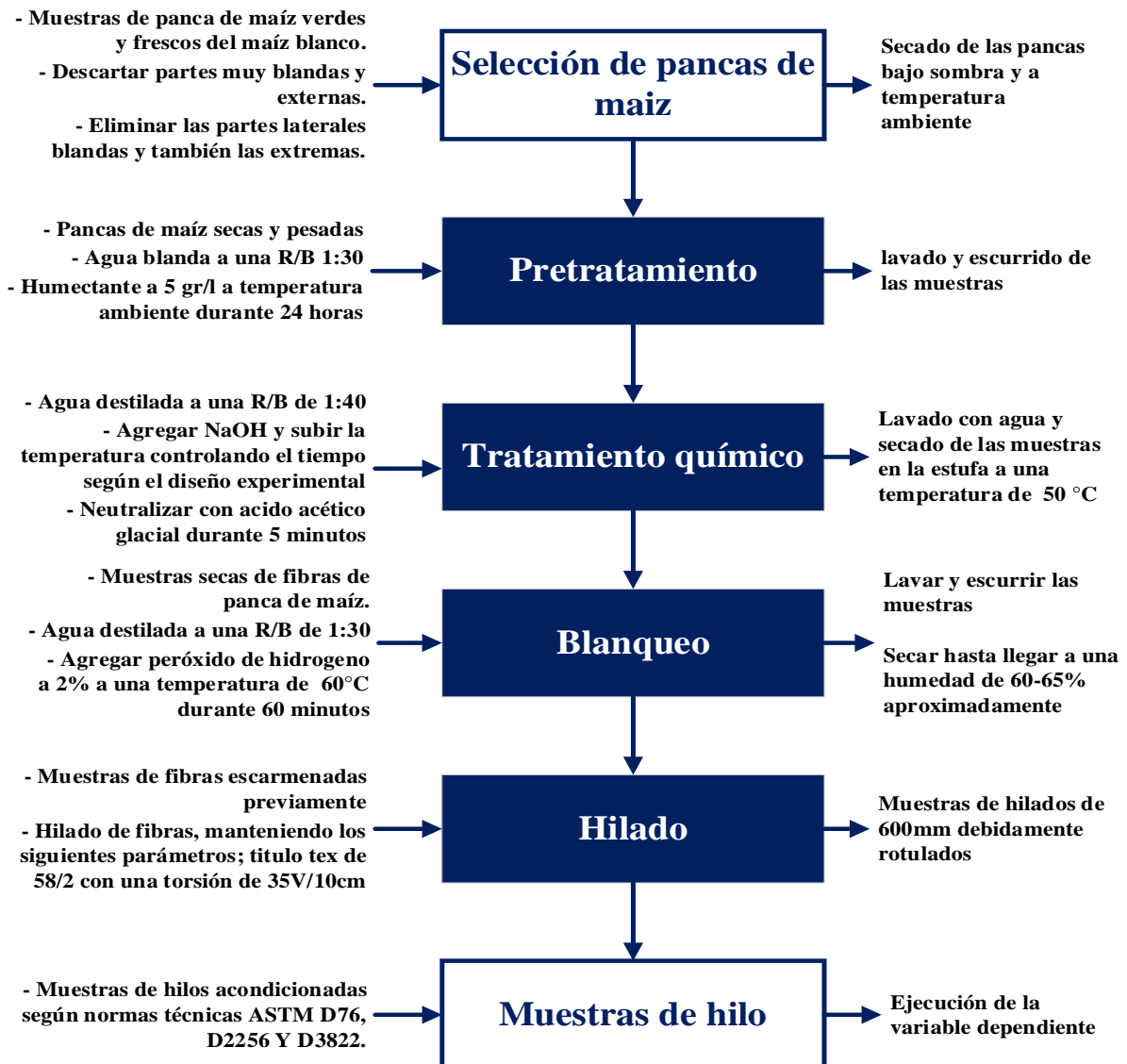


Figura 5: Diagrama de bloques del procedimiento experimental.

3.5.2. Selección de pancas de maíz

Las muestras de pancas de maíz o llamados también “brácteas de maíz” frescos obtenidos del mercado dominical de la ciudad de Juliaca, se descartaron las partes internas que son muy blandas y las partes externas más robustas, asimismo eliminar las partes más extremas de las pancas considerando aproximadamente un centímetro, desde los extremos, para mantener la longitud de las fibras, secar las muestras bajo sombra y a temperatura ambiente.

3.5.3. Pretratamiento

Se pesaron las muestras secas cuidadosamente y con la máxima precisión que tiene la balanza electrónica, con este dato calcularon el volumen del agua a una relación de baño de 1:30 y se agregó humectante a 5 g/L, removiendo la solución con un agitador magnético, remojando las muestras durante 24 horas antes del tratamiento químico, luego se lavaron y se escurrieron las muestras cuidadosamente.

3.5.4. Tratamiento químico

Antes del tratamiento químico de las muestras de pancas de maíz, se cuantificaron las cantidades de insumos químicos a utilizar en el proceso, siendo como dato principal el peso inicial de las muestras en el pretratamiento, luego se siguió el procedimiento mostrado en la siguiente figura.

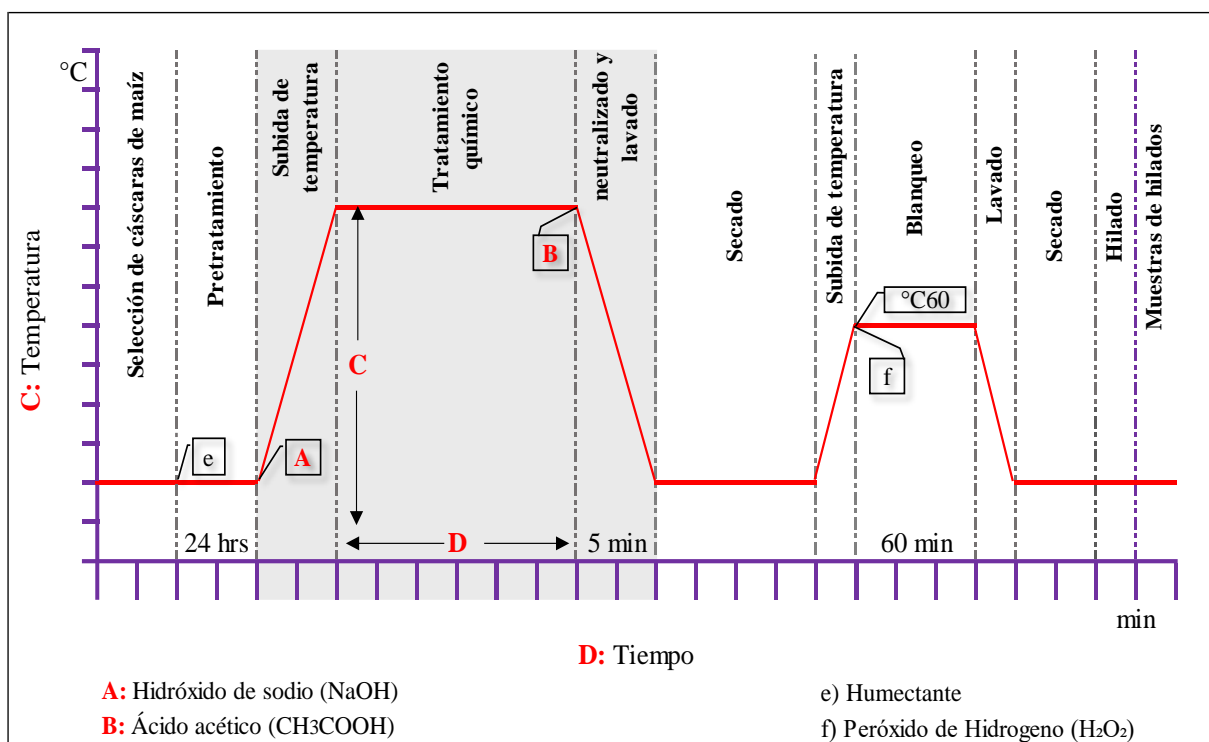


Figura 6: Curva de tratamiento químico de las fibras de panca de maíz.

Siguiendo la figura 6, en un vaso de precipitado de 250 ml se agregó agua destilada según el volumen requerido para cada muestra, luego se agregó hidróxido de sodio (NaOH), utilizando el agitador magnético, se subió la temperatura controlando el tiempo según el diseño

experimental, durante el proceso se mantuvo la temperatura cuidadosamente y removió cada 5 minutos con una bagueta para mantener la uniformidad de la temperatura y uniformidad de la solución, finalizando el tiempo se neutralizó con una solución de ácido acético glacial (CH₃COOH) en agua tibia durante 5 minutos según la curva de tratamiento; finalmente, lavamos eliminando los restos de materia sólida inestables que aún quedaron entre las fibras y se secaron las muestras en una estufa a una temperatura menor a 50 °C para que la temperatura no tenga efectos sobre las propiedades mecánicas de las fibras.

3.5.5. Blanqueo

Para el proceso de blanqueo fue necesario calcular previamente el peso de las muestras, el volumen de peróxido de hidrógeno y el agua dependen del peso, para ello se prepara agua destilada a una relación de baño de 1:30 y se agrega peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a 2% y temperatura de 60°C durante 60 minutos removiendo las muestras cada 5 minutos para asegurar la uniformidad del blanqueo de las fibras, finalmente se lavaron y secaron las fibras, listas para el siguiente proceso.

3.5.6. Proceso de hilado

Las muestras de fibras acondicionadas a una humedad relativa de 65% aproximadamente y escarmenadas previamente se hilaron con una hiladora manual eléctrica, manteniendo los siguientes parámetros; título tex de 58/2 con una torsión de 3.5 v/cm y una longitud 0.6 metros, el hilado consiste en tres procesos principales escarmenado, torsión y retorcido, el primero consiste en acondicionar y paralelizar las fibras, el segundo paso consiste en darle la primera torsión a las fibras, las fibras deben combinarse de tal manera que los extremos de las fibras no coincidan en un mismo punto para asegurar la continuidad del hilado y tener mucho cuidado al momento de mantener la misma torsión a lo largo del hilo y en todas las muestras, el tercer paso consiste en juntar dos cabos con una torsión que uniforme en el sentido S, finalmente se obtienen muestras hiladas y se rotulan como se observa en el anexo 1.



Figura 7. Diagrama de bloques para el proceso de hilado.

3.5.7. Ensayos de dinamometría

El dinamómetro es un equipo utilizado para medir la resistencia a tracción, elongación de una muestra de hilo, aplicando fuerzas externas y definidas, su funcionamiento se basa en la ley de elasticidad de los materiales de “Hooke”, utilizando un muelle o resorte calibrado que permite calcular el peso de un cuerpo o medir una fuerza específica aplicada a un material; las mediciones en un dinamómetro se expresan en unidades de fuerza, denominadas Newtons (N); un Newton es la fuerza necesaria para aplicar aceleración a un material de 1 kg a 1 metro por segundo al cuadrado (Ticona & Humpiri, 2020). Se debe seguir el siguiente procedimiento.

- Identificación del dinamómetro según ASTM D76.
- Calibración del dinamómetro distancia entre mordazas y posición inicial.
- Encender y resetear el dinamómetro en cero.
- Cortar muestras de 550 mm.
- Pesar y medir las muestras debidamente rotuladas.
- Remojar las muestras durante 2 minutos.
- Colocar y ajustar las muestras en la mordaza superior.
- Aplicar pre tensión de ser necesario, para eliminar holguras.
- Colocar y ajustar la muestra en la mordaza móvil inferior.
- Iniciar el dinamómetro, hasta que ocurra la rotura y dentro de los 120 segundos.
- Registrar los datos en la ficha de laboratorio.
- Retirar los restos de la muestra.

Muestras de hilados se acondicionan y se calibran según normas técnicas ASTM D76, D2256 Y D3822, luego se hacen ensayos con tres tipo de hilados para conocer la confiabilidad del equipo y asegurarse de que mide lo que tiene que medir en cualquier muestra, lugar y tiempo; para iniciar con el proceso se debe tener el peso y longitud de las muestras de hilado en seco para calcular la titulación de los hilados, ya que estos datos son imprescindible para calcular la resistencia a la tracción del hilo y el porcentaje de elongación, los ensayos se repiten para cada muestra y replica de la misma forma, anotar y registrar la fuerza máxima de tracción en Newtons, el porcentaje de elongación y el tiempo de rotura a la tracción.

3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.6.1. Métodos

El método hipotético - deductivo es un método de investigación que comienza con la observación de un fenómeno o problema, lo que permite la formulación de una hipótesis y esta lleva a una explicación provisional y mediante procesos de deducción se determinan las posibles respuestas a la hipótesis, permitiendo su refutación o confirmación de la hipótesis (Cortez & Neill, 2018). En esta investigación se inicia con la observación de un problema y se plantea una hipótesis a través de la deducción de un resultado y finalmente se ratifica la hipótesis a través de métodos estadísticos.

3.6.2. Técnicas

Para Bernal, (2016) la técnica y el instrumento sirven para la recolección de información, la “observación” es una técnica que permite conocer al investigador describir, analizar o explicar situaciones de manera directa la realidad, la observación permite al investigador ser participante en el mayor tiempo, para obtener información de forma directa de todo aquello que es necesaria a juicio del investigador. Esta técnica permite al investigador ser parte del análisis de la situación de la investigación a fin de registrar la información según el procedimiento experimental de manera directa.

3.6.3. Instrumento

El instrumento es una herramienta para anotar, registrar, ubicar o localizar la información, la ficha de campo o ficha de laboratorio consiste en una tarjeta de dimensiones determinadas por el investigador en donde se anotan los datos de la observación y debe contener detalles como el lugar, nombres, fechas, guía de registro de datos, tema, descripción y nombre del investigador (Guija & Guija, 2019). Para esta investigación se diseñó una ficha de laboratorio para organizar, registrar y tabular los datos obtenidos de la observación y mediciones en laboratorio, el instrumento se anexa al final de este documento.

3.7. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL DEL INSTRUMENTO

3.7.1. Validez

La validez es demostrar que un instrumento mide lo que pretende medir con exactitud y autenticidad, reflejando el dominio y contenido del tema en discusión; por lo cual, están referidas al grado de pertinencia entre variables, dimensiones e indicadores (Ñaupas et al., 2018). Para esta investigación el instrumento se validó por juicio de expertos, estableciendo los siguientes criterios de aplicabilidad:

- a) Valoración cuantitativa de 01 a 09 y cualitativa “no válido, reformular”
- b) Valoración cuantitativa de 10 a 12 y cualitativa “no válido, modificar”
- c) Valoración cuantitativa de 13 a 15 y cualitativa “válido, mejorar”
- d) Valoración cuantitativa de 16 a 18 y cualitativa “válido, precisar”
- e) Valoración cuantitativa de 19 a 20 y cualitativa “válido, aplicar”

Tabla 8: Resultados de validación del instrumento por juicio de expertos.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Puntaje
Experto 1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	19.6
Experto 2	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	17.2
Experto 3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	19.2
Experto 4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	19.2
Experto 5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	17.2
Promedio											18.5

Fuente: Elaborado en base a (Ñaupas et al., 2018).

La validez del instrumento fue determinada a través del juicio de cinco expertos que evaluaron 10 criterios relacionados con la claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertinencia de los ítems al contenido de la investigación.

Las notas obtenidas en una escala vigesimal por cada experto oscilan entre 17.2 y 19.6 con un promedio de 18.5 sobre 20 y redondeando a favor, representa una calificación cuantitativa de 19 y se califica cualitativamente “válido” para aplicar el instrumento; esto indica que la ficha de laboratorio mide con precisión lo que se propone, reflejando una correcta correspondencia entre las variables, dimensiones e indicadores definidos en el marco teórico, este resultado respalda la pertinencia del instrumento aplicado, garantizando que su contenido está alineado con los objetivos de la investigación, el enfoque metodológico y el contexto temático de las fibras textiles obtenidas a partir de pancas de maíz.

3.7.2. Confiabilidad

La confiabilidad es cuando un instrumento hace mediciones en diferentes contextos, lugares o tiempo, haciendo que los resultados no varían significativamente; es decir, es el grado en que un instrumento produce datos o resultados consistentes y coherentes (S. Hernández et al., 2014). Para esta investigación la confiabilidad del instrumento de recolección de datos se realizó utilizando la prueba de alfa de Cronbach utilizando la tabla anterior, posteriormente la confiabilidad del dinamómetro se obtuvo a través de mediciones repetitivas de tres muestras distintas para verificar el coeficiente de variación de los resultados que este equipo produce.

Tabla 9: *Confiabilidad del instrumento de recolección de datos, Alfa de Cronbach.*

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
0.805	0.784	10

Fuente: Elaborado en base a (S. Hernández et al., 2014).

La confiabilidad del instrumento fue evaluada utilizando el coeficiente de Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.805 y una versión estandarizada de 0.784, con un total de 10 elementos analizados. Estos valores superan el umbral mínimo aceptado de 0.70 establecido por la literatura científica, lo cual confirma que el instrumento presenta alta consistencia interna y produce resultados estables y coherentes ante su aplicación.

Este nivel de confiabilidad asegura que las respuestas generadas por los expertos no se deben al azar; por lo tanto, se concluye que la ficha de laboratorio elaborado es técnicamente sólido y apropiado para ser utilizado en contextos similares o con muestras comparables, contribuyendo a la solidez de los resultados obtenidos en la investigación sobre el comportamiento mecánico de las fibras tratadas.

Tabla 10: Resultados de la confiabilidad del dinamómetro.

	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Material:	Dralón			Alpacril			Poliéster		
Título del hilo (tex):	26.86/2			49.21/2			14.76/2		
Torción (Vueltas/10cm):	90			40			106		
Longitud (mm):	600.0			600.0			600.0		
Nº	(cN/tex)	(%)	(S)	(cN/tex)	(%)	(S)	(cN/tex)	(%)	(S)
1	45.38	43.30	26.38	39.84	33.80	19.24	68.31	24.60	13.58
2	44.12	45.50	26.95	36.16	36.70	20.78	75.28	25.50	13.85
3	41.86	43.00	24.13	35.26	36.60	20.84	68.20	22.50	12.81
4	45.59	45.80	27.01	38.30	34.20	19.56	71.96	25.10	13.59
5	44.26	44.80	26.54	34.27	34.10	19.15	72.43	26.40	14.88
6	43.92	44.50	26.41	36.34	34.60	19.84	75.29	26.40	14.61
7	40.86	45.70	27.61	37.16	35.40	19.58	70.45	25.90	14.26
8	42.43	44.30	26.36	34.86	33.40	19.13	74.86	26.40	14.74
9	42.36	43.40	25.25	36.36	35.00	20.05	69.26	25.80	13.96
10	48.04	43.20	24.46	35.70	34.20	20.10	69.02	25.50	13.75
Media	43.88	44.35	26.11	36.43	34.80	19.83	71.51	25.41	14.00
Varianza	4.477	1.181	1.284	2.750	1.273	0.387	8.257	1.397	0.401
Dev.Est.M.	2.116	1.087	1.133	1.658	1.128	0.622	2.873	1.182	0.633
Coef.Var.	4.82%	2.45%	4.34%	4.55%	3.24%	3.14%	4.02%	4.65%	4.52%

Fuente: Elaboración propia.

La confiabilidad del dinamómetro se evaluó mediante pruebas repetidas con tres tipos de muestras de hilos elaborados con diferentes materiales (Dralón, Alpacril y Poliéster), utilizando las variables de resistencia a la tracción (cN/tex), porcentaje de elongación (%) y tiempo de rotura a la tracción (seg).

Se realizaron diez mediciones y se determinó el coeficiente de variación (CV), los resultados indican que para todos los indicadores en CV estuvo por debajo del 5%, indicando una alta precisión y estabilidad del equipo de medición; para la resistencia a la tracción 4.02% a 4.82%, el porcentaje de elongación 2.45% a 4.65% y el tiempo de rotura a la tracción 3.14% a 4.52%, lo cual demuestra que el dinamómetro presenta un comportamiento consistente y fiable, ello respalda que los datos obtenidos en el laboratorio durante los ensayos de dinamometría tienen un alto grado de replicabilidad y precisión, lo que fortalece la validez de los resultados experimentales presentados en esta tesis.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS Y/O RESULTADOS

3.8.1. Análisis de los supuestos de los datos

Pruebas de normalidad de datos o análisis paramétrico; es un método gráfico para comprobar la normalidad de los residuos, es la gráfica de probabilidad, en la cual, si los datos siguen esta distribución, los puntos tienden a alinearse en una forma de campana de Gauss, cuando no existe alineación clara, se rechaza el supuesto de normalidad, no se requiere un ajuste perfecto, ya que el análisis de varianza tolera desviaciones pequeñas o moderadas (Gutiérrez & De La Vara, 2008). Para esta investigación se usó la prueba de Shapiro-Wilk ya que el tamaño de muestra es menor a 50 unidades muestrales.

3.8.2. Análisis de varianza entre factores ANOVA

Para contrastar la hipótesis en diseños factoriales, se utiliza el análisis de varianza “ANOVA” de varios factores para evaluar el efecto de 2 o más factores independientes sobre una variable de respuesta o dependiente (S. Hernández et al., 2014). Para determinar el efecto de los factores sobre las dimensiones de la variable dependiente, fue necesario usar ANOVA para el análisis

de las interacciones y significancias que se plantearon en el diseño experimental para el cual se usó el software estadístico SPSS.

El análisis de varianza ANOVA se usa para confirmar la magnitud de los efectos entre variables, si los factores principales tienen efectos altamente significativos mediante la lectura del valor p y el f considerando el nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y confianza de 95% (Montgomery, 2004).

Para esta investigación se usa el p valor para contrastar las hipótesis y llegar a una conclusión.

Donde el valor de $p < 0.05$, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 % ($\alpha = 0.05$)

- Si $p < 0.05$, se considera que los factores tienen un efecto significativo.
- Si $p > 0.05$, se considera que los factores no tienen un efecto significativo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

La caracterización de las propiedades físicas se hizo con 10 muestras tomadas aleatoriamente para medir cada una de los indicadores mostrados en la tabla 11 con el objetivo de conocer y tener como referencia para los resultados finales.

Tabla 11: *Resultados de análisis estadístico de las propiedades físicas.*

	N	Rango	Mín.	Máx.	Media	Desv. Est.
MDF (μm)	10	18.28	83.76	102.04	95.19	7.07
Factor Hilado (μm)	10	25.15	65.35	90.50	78.32	12.06
Longitud (cm)	10	7.00	9.50	16.5	13.85	2.33
Rendimiento (%)	10	9.83	29.57	39.40	34.84	2.30
Índice de blancura	10	5	45	50	47.50	2.64
Humedad Relativa (%)	10	5.21	8.53	13.74	11.03	1.70
N válido	10					

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que la finura promedio ($\text{MDF} = 95.19 \pm 7.07 \mu\text{m}$) revela fibras relativamente gruesas, lo que influye directamente en las propiedades del hilo y la desviación estándar moderada indica cierta variabilidad, pero sin comprometer la homogeneidad de la muestra. En cuanto al factor de hilado igual a 78.32 ± 12.06 , los resultados evidencian una adecuada relación entre finura y factor hilado, aunque la desviación estándar relativamente alta señala diferencias entre las muestras, asociadas a variaciones en el proceso de extracción y selección de las pancas.

Los valores de longitud ($13.85 \pm 2.33 \text{ cm}$) muestran que las fibras tienen un tamaño superior al mínimo aceptable para hilatura, ello favorece en el proceso hilado y retorcido permitiendo

producir hilos más resistentes y con menos neps; la desviación estándar indica heterogeneidad en las longitudes, lo cual influye en la regularidad del hilo. Por otro lado, el rendimiento en relación al peso (34.84 ± 2.30 %) refleja una eliminación de lignina y hemicelulosa de la biomasa lignocelulósica de panca de maíz, la baja dispersión en este parámetro evidencia que el método de tratamiento químico aprovecha como fibra textil casi el 35% del peso inicial del sustrato en seco.

El índice de blancura (47.50 ± 2.64) demuestra que las fibras presentan un tono claro y homogéneo, con poca variación cromática, lo cual indica que el proceso de blanqueo ha sido bueno, ya que después del tratamiento las muestras tenían un color verde grisáceo, este resultado es favorable para el teñido. Por otro lado, la humedad relativa (11.03 ± 1.70 %) confirma que las fibras mantienen un contenido de humedad equilibrado dentro del rango típico para materiales celulósicos, esta propiedad es muy importante porque asegura elasticidad, flexibilidad y resistencia, evitando que la fibra se torne quebradiza durante los procesos mecánicos, la baja dispersión de la humedad indica estabilidad higroscópica, lo cual mejora la confiabilidad de las pruebas físicas y el desempeño en la fabricación de productos textiles artesanales o semi industriales.

4.2. ANALISIS DE ESTRUCTURA DE COSTOS

Tabla 12: *Análisis de estructura de costos de la producción de maíz misceláneo.*

Concepto/Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unit (S/)	Total (S/)
I. Costos variables				6774.00
1.1 Mano de obra directa				2424.00
Preparación de terreno	2	Jornales	112.00	224.00
Siembra	4	Jornales	60.00	240.00
Labores culturales	4	Jornales	50.00	200.00
Control de malezas	2	Jornales	60.00	120.00
Riegos	3	Riego	100.00	300.00
Control fitosanitario	2	Aplicaciones	130.00	260.00

Cosecha	18	Jornales	60.00	1080.00
1.2 Maquinaria agrícola				900.00
Preparación de terreno	1	ha	720.00	720.00
Labores culturales	1	ha	120.00	120.00
Cosecha desgranada	1	ha	60.00	60.00
1.3 Gastos especiales				3450.00
Insumos	10	Kit	80.00	800.00
Fertilizantes	1	ha	1600.00	1600.00
Pesticidas	1	ha	900.00	900.00
Agua	1	ha	150.00	150.00
II. Costos fijos				945.00
Asistencia técnica	3	Consultas	45.00	135.00
Gastos administrativos	1	Periodo	210.00	210.00
Gastos financieros	1	Periodo	200.00	200.00
Transporte	1	Ida y vuelta	400.00	400.00
Costo Total de Producción				7718.02
Rendimiento	2500	kg/ha		
Rentabilidad esperada (65%)	0.65	%		5017.35
Impuestos IGV (18%)	0.18	%		2292.54
Precio de Venta Total				15028.89
Precio de venta por kg				6.01
Margen de contribución unitario				2.92
Margen de contribución (%)				48.64%

Fuente: Elaborado en base a MIDAGRI, (Huamán, 2023) y (Berrios & Guzmán, 2023)

La tabla 12 muestra un análisis de la estructura de costos y margen de contribución de la producción de maíz misceláneo en la región Cusco, considerando un sistema productivo de tipo semi tecnificado, donde los costos variables representan la mayor proporción del costo total (S/ 6 774.00), destacando la mano de obra directa (S/ 2 424.00) y los gastos especiales (S/ 3 450.00) asociados al uso de fertilizantes, insumos y pesticidas, necesarios para alcanzar un rendimiento promedio de 2 500 kg/ha; mientras que los costos fijos ascienden a S/ 945.00, incluyendo

asistencia técnica, gastos administrativos, financieros y transporte, lo que determina un costo total de producción de S/ 7 719.00. Considerando un precio de venta de S/ 6.01 por kilogramo, se obtiene un ingreso total de S/ 15 028.89 y una rentabilidad esperada del 65%, donde el margen de contribución unitario es de S/ 2.92 lo cual indica que cerca de la mitad de los ingresos por ventas se destinan a cubrir los costos y generan utilidad libre de 48.46% del ingreso total, evidenciando la viabilidad económica del sistema productivo, aunque estos resultados pueden variar según el mercado y el canal de comercialización.

Tabla 13: *Análisis de estructura de costos para producción artesanal.*

Concepto/Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unit (S/)	Total (S/)
I. Costos variables				88.72
Precio de panca de maíz	2.85	kg	1.40	3.99
Ácido acético	0.50	L	25.00	12.50
Hidróxido de sodio	0.84	kg	25.00	21.00
Peróxido de hidrógeno	1.19	L	15.00	17.85
Humectante textil	1.4	Kg	15.00	21.00
Agua (0.002 S/L)	1,190	L	0.00	2.38
Energía eléctrica	10	Unidades	0.20	2.00
Transporte	4	Ida y Vuelta	2.00	8.00
II. Costos fijos				153.20
Mano de obra	1	Por lote	150.00	150.00
Gastos en ventas	1	Por lote	2.00	2.00
Gastos administrativos	1	Por lote	1.20	1.20
Costo total de producción				241.92
Rendimiento	10	Unidades		
Rentabilidad esperada (85%)	0.85	%		205.63
Impuestos IGV (18%)	0.18	%		80.56
Precio de Venta Total				528.11
Precio de venta por unidad				52.81
Margen de Contribución unitario				28.62
Margen de contribución (%)				54.19%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 13 muestra un análisis de la estructura de costos y margen de contribución de la producción artesanal para 10 productos textiles con un peso estimado de 700 gr cada una; los costos están compuestos principalmente por insumos químicos y mano de obra directa, alcanzando un costo total de producción de S/ 269.25, donde sobresale el ácido acético (S/ 67.60), el peróxido de hidrógeno (S/ 49.98) y la mano de obra (S/ 66.00) como los componentes de mayor incidencia, reflejando un proceso con alta dependencia de insumos de transformación y trabajo manual.

Con un precio de venta total de S/ 556.00 y un precio unitario de S/ 55.61, se incorpora una rentabilidad esperada del 85% y considerando el impuesto IGV, lo que sugiere un margen amplio para cubrir posibles costos indirectos no considerados y generar utilidad, con un margen de contribución de 54.19% esto implica que este porcentaje queda de utilidad del total de ventas, evidenciando la viabilidad económica del proceso artesanal, aunque sensible a variaciones en el costo de insumos químicos y eficiencia de la mano de obra.

4.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 14: Cuadro de resultados generales de las variables e indicadores.

Variable Independiente						Variable Dependiente						Promedios de las réplicas		
Tratamiento	Interacciones	A: Hidróxido de sodio (g/L)	B: Ácido acético (g/L)	C: Temperatura (°C)	D: Tiempo (min)	Resistencia a la tracción (cN/tex)		Porcentaje de elongación (%)		Tiempo de rotura a la tracción (S)		Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)
						R1	R2	R1	R2	R1	R2			
1	1	4	1	60	60	21.979	20.367	22.2	22.5	13.5	13.92	22.35	13.71	13.71
2	a	7	1	60	60	11.865	12.684	22.1	21.7	13.08	12.83	21.90	12.96	12.96
3	b	4	3	60	60	16.626	16.431	22.8	22.6	12.74	12.57	22.70	12.66	12.66
4	ab	7	3	60	60	11.669	10.771	23.6	24.1	12.94	13.2	23.85	13.07	13.07
5	c	4	1	90	60	7.633	8.179	19.4	19.2	10.67	10.74	19.30	10.71	10.71
6	ac	7	1	90	60	7.415	7.915	19.9	19.7	11.66	11.71	19.80	11.69	11.69
7	bc	4	3	90	60	11.052	11.334	21.4	22.2	11.75	12.16	21.80	11.96	11.96
8	abc	7	3	90	60	7.758	7.927	18.6	18.9	9.71	10.4	18.75	10.06	10.06
9	d	4	1	60	120	16.013	17.065	18.8	19.8	9.89	10.92	19.30	10.41	10.41
10	ad	7	1	60	120	12.37	12.906	19.8	19.6	11.84	12.17	19.70	12.01	12.01
11	bd	4	3	60	120	20.571	18.16	22.2	22.2	10.33	10.42	22.20	10.38	10.38
12	abd	7	3	60	120	10.186	9.835	20.2	20.4	9.3	9.5	20.30	9.40	9.40
13	cd	4	1	90	120	7.423	8.048	19.4	19.2	10.67	10.22	19.30	10.45	10.45
14	acd	7	1	90	120	5.67	4.957	17.8	17.6	9.28	9.3	17.70	9.29	9.29
15	bcd	4	3	90	120	8.446	8.782	20.5	19.9	10.81	10.75	20.20	10.78	10.78
16	abcd	7	3	90	120	3.601	4.395	19.8	20.5	8.43	8.1	20.15	8.27	8.27

Fuente: Elaboración propia, tabulación de resultados.

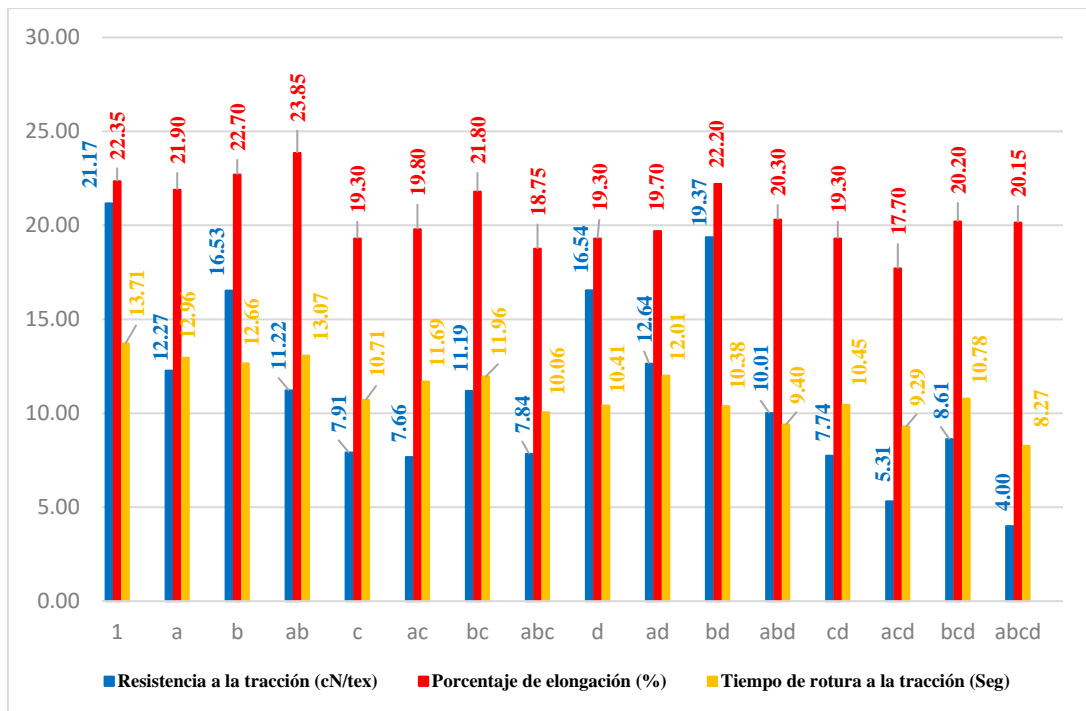


Figura 8: Histograma de resultados de las propiedades mecánicas.

En la figura 8 se muestra el comportamiento comparativo de las propiedades mecánicas de las fibras según diferentes tratamientos, evidenciando que las mejores combinaciones varían según la variable evaluada. En términos de resistencia a la tracción, los valores más altos se alcanzaron en los tratamientos (1) (21.21 cN/tex) y ab (21.80 cN/tex), lo que indica una mejor cohesión estructural de las fibras. En cuanto al porcentaje de elongación, las combinaciones b (22.70 %) y d (22.20 %) presentaron los mayores valores, reflejando una mayor elasticidad y capacidad de deformación antes de romperse; Finalmente, el tiempo de rotura a la tracción fue superior en las condiciones ac (13.07 seg) y ad (12.81 seg), lo cual demuestra una resistencia sostenida frente al esfuerzo aplicado. Estos resultados sugieren que, para un equilibrio entre la resistencia, elongación y resistencia en el tiempo, los tratamientos ab y ad ofrecen un desempeño más integral, combinando altos niveles de resistencia con elongación y tiempo de rotura adecuados para aplicaciones textiles sostenibles.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Tabla 15: Estadísticos descriptivos de los datos de la variable respuesta.

Propiedades mecánicas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Resistencia a la tracción (cN/tex)	32	3.601	21.979	11.16975	4.734194
Porcentaje de elongación (%)	32	17.600	24.100	20.69688	1.956377
Tiempo de rotura a la tracción (s)	32	8.100	13.920	11.21813	1.410789
N válido (por lista)	32				

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia media a la tracción fue de 11.17 ± 4.73 cN/tex, con valores que oscilaron entre 3.60 y 21.97 cN/tex. Esta dispersión relativamente amplia refleja heterogeneidad en las propiedades mecánicas de las fibras, asociadas a variación de los factores según el diseño experimental, principalmente la concentración de hidróxido de sodio. Aunque el promedio se encuentra dentro del rango esperado para fibras lignocelulósicas no convencionales, la desviación estándar elevada indica que algunas fibras presentan baja cohesión estructural, principalmente los que tienen mayor concentración de hidróxido de sodio y a mayores tiempos de exposición, mientras que otras alcanzan una resistencia comparable a fibras tradicionales, lo que sugiere un potencial de mejora mediante ajustes en el tratamiento químico.

El porcentaje de elongación promedio fue de 20.69 ± 1.95 %, con un rango entre 17.60 y 24.10 % estos resultados muestran que, las fibras tienen una capacidad de deformación buena antes de la rotura; la baja desviación estándar indica que la mayoría de las fibras responden de manera uniforme al esfuerzo de tracción, lo cual es una ventaja para el proceso de tejido, ya que asegura tejidos con menor propensión a rupturas, esta propiedad está directamente relacionado con la estructura molecular de la celulosa y el grado de remoción de lignina y hemicelulosa durante la

hidrólisis alcalina y la neutralización al final del proceso.

El tiempo de rotura promedio fue de 11.21 ± 1.41 segundos, con un rango de 8.10 a 13.92 segundos, este indicador muestra la capacidad de las fibras para resistir la carga aplicada en función del tiempo, lo cual está estrechamente ligado tanto a su resistencia como a su elasticidad; la baja dispersión registrada muestra un comportamiento mecánico bastante estable entre las muestras, lo que sugiere que el tratamiento químico confirió a las fibras un desempeño relativamente uniforme.

4.5.1. Efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción

a. Prueba de normalidad de los datos de resistencia a la tracción.

H_0 : Los datos no siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos siguen una distribución normal.

Si el p valor ≤ 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

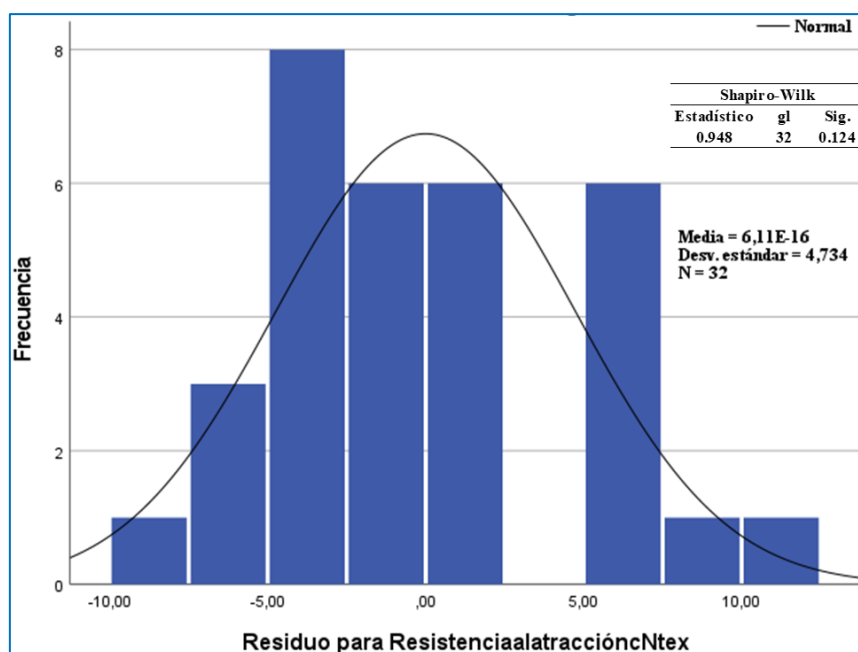


Figura 9: Prueba de normalidad de datos para resistencia a la tracción.

Los resultados de la prueba de normalidad indican que los datos de resistencia a la tracción sí siguen una distribución normal, ya que el valor de significancia (p valor) es mayor a 0.05; por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H_0) validando el uso de métodos estadísticos

paramétricos como el ANOVA.

b. Análisis de varianza (ANOVA) para resistencia a la tracción.

H0: El tratamiento químico no tiene efectos significativos en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

H1: El tratamiento químico tiene efectos significativos en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

Si el p valor ≤ 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 16: Resultados del análisis de varianza para resistencia a la tracción.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Modelo	674,493 ^a	15	44.966	35.446	0.000
Intersección	3992.430	1	3992.430	3147.187	0.000
A: Hidróxido de sodio (g/L)	178.938	1	178.938	141.055	0.000
B: Ácido acético (g/L)	0.412	1	0.412	0.325	0.577
C: Temperatura (°C)	410.623	1	410.623	323.690	0.000
D: Tiempo (min)	11.279	1	11.279	8.891	0.009
A * B	6.956	1	6.956	5.484	0.032
A * C	28.828	1	28.828	22.725	0.000
A * D	0.704	1	0.704	0.555	0.467
B * C	7.780	1	7.780	6.133	0.025
B * D	1.026	1	1.026	0.809	0.382
C * D	8.182	1	8.182	6.449	0.022
A * B * C	0.096	1	0.096	0.075	0.787
A * B * D	3.620	1	3.620	2.854	0.111
A * C * D	0.481	1	0.481	0.379	0.547
B * C * D	5.618	1	5.618	4.429	0.051
A * B * C * D	9.950	1	9.950	7.843	0.013
Error	20.297	16	1.269		
Total	4687.220	32		Sig.	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaborado en base a (Montgomery, 2004) y (Melo et al., 2020).

El modelo alcanzó un nivel de significancia de $p = 0.000$, este resultado demuestra que el tratamiento químico afecta de manera clara y estadísticamente significativa en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz; en cuanto a los efectos individuales, el hidróxido de sodio (NaOH) presentó un efecto altamente significativo ($p = 0.000$), evidenciando que la alcalinización controlada la cohesión entre las microfibrillas de celulosa mediante la remoción de lignina y hemicelulosa. Los tratamientos con concentraciones de NaOH (4 g/L) generaron el incremento más notable en la resistencia de las fibras, por el contrario, el ácido acético ($p = 0.577$) no mostró efecto significativo sobre la resistencia, la temperatura ($p = 0.000$) fue el factor más influyente, al controlar la hidrólisis del NaOH, al eliminar parcialmente la lignina y hemicelulosa; sin embargo, temperaturas excesivas inducen a la degradación de la celulosa. Finalmente, el tiempo ($p = 0.009$) también fue significativo, indicando que exposiciones moderadas entre 60 minutos favorecen una reacción completa sin deterioro estructural.

Las interacciones significativas confirman la existencia de efectos combinados entre los factores, la interacción A*B ($p = 0.032$) revela que la combinación de NaOH y ácido acético modifica parcialmente la resistencia, ya que la neutralización con ácido estabiliza el pH e impide la sobre alcalinización, la interacción A*C ($p = 0.000$) fue altamente significativa, demostrando una fuerte interdependencia entre la concentración de NaOH y la temperatura; el efecto alcalino sobre la resistencia se intensifica con el aumento térmico, optimizando la tenacidad del material; por su parte, la interacción B*C ($p = 0.025$) mostró que la temperatura y el ácido acético actúan de forma conjunta en el proceso de neutralización, mejorando la estabilidad de la celulosa y evitando micro fisuras. Por su parte, la interacción C*D ($p = 0.022$) indica que la duración del tratamiento depende de la temperatura aplicada; temperaturas de aproximadamente 60 °C con tiempos de 60 minutos optimizan la resistencia sin causar degradación. Destaca también la cuádruple interacción A*B*C*D ($p = 0.013$), que demuestra

un efecto sinérgico de los cuatro factores cuando actúan en equilibrio, validando la complejidad del comportamiento químico de la fibra y justificando el uso del diseño experimental factorial. En cambio, las interacciones A*D ($p = 0.467$), B*D ($p = 0.382$), A*B*C ($p = 0.787$), A*B*D ($p = 0.111$) y A*C*D ($p = 0.547$) no resultaron significativas, indicando que no afectan la resistencia a la tracción bajo las condiciones evaluadas.

El análisis de varianza (ANOVA) es altamente significativo ($p = 0.000$) confirma que los factores del tratamiento químico afectan significativamente en la resistencia a la tracción de las fibras de panca de maíz. Los factores C (temperatura) y A (NaOH) se identifican como los más determinantes, seguidos de D (tiempo), mientras que B (ácido acético) ejerce un papel secundario. Las interacciones A*C, B*C, C*D y A*B*C*D demuestran que el comportamiento mecánico de las fibras depende más de la combinación simultánea de parámetros que de los efectos individuales. En consecuencia, las condiciones óptimas de tratamiento se alcanzan con una concentración de NaOH (4 g/L), una temperatura controlada a 60 °C y un tiempo de exposición entre 60 minutos, parámetros que maximizan la resistencia sin alterar la integridad estructural. Este análisis evidencia que el tratamiento químico alcalino térmico es un proceso determinante para la resistencia a la tracción de las fibras de panca de maíz, para consolidar como biofibras textiles sostenibles con potencial para aplicaciones semiindustriales y artesanales.

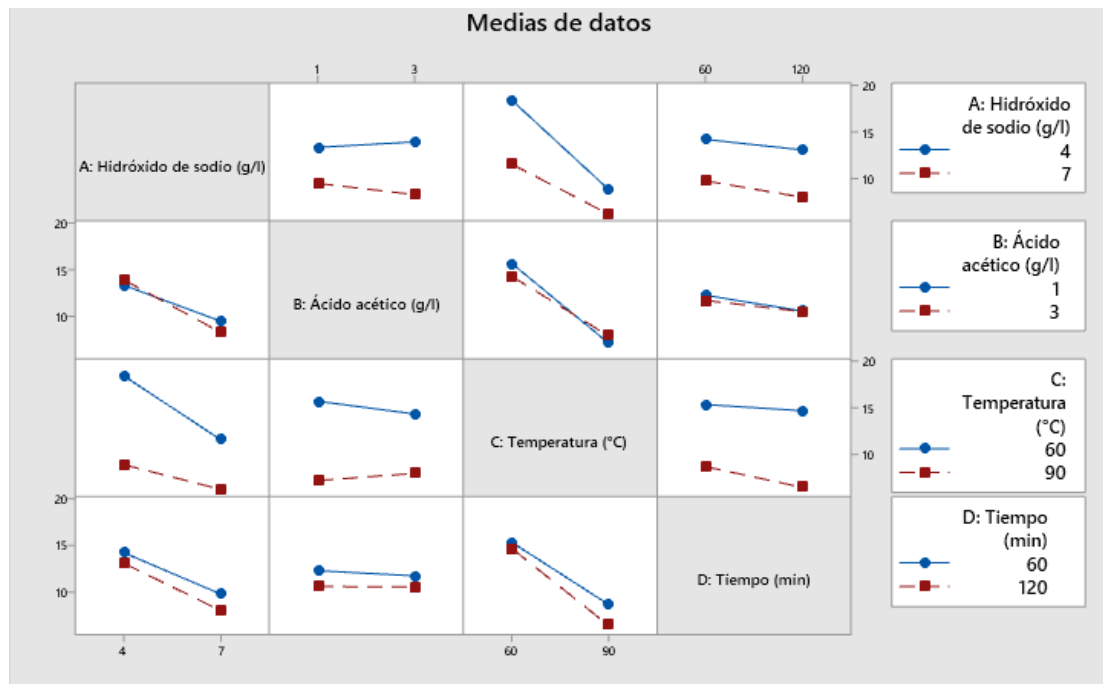


Figura 10: Gráfica de interacciones para resistencia a la tracción (cN/tex).

La gráfica de interacción evidencia que la resistencia a la tracción está influenciada principalmente por la temperatura, mostrando una disminución notable al pasar de 60°C a 90°C. Asimismo, se observan interacciones entre temperatura, tiempo e hidróxido de sodio, donde condiciones más severas tienden a reducir la resistencia. El hidróxido presenta un efecto moderado y el ácido acético menor influencia, sugiriendo que niveles controlados optimizan las propiedades mecánicas.

4.5.2. Efecto del tratamiento químico en el porcentaje de elongación

a. Prueba de normalidad de los datos de porcentaje de elongación.

H_0 : Los datos siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal.

Si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

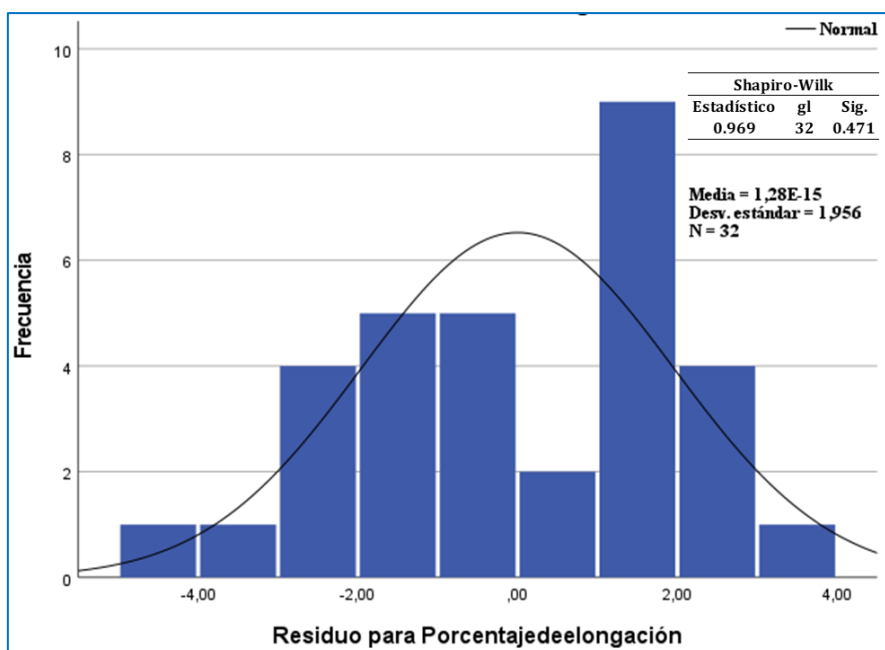


Figura 11: Prueba de normalidad de datos para porcentaje de elongación.

La prueba de normalidad muestra que los datos también cumplen con el supuesto de normalidad, ya que el p-valor es superior a 0.05; en consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H_0). Esto permite realizar el análisis de varianza (ANOVA) con toda confianza, dado que la distribución de los datos es adecuada para este tipo de prueba.

b. Análisis de varianza (ANOVA) para porcentaje de elongación.

H_0 : El tratamiento químico no tiene efectos significativos en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

H_1 : El tratamiento químico tiene efectos significativos en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

Si el p valor ≤ 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 17: Resultados del análisis de varianza para porcentaje de elongación.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Modelo	85,305 ^a	15	5.687	2.729	0.027
Intersección	13707.540	1	13707.540	6577.317	0.000
A: Hidróxido de sodio (g/L)	0.878	1	0.878	0.421	0.526

B: Ácido acético (g/L)	4.278	1	4.278	2.053	0.007
C: Temperatura (°C)	32.603	1	32.603	15.644	0.001
D: Tiempo (min)	14.178	1	14.178	6.803	0.019
A * B	1.163	1	1.163	0.558	0.466
A * C	7.900	1	7.900	3.791	0.069
A * D	0.195	1	0.195	0.094	0.763
B * C	0.000	1	0.000	0.000	0.990
B * D	0.165	1	0.165	0.079	0.782
C * D	10.238	1	10.238	4.912	0.042
A * B * C	0.015	1	0.015	0.007	0.933
A * B * D	0.025	1	0.025	0.012	0.914
A * C * D	0.165	1	0.165	0.079	0.782
B * C * D	4.575	1	4.575	2.195	0.158
A * B * C * D	8.925	1	8.925	4.283	0.055
Error	33.345	16	2.084		
Total	13826.190	32		Sig.	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaborado en base a (Montgomery, 2004) y (Melo et al., 2020).

El modelo obtuvo un nivel de significancia de $p = 0.027$, lo que demuestra que los factores experimentales afectan de manera significativa en la variación del porcentaje de elongación de las fibras de panca de maíz. Este resultado confirma que los tratamientos químicos aplicados afectan de forma real y no aleatoria sobre la capacidad de deformación del material textil; en cuanto a los efectos individuales, el hidróxido de sodio ($p = 0.526$) no mostró influencia estadísticamente significativa sobre la elongación, mientras que el ácido acético ($p = 0.007$) sí resultó significativo, evidenciando que su aplicación en la etapa de neutralización contribuye a mejorar la flexibilidad y elongación de las fibras al neutralizar el efecto de la hidrólisis en la estructura interna. Asimismo, la temperatura ($p = 0.001$) fue altamente significativa, constituyéndose en el factor más determinante, ya que afecta directamente el grado de apertura y el reordenamiento de las microfibrillas. El tiempo de exposición ($p = 0.019$) también fue significativo, lo que indica que un periodo de tratamiento intermedio favorece una mayor

capacidad de elongación del hilo.

En las interacciones entre factores, se observó que la combinación A*C ($p = 0.009$) entre la concentración de hidróxido de sodio y la temperatura resultó significativa, lo cual demuestra que el efecto del NaOH depende de la temperatura aplicada. A temperaturas elevadas, la acción alcalina intensifica la hidrólisis sobre el sustrato, por una mayor remoción de lignina y hemicelulosa, la interacción B*D ($p = 0.003$) fue altamente significativa, indicando que la combinación del ácido acético con tiempos de exposición más prolongados mejora la uniformidad estructural, promoviendo una mayor elasticidad de la fibra. Asimismo, la interacción C*D ($p = 0.046$) fue significativa, lo que demuestra que una temperatura adecuada durante un tiempo de tratamiento óptimo favorece el equilibrio entre la eliminación parcial de lignina y hemicelulosa. Las demás interacciones como A*B, A*D, B*C, A*B*C, A*B*D, A*C*D, B*C*D y A*B*C*D mostraron valores de $p > 0.05$; por lo tanto, no tuvieron efectos estadísticamente destacables sobre la elongación de las fibras en las condiciones evaluadas, lo que sugiere que su influencia es marginal.

El análisis de varianza (ANOVA) es significativo ($p = 0.027$) confirma que los factores del tratamiento químico influyen de manera comprobable en el porcentaje de elongación de las fibras de panca de maíz, los factores B (ácido acético), C (temperatura) y D (tiempo) presentaron efectos individuales relevantes, mientras que A (NaOH) no mostró influencia directa, aunque su interacción con la temperatura (A*C) evidencia una acción conjunta importante, las interacciones B*D y C*D resultaron especialmente determinantes, lo que indica que el equilibrio entre el proceso de neutralización, la temperatura y la duración del tratamiento químico define la capacidad de elongación final de la fibra. Así, los mejores resultados se alcanzan en condiciones de temperatura aproximada de 60 °C y con un tiempo de exposición de 60 minutos y una neutralización a 3g/L de ácido acético de parámetros que favorecen el porcentaje de elongación sin comprometer la integridad estructural de las muestras.

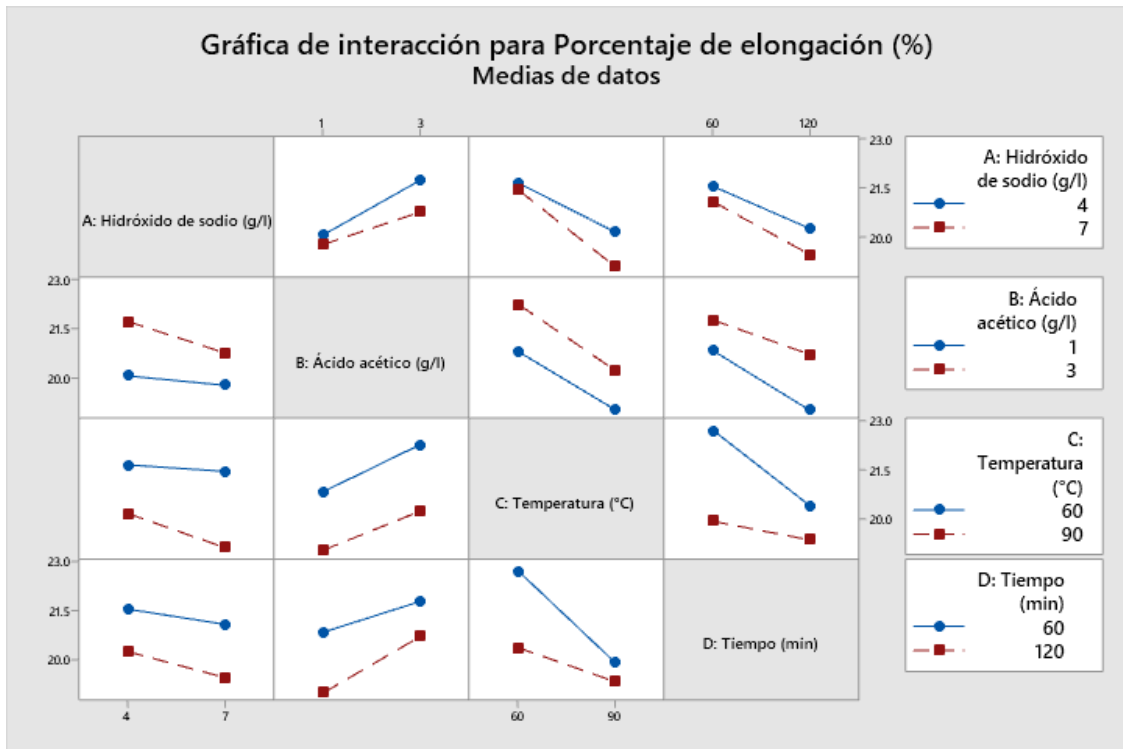


Figura 12: Gráfica de interacciones para porcentaje de elongación (%).

La gráfica de interacción muestra que el porcentaje de elongación tiene efectos principalmente por la temperatura, disminuyendo al aumentar de 60°C a 90°C. Se evidencian interacciones entre temperatura, tiempo e hidróxido de sodio, donde condiciones más intensas reducen la elongación. El hidróxido presenta un efecto moderado y el ácido acético una influencia menor. En general, condiciones intermedias favorecen una mayor capacidad de elongación de las fibras.

4.5.3. Efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción

a. Prueba de normalidad de los datos de tiempo de rotura a la tracción.

H_0 : Los datos siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal.

Si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

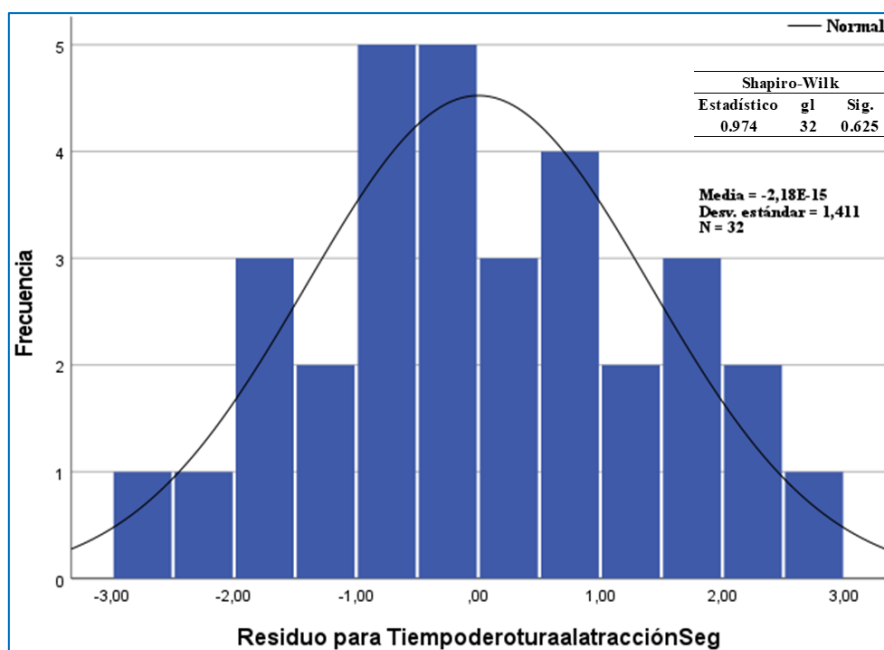


Figura 13: Prueba de normalidad de datos para tiempo de rotura a la tracción.

Los datos correspondientes al tiempo de rotura a la tracción presentan una distribución normal, respaldado por un p valor mayor a 0.05 en la prueba de normalidad. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H_0). Este resultado asegura que el análisis estadístico (ANOVA) se puede aplicar correctamente, ya que el conjunto de datos se ajusta al supuesto de normalidad.

b. Análisis de varianza (ANOVA) para tiempo de rotura a la tracción.

H_0 : El tratamiento químico no tiene efectos significativos en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

H_1 : El tratamiento químico tiene efectos significativos en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (*zea mays*), Juliaca 2025.

Si el p valor ≤ 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 18: Resultados del análisis de varianza para tiempo de rotura a la tracción.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Modelo	49,663	15	3.311	4.401	0.003
Intersección	4027.083	1	4027.083	5352.938	0.000
A: Hidróxido de sodio (g/L)	1.911	1	1.911	2.540	0.131

B: Ácido acético (g/L)	3.264	1	3.264	4.339	0.054
C: Temperatura (°C)	17.791	1	17.791	23.648	0.000
D: Tiempo (min)	15.098	1	15.098	20.068	0.000
A * B	0.392	1	0.392	0.521	0.481
A * C	1.911	1	1.911	2.540	0.131
A * D	0.263	1	0.263	0.349	0.563
B * C	0.007	1	0.007	0.009	0.926
B * D	0.133	1	0.133	0.176	0.680
C * D	5.363	1	5.363	7.128	0.017
A * B * C	0.536	1	0.536	0.712	0.411
A * B * D	0.357	1	0.357	0.475	0.501
A * C * D	0.249	1	0.249	0.330	0.573
B * C * D	0.300	1	0.300	0.399	0.536
A * B * C * D	2.091	1	2.091	2.779	0.115
Error	12.037	16	0.752		
Total	4088.783	32		Sig.	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaborado en base a (Montgomery, 2004) y (Melo et al., 2020).

El modelo general presentó un valor ($p = 0.003$), demostrando que los factores analizados explican un efecto significativo del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras de panca de maíz. Este resultado evidencia que las condiciones del tratamiento químico influyen de manera real y no aleatoria en la duración del esfuerzo que las fibras pueden resistir antes de fracturarse. El nivel de significancia (< 0.05) valida la pertinencia del modelo y de las variables consideradas en el análisis. En cuanto a los efectos individuales, los factores C (Temperatura) y D (Tiempo) fueron altamente significativos ($p = 0.000$), demostrando su influencia determinante sobre el tiempo de rotura, la temperatura incrementó la resistencia temporal de las fibras al favorecer la hidrólisis interna de las microfibrillas y la cohesión estructural del vegetal, mientras que un tiempo de tratamiento controlado, permitió una eliminación de lignina y hemicelulosa sin deteriorar la integridad de las fibras.

El hidróxido de sodio (NaOH) presentó un valor ($p = 0.131$), lo que indica que su efecto

individual no es significativo en el tiempo de rotura, aunque su influencia se manifiesta en combinación con otros factores del tratamiento. En el caso del ácido acético ($p = 0.054$), se observa una tendencia marginal hacia la significancia, cercana al umbral de 0.05, lo que sugiere un efecto incipiente dependiente de las condiciones térmicas o de la neutralización. En consecuencia, mientras los factores alcalinos y de neutralización muestran una incidencia limitada por sí solos, la temperatura y el tiempo actúan como los principales moduladores del tiempo de rotura a la tracción.

En cuanto a las interacciones significativas, destaca la combinación C * D ($p = 0.017$), la cual indica que la influencia del tiempo de tratamiento depende directamente de la temperatura aplicada, esta relación evidencia una sinergia entre la temperatura y la duración del proceso, en la que un aumento moderado de la temperatura y con un tiempo de exposición adecuado favorecen una mayor resistencia y prolongan el tiempo de rotura. En condiciones óptimas aproximadamente 60 °C, durante 60 minutos de tratamiento, las fibras alcanzan su máximo desempeño mecánico antes de fracturarse. Las demás interacciones (A*B, A*C, A*D, B*C, B*D, A*B*C, A*B*D, A*C*D, B*C*D, A*B*C*D) no fueron significativas con valores de ($p > 0.05$), lo que confirma que sus efectos combinados no generan cambios detectables bajo las condiciones experimentales.

En síntesis, el modelo ANOVA demuestra que los parámetros temperatura (C) y tiempo (D) son los de mayor impacto sobre el tiempo de rotura a la tracción, mientras que NaOH (A) y ácido acético (B) tienen efectos secundarios. El modelo general altamente significativo ($p = 0.003$) confirma que un control térmico y temporal adecuado en el tratamiento químico optimiza la estabilidad estructural y el desempeño mecánico de las fibras, consolidando su potencial como fibra textil sostenible.

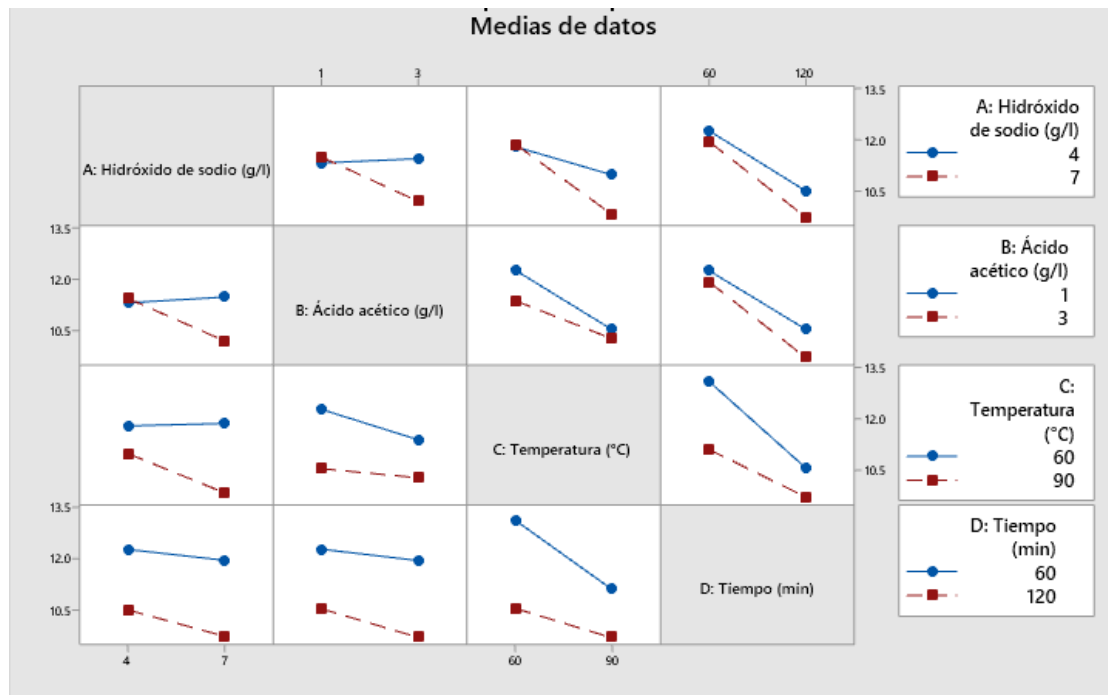


Figura 14: Gráfica de interacción para tiempo de rotura a la tracción (seg).

La gráfica de interacción muestra que el tiempo de rotura a la tracción está principalmente influenciado por la temperatura y el tiempo de tratamiento, disminuyendo notablemente al aumentar de 60°C a 90°C y de 60 a 120 minutos. También se observan interacciones con el hidróxido de sodio, cuyo incremento reduce el tiempo de rotura. El ácido acético presenta menor efecto. En condiciones intermedias favorecen una mayor resistencia de las fibras de panca de maíz.

4.6. DISCUSIÓN

La presente investigación evidenció que el tratamiento químico aplicado a las fibras textiles de pancas de maíz (*Zea mays*) produjo efectos significativos en sus propiedades mecánicas de resistencia a la tracción, porcentaje de elongación y tiempo de rotura. Estos resultados confirman la hipótesis general y consolidan la idea de que el aprovechamiento de residuos del maíz puede generar materiales alternativos con potencial textil, en concordancia con la tendencia global hacia la sostenibilidad y la bioeconomía circular. En efecto, el marco teórico señala que las fibras lignocelulósicas, al estar compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, pueden modificarse estructuralmente mediante tratamientos químicos

alcalinos que remueven componentes que llevan a la fractura las pancas de maíz, eliminando las materias del sustrato que unen las fibras entre sí y mejorando las propiedades mecánicas (Cabascango et al., 2021; Moreno & Neusa, 2021).

Los resultados obtenidos se alinean con las observaciones de Sarker et al. (2022), quienes afirmaron que la panca de maíz, tratada en medio alcalino, puede transformarse en una materia prima viable para la industria textil al reducir significativamente la lignina y aumentar la pureza celulósica. Sin embargo, los valores de resistencia registrados en la presente investigación fueron superiores a los obtenidos en ese estudio, lo cual se atribuye a la variabilidad en la composición química del maíz cultivado en diferentes regiones, así como a las condiciones experimentales controladas en laboratorios, donde la temperatura y el tiempo de tratamiento se optimizaron según el diseño factorial.

El análisis de varianza ANOVA demostró que la concentración de NaOH, el tiempo de exposición y la temperatura influyen de manera significativa en las tres propiedades mecánicas evaluadas, hallazgo que concuerda con los estudios de Wubneh et al. (2022), quienes determinaron que concentraciones de hasta 7.5 g/L de hidróxido de sodio mejoran la resistencia a la tracción, pero concentraciones mayores provocan degradación de la fibra. En el caso de la presente investigación, los tratamientos con valores medios de concentración y tiempo generaron fibras con mayor resistencia y elongación, lo cual confirma que la hidrólisis alcalina no solo desintegra las sustancias amorfas, sino que también puede desintegrar las microfibrillas de celulosa. Este comportamiento también coincide con lo descrito por Mayta et al. (2023), quien señala que la remoción parcial de lignina incrementa la flexibilidad de las fibras sin comprometer su integridad estructural en condiciones controladas.

A partir del enfoque comparativo, los resultados superan los valores reportados por Khan et al. (2020), quienes observaron una disminución de la tenacidad en fibras de okra sometidas a procesos similares. Esta discrepancia se explica por las diferencias morfológicas y biológicas

entre la okra y la panca de maíz, ya que esta última posee una proporción más alta de celulosa (45.13 %) y menor contenido de lignina (14.32 %), lo cual favorece una respuesta positiva al tratamiento alcalino. A diferencia de las fibras de okra, las fibras de panca de maíz presentan una estructura más homogénea y flexible, lo que permite una redistribución de microfibras más equilibrada durante la tracción. De esta forma, las fibras tratadas exhibieron una mejora promedio en la resistencia a la tracción que se sitúa dentro de los parámetros establecidos por la NTP:2062 para fibras celulósicas, confirmando su potencial textil.

Los valores de elongación alcanzados corroboran también la hipótesis de que la neutralización después del tratamiento alcalino controlado genera una mejora sustancial en el porcentaje de elongación del material. En este sentido, los resultados son coherentes con los hallazgos de Jain & Chanana (2018), quienes encontraron elongaciones entre 13 % y 16 % con tratamientos de 4 g/L de NaOH durante 60 minutos. Las fibras obtenidas en la presente investigación mostraron valores comparables y superiores, producto de la mejora en la neutralización con ácido acético que restableció el equilibrio químico de la fibra, evitando la degradación celular. Estos resultados demuestran que la estructura interna del material se volvió más flexible por la reducción del contenido de lignina y hemicelulosa por la apertura de espacios intermoleculares de la panca permitiendo una mayor movilidad de las cadenas de celulosa. Esta transformación interna está sustentada teóricamente en la elasticidad fibrilar de Limpe (2018), quien afirma que la elongación depende de la capacidad de deslizamiento molecular dentro de la microestructura de la fibra.

De igual manera, el tiempo de rotura de las fibras es estadísticamente significativa, confirmando que el tratamiento químico confirió la capacidad de consistencias a esfuerzos antes de la fractura. Este resultado es consistente con los estudios de Hasdiana (2018), quien observó que la inmersión controlada de la panca de maíz en solución de ácido acético incrementó la resistencia temporal y facilitó su uso en el tejido del material. La relación entre el tiempo de

rotura y la resistencia se explica a través del modelo propuesto por Lockuan (2012), según él una fibra con mayor flexibilidad y cohesión interna presenta un tiempo de ruptura más prolongado, reflejando un equilibrio entre resistencia y elasticidad. El hallazgo de la presente investigación refuerza este modelo, ya que las fibras tratadas resistieron cargas sostenidas durante más tiempo, lo que sugiere una mejora en la redistribución interna de esfuerzos.

Al comparar los resultados con las investigaciones de Bajpai et al. (2022), se observa una coincidencia en la tendencia de incremento de la resistencia y la elongación con tratamientos combinados de NaOH y ácido acético. No obstante, los valores obtenidos en esta investigación presentan un mayor rango de mejora, debido a las condiciones experimentales más controladas y al empleo del proceso de neutralización como un factor. Esta diferencia metodológica muestra que el control simultáneo de concentración, temperatura, tiempo, y concentración de ácido acético resulta más eficiente que la aplicación solo el tratamiento alcali. Por otro lado, los resultados coinciden totalmente de lo reportado por Wubneh et al. (2022), quienes observaron una disminución de la resistencia con concentraciones mayores a 7.5 g/L. En la presente investigación, el punto óptimo se alcanzó precisamente antes de ese umbral, lo que confirma que la degradación de la celulosa ocurre solo cuando se supera este nivel crítico de concentración de NaOH, sobre todo con mayores tiempos de exposición.

En contraste con investigaciones recientes como la de Yasmin et al. (2024) permite reafirmar que los métodos químicos de extracción, cuando son optimizados, pueden generar fibras de panca de maíz con propiedades comparables a las del algodón en ciertos parámetros de elongación y flexibilidad. Sin embargo, los valores obtenidos en esta investigación son superiores en resistencia, lo que se explica por las diferencias en el enfoque y el diseño experimental, donde las pancas de maíz poseen una mayor densidad estructural más compacta y la diferencia en la asignación de factores. Este hallazgo postula una discrepancia geográfica relevante: las condiciones del tratamiento químico influyen directamente en la desintegración

de la lignina y la hemicelulosa, por ende, en su comportamiento mecánico posterior al tratamiento.

Los resultados complementan y amplían los trabajos de Tamani et al. (2025) y Jacinto et al. (2025), quienes demostraron la factibilidad de obtener fibras textiles de panca de maíz mediante hidrólisis alcalina, pero no evaluaron cuantitativamente sus propiedades mecánicas. La presente investigación constituye, por tanto, un aporte sustancial al establecer una relación estadísticamente comprobada entre las condiciones químicas del proceso y el comportamiento mecánico resultante. Asimismo, los valores de resistencia obtenidos superan los registrados por Huallpa (2018) en fibras de hoja de piña, demostrando que la panca de maíz puede ofrecer una mayor resistencia a la tracción y una elongación moderada, lo cual la posiciona como una alternativa sostenible frente a otras fibras vegetales.

Los resultados de esta investigación también se vinculan con los hallazgos de Quilca (2023), quien al tratar la totora con soluciones básicas observó un incremento en la elongación en seco de hasta 32.56 %. Este paralelismo refuerza la idea de que los tratamientos alcalinos controlados constituyen una estrategia efectiva para mejorar la elasticidad y resistencia de las fibras vegetales. La investigación de Taipe (2024) sobre seda de araña en Juliaca aporta una perspectiva comparativa adicional, ya que demuestra que las fibras naturales de la región pueden presentar propiedades mecánicas equiparables a materiales textiles convencionales si son sometidas a procesos controlados de acondicionamiento.

Desde el punto de vista teórico, los resultados empíricos permiten confirmar que la estructura y orientación de las microfibrillas de celulosa determinan las propiedades mecánicas finales de las fibras vegetales. La teoría de resistencia a la tracción de Armas et al. (2016) y el modelo de esfuerzo axial se verifican en la práctica experimental al observar que la resistencia máxima de la fibra (cN/tex). Asimismo, el porcentaje de elongación observado se explica por la deformación unitaria de la fibra, resultado de la reorganización interna de la celulosa, mientras

que el aumento del tiempo de rotura responde al equilibrio alcanzado entre rigidez y flexibilidad tras la neutralización con ácido acético y las condiciones del hilado.

La investigación valida la aplicación de normas internacionales como la ASTM y la NTP-ISO para la medición de propiedades mecánicas, asegurando la reproducibilidad y comparabilidad de los resultados. La aplicación de estos estándares en los laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca garantiza que los datos obtenidos poseen rigor técnico y confiabilidad estadística.

Los resultados alcanzados tienen implicaciones tecnológicas y ambientales relevantes, el proceso desarrollado es reproducible a pequeña, mediana y gran escala, utilizando reactivos accesibles como hidróxido de sodio y ácido acético, lo que facilita su adopción en contextos artesanales o semi industriales. Además, el aprovechamiento de un residuo del mercado, como la panca de maíz contribuye a la reducción de desechos orgánicos y al desarrollo de una industria textil sostenible, alineada con los principios de la estrategia europea para textiles circulares (Bernabeu, 2024) y con los estándares de sostenibilidad propuestos por la OCDE (2022). La investigación demuestra que la valorización de residuos puede generar materiales biodegradables de alto valor agregado, fortaleciendo el vínculo entre la ciencia, la innovación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- **Primero.** Esta investigación determinó que el tratamiento químico aplicado a las fibras textiles de panca de maíz tienen efectos altamente significativos en las propiedades mecánicas, se alcanzaron valores de resistencia a la tracción de 21.97 cN/tex, elongación de 24.10 % y tiempo de rotura de 13.92 seg, con significancia estadística en todos los modelos de análisis, considerando una significancia de 0.05; con propiedades físicas de finura de 95.19 μm , longitud promedio de 13.85 cm, con un rendimiento de 34.84% y una humedad relativa de 11.03%; Además, el análisis del margen de contribución de 54.19% en la producción artesanal de artículos y productos textiles, lo que confirma la viabilidad técnica y económica de la investigación; estos resultados evidencian que el tratamiento químico optimizó las propiedades mecánicas de las fibras de panca de maíz, lo que contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la consolidación de una industria textil más responsable, alineada con los principios de la economía circular.
- **Segundo.** Según los resultados obtenidos se determinó que el tratamiento químico aplicado a las fibras de panca de maíz tuvieron efectos altamente significativos en la resistencia a la tracción ($p = 0.000$), se observó que las combinaciones de concentración de hidróxido de sodio (A), temperatura (C) y el tiempo (D), así como la interacción A*C, B*C, C*D y A*B*C*D, tuvieron efectos directos sobre la resistencia a la tracción, alcanzando valores máximos de 21.97 cN/tex y un mínimo de 3.6 cN/tex, las condiciones óptimas se lograron con concentración de 4 g/L de NaOH, temperatura de 60 °C y tiempo de 60 minutos, las cuales permitieron la remoción controlada de lignina y hemicelulosa,

fortaleciendo la estructura de las fibras sin provocar su degradación.

- **Tercero.** Asimismo, se determinó que el tratamiento químico tuvo efectos estadísticamente significativos sobre el porcentaje de elongación de las fibras de panca de maíz ($p = 0.027$), demostrando que los efectos de la concentración de ácido acético (B) 3g/L así como la temperatura (C) 60 °C y tiempo (D) 60 min, incidieron positivamente en la flexibilidad y el porcentaje de elongación de las fibras de panca de maíz, con elongaciones máximas de 24.10%; el resultado menos favorable se dio a una concentración de ácido acético (B) 1 g/L, temperatura (C) 90°C y tiempo de 120 con un resultado de 3.06 cN/tex; ello demuestra que la neutralización con ácido acético posterior al tratamiento alcalino restablece el equilibrio químico del material, evitando la degradación de las cadenas de celulosa y contribuyendo a la obtención de fibras más flexibles y elásticas para su aplicación como biofibra textil.
- **Cuarto.** En cuanto al tiempo de rotura a la tracción, se determinó un efecto significativo del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción ($p = 0.003$), donde las interacciones entre temperatura (C) y tiempo (D) resultaron determinantes en el comportamiento temporal de la fibra frente al esfuerzo axial, alcanzando un valor mínimo de 8.71 seg, bajo condiciones de temperatura (C) 90 °C y tiempo (D) 120 minutos, estos resultados confirman que un incremento de la temperatura acelera la hidrólisis, degradando la estructura no solo lignina y hemicelulosa, sino también de la celulosa disminuyendo la capacidad de la fibra para resistir cargas prolongadas antes de la fractura, esto confirma que la temperatura y el tiempo son los factores más determinantes en las propiedades mecánicas de las fibras; este resultado nos lleva que se debe optimizar más en estos dos factores, ya que son determinantes en el desempeño mecánicos de las fibras de panca de maíz.

5.2. RECOMENDACIONES

- **Primero.** Se recomienda continuar optimizando el tratamiento químico de las fibras de panca de maíz, considerando concentraciones intermedias de NaOH entre 5 y 6 g/L, temperaturas entre 70 y 85 °C y tiempos de exposición de 20 a 60 minutos, a fin de mejorar simultáneamente la resistencia a la tracción, la elongación y el tiempo de rotura. Asimismo, se sugiere ampliar las investigaciones hacia tratamientos combinados de tipo enzimático, biotecnológico o eco químico, que permitan reducir el uso de reactivos alcalinos fuertes, asimismo; se sugiere hacer un análisis del ciclo de vida de las fibras.
- **Segundo.** Se recomienda aplicar las condiciones obtenidas en la investigación, correspondientes a 4 g/L NaOH, temperatura 60 °C y tiempo de 60 min, en procesos textiles artesanales o semiindustriales, debido a que estas favorecen el fortalecimiento de la estructura de la fibra y mejoran significativamente su resistencia mecánica. Estas fibras pueden emplearse en la fabricación de artículos textiles como carteras, canastas, tapetes, cortinas, estuches, cinturones, tapicería, organizadores y tejidos planos.
- **Tercero.** Se recomienda evaluar la combinación de las fibras tratadas de panca de maíz con otras fibras naturales o sintéticas, con la finalidad de desarrollar hilos, tejidos y materiales no tejidos con mejores propiedades de flexibilidad, elasticidad y desempeño mecánico, aprovechando los efectos favorables de la neutralización con ácido acético en la conservación de la estructura celulósica de las fibras.
- **Cuarto.** Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas a la caracterización integral de las fibras tratadas, mediante técnicas como SEM, FTIR o DSC, con el propósito de analizar el efecto de la temperatura y el tiempo sobre la degradación estructural de la fibra. Esta información permitirá optimizar con mayor precisión dichos factores, al ser determinantes en el comportamiento mecánico y en la resistencia de las fibras de panca de maíz para futuras aplicaciones industriales sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- AEMA. (2022). *Impacto ambiental de los textiles*. <https://www.ocu.org/consumo-familia/consumo-colaborativo/noticias/impacto-ambiental-textiles>
- Ardanuy, M., & Capdevila, X. (2011). Fibras procedentes de recursos renovables: una oportunidad para innovar y mejorar la competitividad. *Revista de Química e Industria Textil*, 205(24).
- Armas, R. D., Ruiz, G. S., Piován, L., Carrión, M. M., & Narváez, M. C. (2016). Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo. *Instituto Politécnico Nacional México - ESIME*, 20(1), 21–31.
- Avila, F. H., Blanco, G. M., & Valledor, E. R. F. (2019). *La dimensión metodológica del diseño de la investigación científica* (Edacun, Ed.; Edacun, Vol. 1). Editorial Universitaria.
- Bajpai, P., Jana, U., & Ratnapandian, S. (2022). Evaluación de los cambios en las fibras de panca de maíz después del tratamiento ácido. *Tekstilec*, 65(2), 106–112. <https://doi.org/10.14502/tekstilec.65.2021061>
- Bernabeu, J. P. (2024). Innovación y tejidos del futuro. *I+D+i Fibras Técnicas y Materiales Textiles de La Asociación de Investigación de La Industria Textil (AITEK)*, 1(140).
- Bernal, T. (2016). *Metodología de la investigación* (Urdaneta S. & O. Duitama, Eds.; 4th ed., Vol. 4). PEARSON.
- Berrios, P. M., & Guzmán, C. F. (2023). *Producción y comercialización y su influencia en la rentabilidad de la actividad agrícola del maíz en el distrito de yucay, provincia Urubamba, Cusco 2023*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Cabascango, G. E. M., Arteaga, C. K. A., Sánchez, N. A. R., Navarro, M. B. F., & Jácome, P. C. R. (2021). Técnicas de extracción de celulosa en residuos agroindustriales. *Revista Pertinencia Académica*, 5(3).
- Calvo, S. (2018). *Clasificación de fibras*.
- ComexPerú. (2021). *La producción nacional de maíz amarillo solo cubre el 23% de la demanda nacional* (Vol. 22).

<https://www.comexperu.org.pe/publicaciones?id=1&publicacion=Weekly&edicion=109>
5

Cortez, S. L., & Neill, D. A. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica* (Universidad Técnica de Machala, Ed.; 1st ed., Vol. 1). UTMACH.

Figueroa, Y. (2023). *La industria textil en Perú Importancia y desarrollo*.

Flores, T. D. I. (2011). Capítulo V: Hilatura de fibras largas. In *Elaboración de una guía didáctica virtual para los procesos de hilatura de fibras largas* (Vol. 1). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/730>

García, M. P. J. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Nota Científica*, 4(2), 73–79. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>

García, Q. M. (2021). *Análisis de la sostenibilidad en el sector textil*. <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/52786/2/TFG%20-%20Garcia%20Quesada%2C%20Maria.pdf>

Guacho, A. E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays) de la localidad San José de Chazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Guija, B. M., & Guija, I. R. M. (2019). *Metodología de la investigación científica* (GUIGRAF, Vol. 1). Biblioteca Nacional.

Gutiérrez, P. H., & De La Vara, S. R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Vol. 2). www.FreeLibros.org

Hasdiana, A. (2018). Mejora de la calidad de la panca de maíz como materia prima para productos textiles. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, 112. <http://erabaru.net/ipetek/80-bumilingkungan-/18915-produk->

Hernández, B. M. A. (2020). *Propuesta de fibras biodegradables que sirvan como insumos en la industria textil*. Universidad EIA.

Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed., Vol. 6). MCGRAW-HILL.

Huallpa, O. E. M. (2018). *Comparación de la calidad de tejidos textiles obtenidos de residuos*

- de hojas de piña de variedades de golden, hawaiana y samba, Junín 2018.* Universidad César Vallejo.
- Huaman, A. G. (2023). *Análisis de la producción de maíz amarillo duro en las provincias de El Dorado, Picota, Bellavista y San Martín, durante los últimos 10 años* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://orcid.org/0000-0001-9141-5372>
- Jacinto, E. A. X., Paytán, C. M. F., & Villafuerte, Q. M. P. (2025). Pioneras fibras del maíz: innovadora extracción de fibra de panca de choclo. *Ingeniería Siglo XXI*, 07(3028), 119.
- Jain, A., & Chanana, B. (2018). *UTILIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE MAÍZ PARA USOS TEXTILES Utilización de la cáscara de maíz para usos textiles.* <https://www.researchgate.net/publication/360244230>
- Kambli, N., Basak, S., & Deshmukh, R. (2021). Fibras de panca de maíz, sus propiedades y valor añadido. *Fibras de Cáscara de Maíz, Sus Propiedades y Valor Añadido*, 1, 471–480. <https://doi.org/.B----->
- Khan, A., Yilmaz, N. D., & Yilmaz, K. (2020). Efectos de los tratamientos químicos y métodos de desgomado sobre las propiedades físicas y mecánicas de las fibras de líber de okra y panca de maíz. *Journal of the Textile Institute*, 111(10), 1418–1435. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1702492>
- León, C. J. C. (2021). *Producción de maíz blanco gigante del Cusco alcanzó las 18.623 toneladas en 2021, mostrando una reducción de 18.38%.*
- Limpe, R. P. (2018). *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de textiles ecológicos de algodón, funcionalizado con nanopartículas de plata carboximetilquitosano (NPsAg-CMQ).* Universidad Nacional de San Agustín.
- Lockuan, L. F. E. (2012). *III. La industria textil y su control de calidad, Hilandería* (Vol. 3). [http://fidel-lockuan.webs.com./](http://fidel-lockuan.webs.com/)
- Matute, A. K. N., & Plaza, Z. M. D. L. A. (2023). *Elaboración de fibras textiles a partir de la extracción de celulosa de residuos agrícolas generados en el mercado simón Bolívar de Riobamba.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mayta, P. S. M., Quintana, C. M. E., Norabuena, M. E. W., & Tello, S. R. A. (2023). Extracción

- de celulosa a partir de residuos de hojas de maíz. *Centro Para El Desarrollo de Materiales Avanzados y Nanotecnología - UNI*, 33(2), 77–93. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v33i2.1676>
- Meenakshi, T. (2024). Fibras textiles: producción, clasificación, propiedades, morfología y cuidados. In *Fundamentos de la ciencia comunitaria* (Capítulo 9, pp. 110–120). https://www.researchgate.net/publication/381923803_Textile_Fibers_Production_Classification_Properties_Morphology_and_Care
- Melo, O. O., López, L. A., & Melo, S. E. (2020). *Diseño de experimentos métodos y aplicaciones* (Monroy Juliana, Ed.; Facultad ciencias, Vol. 2). Universidad Nacional de Colombia.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (A. Zetina, Ed.; LIMUSA, Vol. 2). Limusa Wiley.
- Montoya, M. L. (2024). *Residuos vegetales de Banano (Musa x paradisiaca L), coco (Cocos nucifera L) y caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la obtención de fibras textiles*. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Moreno, S. D. A., & Neusa, R. J. S. (2021). *Evaluación para la obtención de una fibra textil a partir de pseudotallo de plátano* [Grado]. Fundación Universidad de América.
- Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M. R., Palacios, V. J. J., & Romero, D. H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa cualitativa y redacción de la tesis* (Ediciones de la U, Vol. 5).
- Novoa, D. C. (2022). *Algium: biohilo de algas como una alternativa a los textiles de la Industria de la Moda*. Universidad del Desarrollo.
- ONU. (2019). *El costo ambiental de estar a la moda*. <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161#:~:text=El>
- Patil, H., & Athalye, A. (2023). Valorización de residuos de panca de maíz para aplicaciones textiles. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2156017>
- Quilca, Q. M. I. (2023). *Obtención de fibra textil, a base de totora (Schoenoplectus*

californicus), utilizando solución básica [Universidad Nacional del Altiplano].
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21085>

Sarker, R. A., Ghosh, A., & Mukkhopadhyay, S. (2022). Avances y perspectivas de la panca de maíz como material sostenible en composites y otras aplicaciones técnicas. *Revista de Producción Limpia*, 371(133563). <https://doi.org/.j.jclepro>.

SUNAT. (2019). *Anexo02: Conceptos generales*.
<https://www.sunat.gob.pe/legislacion/procedim/despacho/importacion/importac/instructivos/docAnexos/DESPA-IT.01.11/Anexo02u.pdf>

Taipe, B. N. S. (2024). *Determinar las propiedades textiles de la seda de araña a 3824 m.s.n.m. Juliaca 2023*. Universidad Nacional de Juliaca.

Tamani, M. D., Huamán, B. L., Panduro, G. S., & Salón, P. C. (2025). Fibras textiles naturales a partir de residuos vegetales: Inspiración en Agralooop. *Ingeniería Siglo XXI*, 07(3028), 129–136.

Ticona, A. L., & Humpiri, F. M. E. (2020). Aprendizaje de la resistencia a la tracción de hilos industriales en estudiantes de Ingeniería Textil. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(Vol. 3, Num. 1), 49–58. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.126>

Valencia, C. I. S. (2019). *Caracterización y análisis de fibras textiles rentables*.

Velasque, O. J. C. (2024). *Influencia de la enzima pectinasa y temperatura en la finura de las fibras textiles obtenidas de musa paradisiaca* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
www.coursehero.com

Wubneh, F., Gideon, R. K., Dacheng, W., & Babu, K. (2022). Extracción y caracterización de fibras de panca de maíz. *Journal of Natural Fibers*, 19(16), 12862–12869.
<https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2077885>

Yasmin, Z., Jahan, K. N., Maliha, M., Chowdhury, Z. T., & Hasan, J. (2024). Fibra de panca de maíz: una fibra sostenible. *International Journal of Textile Science*, 13(1), 1–6.
<https://doi.org/10.5923/j.textile.20241301.01>

ZEO. (2024). *Ropa biodegradable y reciclada para un planeta más sano*.

Zhapán, F. M. Y., & Mosquera, S. J. E. (2019). Obtención de fibras textiles a partir de residuos agrícolas. *Universidad Del Azuay, 1*.

Zheng, M., Zhang, K., Zhang, J., Zhu, L., Dua, G., & Zheng, R. (2022). Biofibras textiles a base de panca de maíz, económicas, de alto rendimiento y resistentes, con una baja huella de carbono, mediante una estrategia ecológica de enriado, empalme y torsión con álcali. *Cultivos y Productos Industriales, 188(B)*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022011827>

ANEXOS

Anexo 1: *Panel fotográfico.*



Figura 15: *Recolección y selección de pancas de maíz.*



Figura 16: *Materiales y equipos utilizados en la investigación.*



Figura 17: Pretratamiento y pesado de insumos utilizados.



Figura 18: Tratamiento químico de las fibras textiles de panca de maíz.



Figura 19: Control del tiempo y temperatura en el tratamiento químico.



Figura 20: Neutralización de las muestras con ácido acético.



Figura 21: Muestras de fibras extraídas y tratadas de panca de maíz.



Figura 22: *Celulosa residual del tratamiento químico.*



Figura 23: *Muestras de fibras lavadas y escarmenada.*



Figura 24: *Proceso de blanqueo a 60°C con peróxido de hidrogeno.*



Figura 25: *Proceso de hilado artesanal y rotulación de las muestras de hilados.*

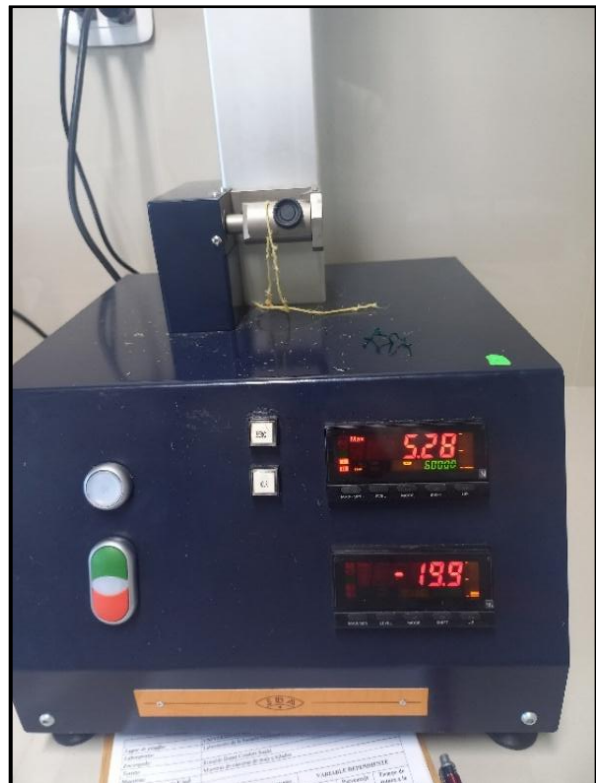


Figura 26: *Ensayos de dinamometría, ejecución de la variable dependiente.*

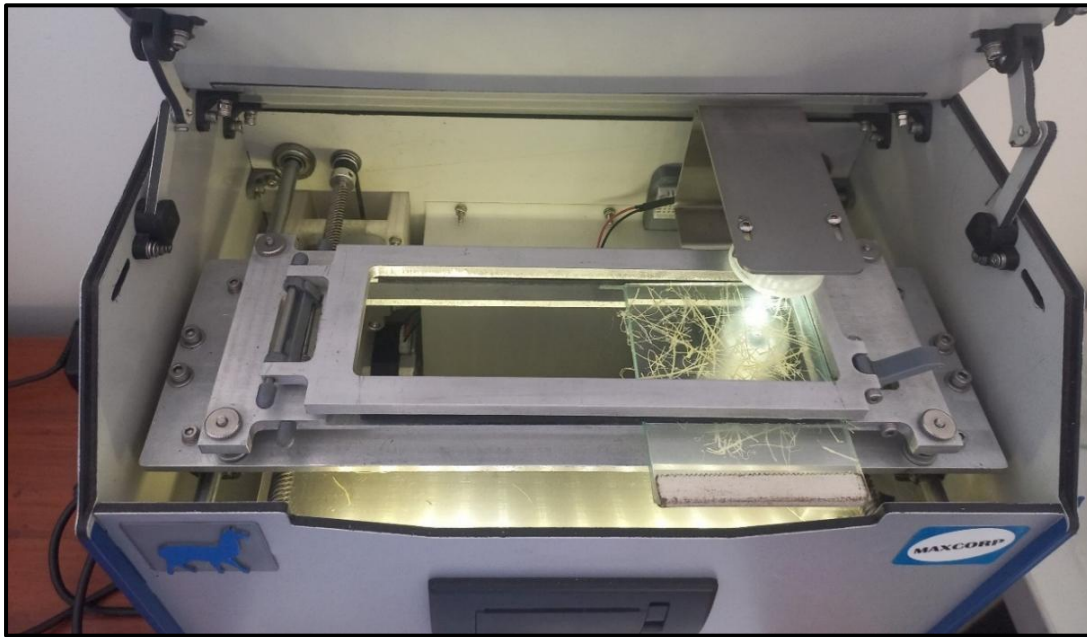


Figura 27: Análisis de la finura de las fibras utilizando Fiber EC

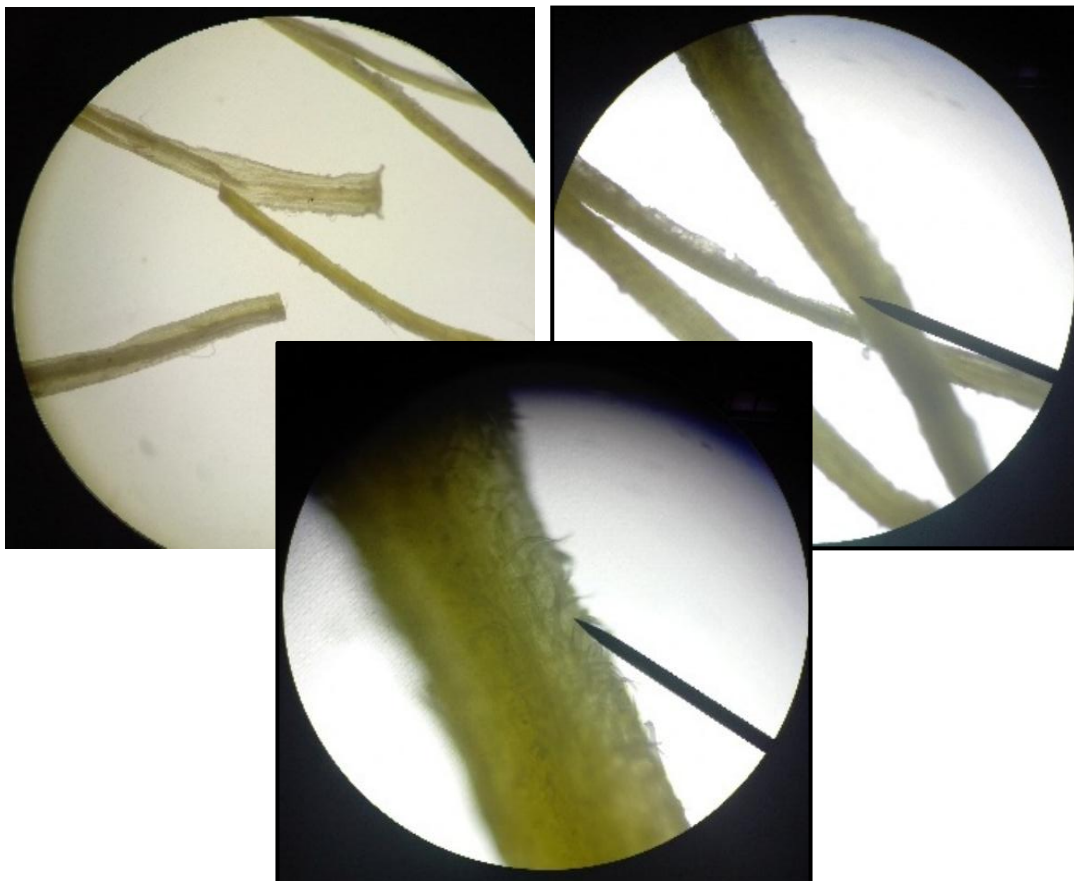


Figura 28: Estructura morfológica de las fibras, análisis microscópico.

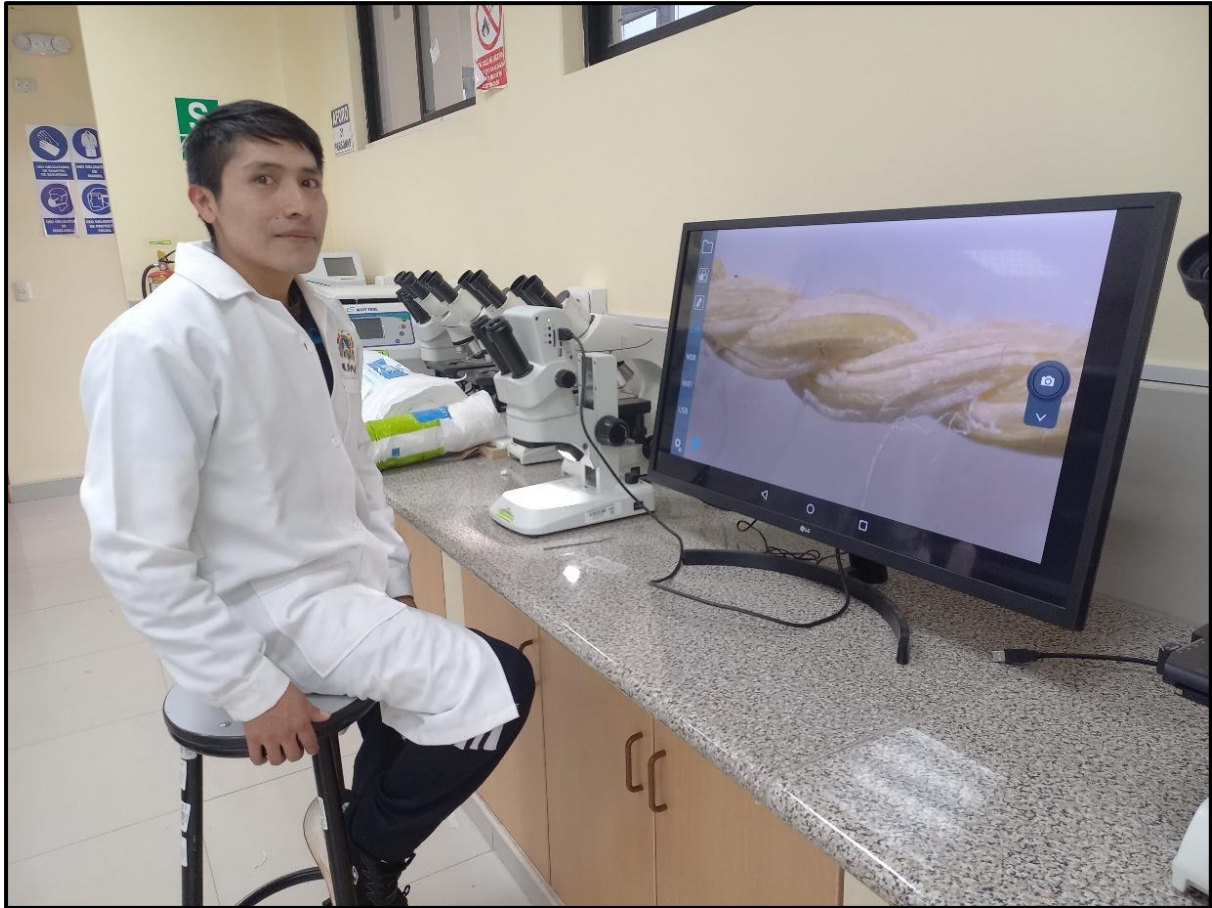


Figura 29: Análisis del hilo en el estereoscopio.

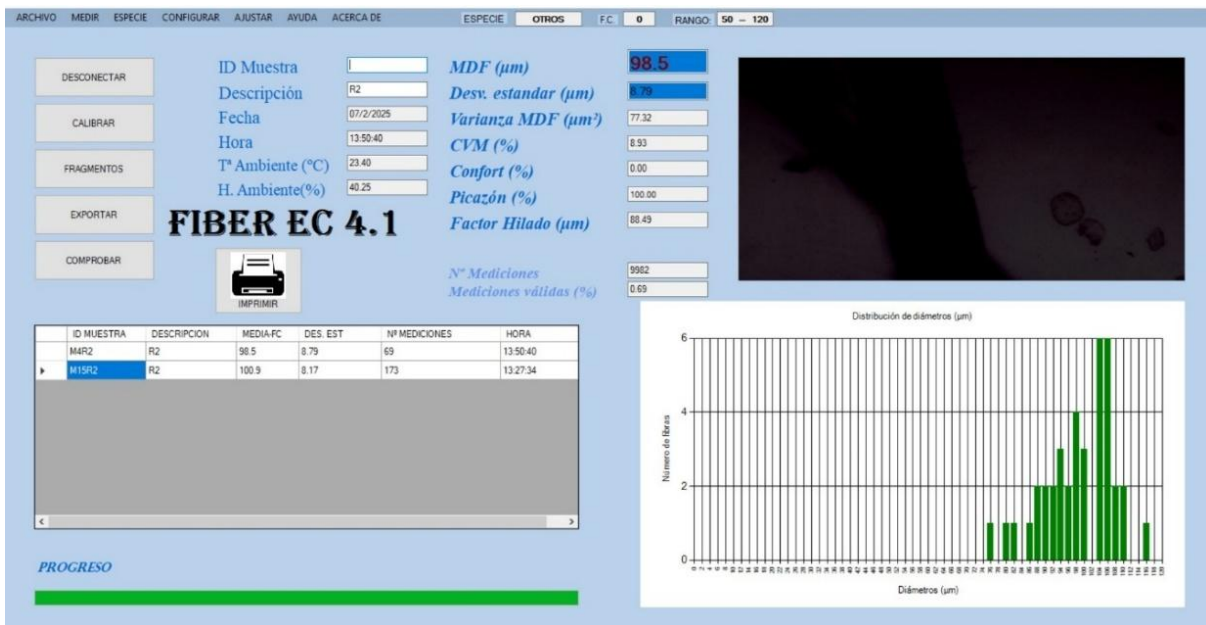


Figura 30: Resultados del análisis de la finura de las fibras de panca de maíz.

Anexo 2: *Ficha de análisis de confiabilidad de dinamómetro.*


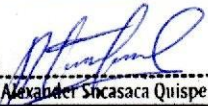
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Título de la investigación:

EFECTOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS TEXTILES DE PANCA DE MAÍZ (ZEA MAYS), JULIACA 2025

FICHA DE CONFIABILIDAD DEL DINAMÓMETRO

Lugar de estudio:				UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA					
Laboratorio:				Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones					
Encargado del laboratorio:				Ing. Alexander Sucasaca Quispe					
Tesista:				Ronaldo Bonet Condori Suaña					
Muestras:				Muestras de hilados					
Fecha de ejecución				6/02/2025					
MUESTRA 1				MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Material:		Dralón		Material:		Alpacril	Material:		Poliéster
Título del hilo (tex):		26.86/2		Título del hilo:		49.21/2	Título del hilo:		14.76/2
Torción (Vueltas/10cm):		90		Torción:		40	Torsión:		106
Longitud (mm):		600.0		Longitud:		600.0	Longitud:		600.0
Nº	Resistencia a la tracción (cN/tex)	Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)	Resistencia a la tracción (cN/tex)	Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)	Resistencia a la tracción (cN/tex)	Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)
1	45.38	43.30	26.38	39.84	33.80	19.24	68.31	24.60	13.58
2	44.12	45.50	26.95	36.16	36.70	20.78	75.28	25.50	13.85
3	41.86	43.00	24.13	35.26	36.60	20.84	68.20	22.50	12.81
4	45.59	45.80	27.01	38.30	34.20	19.56	71.96	25.10	13.59
5	44.26	44.80	26.54	34.27	34.10	19.15	72.43	26.40	14.88
6	43.92	44.50	26.41	36.34	34.60	19.84	75.29	26.40	14.61
7	40.86	45.70	27.61	37.16	35.40	19.58	70.45	25.90	14.26
8	42.43	44.30	26.36	34.86	33.40	19.13	74.86	26.40	14.74
9	42.36	43.40	25.25	36.36	35.00	20.05	69.26	25.80	13.96
10	48.04	43.20	24.46	35.70	34.20	20.10	69.02	25.50	13.75
Media	43.88	44.35	26.11	36.43	34.80	19.83	71.51	25.41	14.00
Varianza	4.477	1.181	1.284	2.750	1.273	0.387	8.257	1.397	0.401
Dev.Est.M.	2.116	1.087	1.133	1.658	1.128	0.622	2.873	1.182	0.633
Coef.Var.	4.82%	2.45%	4.34%	4.55%	3.24%	3.14%	4.02%	4.65%	4.52%
Obs.	Todos los coeficientes de variación son menores a 5%; por lo tanto, el instrumento es confiable.								
				  Alexander Sucasaca Quispe Ing. Textil y de Confecciones					
				Firma y postfirma del encargado					

Anexo 3: Instrumento de investigación, ficha de laboratorio.

Anexo 4: *Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos.*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Ancachi Limaachi Adalidit*
- 1.2. Grado y/o título profesional: *Ing. Estadístico e Informático*
- 1.3. Institución que labora: *CITE Textil camelidos Puno - ITP*
- 1.4. Título de la investigación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays), Juliaca 2025
- 1.5. Autor(a) del instrumento: Ronaldo Bonet Condori Suaña
- 1.6. Mención: ficha de campo o ficha laboratorio
- 1.7. Nombre del instrumento: Ficha técnica de laboratorio
- 1.8. Criterios de aplicabilidad:
a) de 01 a 09 "no válido, reformular", b) de 10 a 12 "no válido, modificar", c) de 13 a 15 "válido, mejorar", d) de 16 a 18 "válido, precisar", e) de 19 a 20 "válido, aplicar".

II. ASPECTOS A EVALUAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy bueno (16-18)	Excelente (19-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.					X
OBJETIVIDAD	Está basado en conductas observables.					X
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de investigación.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos del tema.					X
COHERENCIA	Entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					X
PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación.					X
Subtotal					4	45
Total						

Valoración cuantitativa (Total*0.4): *19.6*

Valoración Cualitativa: *Excelente*

Opinión de aplicabilidad: *Aplicar*

Lugar y fecha: *Puno, 23 de enero 2024*

Firma y posfirma del experto

DNI: *73078006*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: GOLLA COAQUIPA KELLY ANELY
- 1.2. Grado y/o título profesional: INGENIERIA INDUSTRIAL
- 1.3. Institución que labora: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN - CITE TEXTIL CAMELIDOS PUNO
- 1.4. Título de la investigación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays), Juliaca 2025
- 1.5. Autor(a) del instrumento: Ronaldo Bonet Condori Suaña
- 1.6. Mención: ficha de campo o ficha laboratorio
- 1.7. Nombre del instrumento: Ficha técnica de laboratorio
- 1.8. Criterios de aplicabilidad:
 - a) de 01 a 09 "no válido, reformular", b) de 10 a 12 "no válido, modificar", c) de 13 a 15 "válido, mejorar", d) de 16 a 18 "válido, precisar", e) de 19 a 20 "válido, aplicar".

II. ASPECTOS A EVALUAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy bueno (16-18)	Excelente (19-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.				4	
OBJETIVIDAD	Está basado en conductas observables.				4	
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				4	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				4	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				4	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de investigación.					5
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos del tema.				4	
COHERENCIA	Entre las variables, dimensiones e indicadores.					5
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.				4	
PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación.					5
Subtotal					28	15
Total						43

Valoración cuantitativa (Total*0.4): $43 \times 0.4 = 17$

Valoración Cualitativa: muy bueno

Opinión de aplicabilidad: VALIDO

Lugar y fecha: PUNO, 23 de ENERO del 2025


Firma y posfirma del experto
DNI: 43107972



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castillo Yepes Lita Esilhey
 1.2. Grado y/o título profesional: Ingeniero Textil y de Confecciones
 1.3. Institución que labora: Instituto Tecnológico de la Producción
 1.4. Título de la investigación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays), Juliaca 2025
 1.5. Autor(a) del instrumento: Ronaldo Bonet Condori Suaña
 1.6. Mención: ficha de campo o ficha laboratorio
 1.7. Nombre del instrumento: Ficha técnica de laboratorio
 1.8. Criterios de aplicabilidad:
 a) de 01 a 09 "no válido, reformular", b) de 10 a 12 "no válido, modificar", c) de 13 a 15 "válido, mejorar", d) de 16 a 18 "válido, precisar", e) de 19 a 20 "válido, aplicar".

II. ASPECTOS A EVALUAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy bueno (16-18)	Excelente (19-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.				X	
OBJETIVIDAD	Está basado en conductas observables.					X
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de investigación.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos del tema.					X
COHERENCIA	Entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					X
PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación.				X	
Subtotal						
Total						

Valoración cuantitativa (Total*0.4): 19.2

Valoración Cualitativa: VALIDO

Opinión de aplicabilidad: APLICAR

Lugar y fecha: 22/01/2025



Lita E. Castillo Yepes
 ING. TEXTIL Y DE CONFECCIONES
 C.I.P. 328478

Firma y posfirma del experto

DNI:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: SUCASACA QUISPE ALEXANDER
1.2. Grado y/o título profesional: ING. TEXTIL Y DE CONFECCIONES
1.3. Institución que labora: UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
1.4. Título de la investigación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays), Juliaca 2025
1.5. Autor(a) del instrumento: Ronaldo Bonet Condori Suaña
1.6. Mención: ficha de campo o ficha laboratorio
1.7. Nombre del instrumento: Ficha técnica de laboratorio
1.8. Criterios de aplicabilidad:
a) de 01 a 09 "no válido, reformular", b) de 10 a 12 "no válido, modificar", c) de 13 a 15 "válido, mejorar", d) de 16 a 18 "válido, precisar", e) de 19 a 20 "válido, aplicar".

II. ASPECTOS A EVALUAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy bueno (16-18)	Excelente (19-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.					X
OBJETIVIDAD	Está basado en conductas observables.					X
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de investigación.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos del tema.					X
COHERENCIA	Entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.				X	
PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación.					X
Subtotal					8	10
Total					8	10

Valoración cuantitativa (Total*0.4): 19.2

Valoración Cualitativa: EXELENTE

Opinión de aplicabilidad: APLICAR

Lugar y fecha: 22 de enero del 2025



Alexander Sucasaca Quispe
ING. TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Firma y posfirma del experto

DNI: 79311690



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: Parfán Fiorel Juan Américo
- 1.2. Grado y/o título profesional: Mtro. Ingeniero Químico
- 1.3. Institución que labora: Docente, Universidad Nacional de Juliaca (Unaj)
- 1.4. Título de la investigación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (zea mays), Juliaca 2025
- 1.5. Autor(a) del instrumento: Ronaldo Bonet Condori Suaña
- 1.6. Mención: ficha de campo o ficha laboratorio
- 1.7. Nombre del instrumento: Ficha técnica de laboratorio
- 1.8. Criterios de aplicabilidad:
 - a) de 01 a 09 "no válido, reformular", b) de 10 a 12 "no válido, modificar", c) de 13 a 15 "válido, mejorar", d) de 16 a 18 "válido, precisar", e) de 19 a 20 "válido, aplicar".

II. ASPECTOS A EVALUAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy bueno (16-18)	Excelente (19-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.				X	
OBJETIVIDAD	Está basado en conductas observables.					X
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de investigación.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos del tema.				X	
COHERENCIA	Entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.				X	
PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación.					X
Subtotal					28	15
Total					43	

Valoración cuantitativa (Total*0.4): 17.2

Valoración Cualitativa: Muy bueno

Opinión de aplicabilidad: precisar

Lugar y fecha: 24/01/2025

Juan Américo Parfán Flores
INGENIERO QUÍMICO
CIP. 35218
Firma y posfirma del experto
DNI: 23.911.342

Anexo 5: Base de datos de la investigación.

COD			PRETRATAMIENTO							TRATAMIENTO QUIMICO										BLANQUEO						HILADO						PROPIEDADES MECÁNICAS					
Muestra	Nº Replica	Efecto	Peso del sustrato (gr)	Relacion de baño (1:30)	Volumen de agua (ml)	Concentración de humectante (5 gr/l)	Cantidad de humectante (gr)	Nivel de Ph	Tiempo de remojo (hrs)	Factores										Relación de baño	Volumen de agua (ml)	Concentración de H2O2 (2%)	Volumen de H2O2 (ml)	Tiempo de blanqueo (min)	Temperatura de blanqueo (°C)	Nivel de pH	Humedad relativa del sustrato	Torcion	Numero de carbas	Longitud del hilo (m)	Longitudde ensayo (mm)	Peso del hilo (gr)	Numeración del hilo (tex)	Fuerza Maxima de rotura (N)	Resistencia a la tracción (cN/tex)	Porcentaje de elongación (%)	Tiempo de rotura a la tracción (Seg)
										Concentración de hidróxido de sodio (g/l)	Relacion de baño (1:40)	Volumen de agua (ml)	Peso de hidróxido de sodio (g/l)	Nivel de Ph	Ácido acético (g/l)	Volumen del ácido acético (ml)	C: Temperatura (°C)	D: Tiempo (min)	Tiempo de lavado y enjuague (min)																		
M1	R1	(1)	11.54	30	346.21	5	1.73	6.08	24	4	40	461.61	1.846	12.22	1	0.46	60	60	5	30	346.21	2	6.92	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.109	90.542	9.950	21.979	22.200	13.500
M1	R2	(1)	12.54	30	376.21	5	1.88	6.08	24	4	40	501.61	2.006	12.22	1	0.50	60	60	5	30	376.21	2	7.52	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.109	90.833	9.250	20.367	22.500	13.920
M2	R1	a	10.57	30	317.21	5	1.59	6.08	24	7	40	422.95	2.961	12.43	1	0.42	60	60	5	30	317.21	2	6.34	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.124	103.333	6.130	11.865	22.100	13.080
M2	R2	a	10.94	30	328.14	5	1.64	6.08	24	7	40	437.52	3.063	12.43	1	0.44	60	60	5	30	328.14	2	6.56	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.126	105.333	6.680	12.684	21.700	12.830
M3	R1	b	10.58	30	317.43	5	1.59	6.08	24	4	40	423.24	1.693	12.23	3	1.27	60	60	5	30	317.43	2	6.35	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.124	103.333	8.590	16.626	22.800	12.740
M3	R2	b	11.22	30	336.63	5	1.68	6.08	24	4	40	448.84	1.795	12.23	3	1.35	60	60	5	30	336.63	2	6.73	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.130	108.333	8.900	16.431	22.600	12.570
M4	R1	ab	10.11	30	303.21	5	1.52	6.08	24	7	40	404.28	2.830	12.45	3	1.21	60	60	5	30	303.21	2	6.06	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.128	106.950	6.240	11.669	23.600	12.940
M4	R2	ab	11.67	30	350.10	5	1.75	6.08	24	7	40	466.80	3.268	12.45	3	1.40	60	60	5	30	350.10	2	7	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.123	102.500	5.520	10.771	24.100	13.200
M5	R1	c	10.71	30	321.35	5	1.61	6.12	24	4	40	428.46	1.714	12.24	1	0.43	90	60	5	30	321.35	2	6.43	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.122	101.667	3.880	7.633	19.400	10.670
M5	R2	c	10.42	30	312.50	5	1.56	6.12	24	4	40	416.66	1.667	12.24	1	0.42	90	60	5	30	312.50	2	6.25	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.128	106.375	4.350	8.179	19.200	10.740
M6	R1	ac	10.57	30	317.11	5	1.59	6.12	24	7	40	422.82	2.960	12.47	1	0.42	90	60	5	30	317.11	2	6.34	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.137	113.825	4.220	7.415	19.900	11.660
M6	R2	ac	11.27	30	338.10	5	1.69	6.12	24	7	40	450.80	3.156	12.47	1	0.45	90	60	5	30	338.10	2	6.76	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.141	117.500	4.650	7.915	19.700	11.710
M7	R1	bc	10.65	30	319.39	5	1.6	6.12	24	4	40	425.85	1.703	12.23	3	1.28	90	60	5	30	319.39	2	6.39	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.157	130.833	7.230	11.052	21.400	11.750
M7	R2	bc	11.23	30	336.90	5	1.68	6.12	24	4	40	449.20	1.797	12.23	3	1.35	90	60	5	30	336.90	2	6.74	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.159	132.517	7.510	11.334	22.200	12.160
M8	R1	abc	10.49	30	314.64	5	1.57	6.12	24	7	40	419.52	2.937	12.51	3	1.26	90	60	5	30	314.64	2	6.29	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.142	118.333	4.590	7.758	18.600	9.710
M8	R2	abc	11.13	30	333.90	5	1.67	6.12	24	7	40	445.20	3.116	12.51	3	1.34	90	60	5	30	333.90	2	6.68	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.142	118.333	4.690	7.927	18.900	10.400
M9	R1	d	10.72	30	321.63	5	1.61	6.10	24	4	40	428.84	1.715	12.18	1	0.43	60	120	5	30	321.63	2	6.43	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.143	119.525	9.570	16.013	18.800	9.890
M9	R2	d	10.85	30	325.50	5	1.63	6.10	24	4	40	434.00	1.736	12.18	1	0.43	60	120	5	30	325.50	2	6.51	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.138	114.975	9.810	17.065	19.800	10.920
M10	R1	ad	11.42	30	342.54	5	1.71	6.10	24	7	40	456.72	3.197	12.62	1	0.46	60	120	5	30	342.54	2	6.85	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.144	119.642	7.400	12.370	19.800	11.840
M10	R2	ad	12.41	30	372.30	5	1.86	6.10	24	7	40	496.40	3.475	12.62	1	0.50	60	120	5	30	372.30	2	7.45	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.142	118.392	7.640	12.906	19.600	12.170
M11	R1	bd	11.76	30	352.78	5	1.76	6.10	24	4	40	470.37	1.881	12.21	3	1.41	60	120	5	30	352.78	2	7.06	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.158	131.450	13.520	20.571	22.200	10.330
M11	R2	bd	12.38	30	371.40	5	1.86	6.10	24	4	40	495.20	1.981	12.21	3	1.49	60	120	5	30	371.40	3	11.1	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.148	123.125	11.180	18.160	22.200	10.420
M12	R1	abd	11.75	30	352.64	5	1.76	6.10	24	7	40	470.19	3.291	12.58	3	1.41	60	120	5	30	352.64	2	7.05	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.143	119.383	6.080	10.186	20.200	9.300
M12	R2	abd	11.94	30	358.20	5	1.79	6.10	24	7	40	477.60	3.343	12.58	3	1.43	60	120	5	30	358.20	2	7.16	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.140	116.725	5.740	9.835	20.400	9.500
M13	R1	cd	10.69	30	320.78	5	1.6	6.12	24	4	40	427.71	1.711	12.22	1	0.43	90	120	5	30	320.78	2	6.42	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.152	126.642	4.700	7.423	19.400	10.670
M13	R2	cd	11.45	30	343.50	5	1.72	6.12	24	4	40	458.00	1.832	12.22	1	0.46	90	120	5	30	343.50	2	6.87	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.156	129.717	5.220	8.048	19.200	10.220
M14	R1	acd	10.48	30	314.47	5	1.57	6.12	24	7	40	419.29	2.935	12.54	1	0.42	90	120	5	30	314.47	2	6.29	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.179	148.850	4.220	5.670	17.800	9.280
M14	R2	acd	11.32	30	339.60	5	1.7	6.12	24	7	40	452.80	3.170	12.54	1	0.45	90	120	5	30	339.60	2	6.79	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.170	142.008	3.520	4.957	17.600	9.300
M15	R1	bcd	10.60	30	317.99	5	1.59	6.12	24	4	40	423.99	1.696	12.17	3	1.27	90	120	5	30	317.99	2	6.36	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.141	117.683	4.970	8.446	20.500	10.810
M15	R2	bcd	11.64	30	349.20	5	1.75	6.12	24	4	40	465.60	1.862	12.17	3	1.40	90	120	5	30	349.20	2	6.98	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.144	120.250	5.280	8.782	19.900	10.750
M16	R1	abcd	10.90	30	327.10	5	1.64	6.12	24	7	40	436.13	3.053	12.52	3	1.31	90	120	5	30	327.10	2	6.54	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.168	139.950	2.520	3.601	19.800	8.430
M16	R2	abcd	11.52	30	345.60	5	1.73	6.12	24	7	40	460.80	3.226	12.52	3	1.38	90	120	5	30	345.60	2	6.91	60	60	7.4	65	35	2	0.6	500	0.151	126.058	2.770	4.395	20.500	8.100
			357		10724		53.6					14299	75.4			27.28					10724		218.2							0.141	117.654	6.454	11.251	20.581	11.110		

Anexo 6: Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Concentración de hidróxido de sodio	Gramos por litro	4g/L 7g/L	Tipo de investigación: Aplicada Según su enfoque: Cuantitativo Según su alcance: Explicativa Diseño: Experimental Preexperimental Muestreo: Diseño factorial 2k “2^4” 2 niveles, 4 factores y 2 réplicas. Método: Hipotético - Deductivo Población: Sustratos de panca de maíz con procedencia de Cusco Muestra: 32 unidades muestrales Técnica: Observación experimental Instrumento: Ficha de técnica de laboratorio Inferencia estadística -Análisis de varianza ANOVA
PG. ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025?	OG. Determinar el efecto del tratamiento químico en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	HG. El tratamiento químico tiene efectos significativos en las propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	Tratamiento químico de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>)	Concentración de ácido acético glacial	Gramos por litro	1g/L 3g/L	
				Temperatura	Grados centígrados	60°C 90°C	
				Tiempo	Minutos	60 min 120 min	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específico	Variable dependiente	Resistencia a la tracción	Tenacidad	cN/tex	
P1. ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025?	O1. Determinar el efecto del tratamiento químico en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	H1. El tratamiento químico tiene efectos significativos en la resistencia a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	Propiedades mecánicas de las fibras textiles de panca de maíz	Elongación	Porcentaje de elongación	%	
P2. ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en la elongación de rotura de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025?	O2. Determinar el efecto del tratamiento químico en la elongación de rotura de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	H2. El tratamiento químico tiene efectos significativos en el porcentaje de elongación de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025					
P3. ¿Cuál es el efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025?	O3. Determinar el efecto del tratamiento químico en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025	H3. El tratamiento químico tiene efectos significativos en el tiempo de rotura a la tracción de las fibras textiles de panca de maíz (<i>zea mays</i>), Juliaca 2025			Tiempo de rotura a la tracción	Tiempo	seg



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

UWU