



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES, A PARTIR DEL BAGAZO DE  
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) GENERADO EN LA  
INDUSTRIA PANELERA DEL CANTÓN ECHEANDÍA.**

**Trabajo de Titulación para optar al título  
de Ingeniero Agroindustrial**

**Autor:**

**Vallejo Naranjo Anabel Cristina**

**Tutor:**

**Mgs. Sebastián Guerrero Luzuriaga**

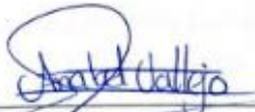
**Riobamba, Ecuador. 2024**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Anabel Cristina Vallejo Naranjo, con cédula de ciudadanía 060458988-7, autora del trabajo de investigación titulado: “OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES, A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) GENERADO EN LA INDUSTRIA PANELERA EN EL CANTÓN ECHEANDÍA.”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Así mismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 14 de mayo de 2024

  
Anabel Cristina Vallejo Naranjo  
C.I: 060458988-7

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Sebastián Guerrero Luzuriaga, MsC., catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de caña de azúcar generado en la industria panelera en el cantón Echeandía, bajo la autoría de Anabel Cristina Vallejo Naranjo; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 14 días del mes de mayo de 2024.



Ing. Sebastián Guerrero Luzuriaga, MsC.

C.I: 0603950577

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación: “Obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de caña de azúcar generado en la industria panelera en el cantón Echeandía”, presentado por Anabel Cristina Vallejo Naranjo, con cédula de identidad número 0604458988-7, emitimos el DICTAMEN FAVORABLE, conducente a la APROBACIÓN de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 14 de mayo de 2024.

Ana Mejía López, Mgs.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Cristian Patiño Vidal, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Sebastián Guerrero Luzuriaga, Mgs.  
**TUTOR**



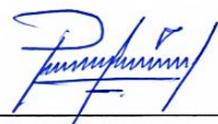
---

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de caña de azúcar generado en la industria panelera en el cantón Echeandía**, presentado por Anabel Cristina Vallejo Naranjo, con cédula de identidad número 0604589887, bajo la tutoría del Ing. Sebastián Guerrero Luzuriaga, MsC.; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 14 días del mes de mayo de 2024.

Ph.D. Paúl Ricaurte Ortiz  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ph.D. Cristian Patiño Vidal  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Ana Mejía López  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



## CERTIFICACIÓN

Que, **Vallejo Naranjo Anabel Cristina** con C.I: **0604589887**, estudiante de la carrera **Ingeniería Agroindustrial, NO VIGENTE**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES, A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) GENERADO EN LA INDUSTRIA PANELERA DEL CANTÓN ECHEANDÍA.”**, cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 1 de mayo de 2024



Mgs. Sebastián Guerrero L.

**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a Dios y a la memoria de mis ancestros.

*Anabel Cristina Vallejo Naranjo*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la salud, la vida y por ser guía en mis momentos difíciles ayudándome con sabiduría para el cumplimiento de mis metas, manteniendo mi fe firme en él.

Agradezco a mis padres por estar junto a mí, con ejemplo de superación, esfuerzo y trabajo ellos son el motor de mi vida gracias a su apoyo y amor incondicional.

Agradezco a mi esposo e hija por su amor infinito, ellos me inspiran a ser mejor cada día, son la constante de mi vida.

Amigos y demás familiares que me han brindado su apoyo en diferentes situaciones y no me han permitido desistir de mis sueños profesionales, especialmente Marco Rodríguez gran amigo desde el inicio de esta travesía universitaria.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, en especial a la facultad de ingeniería y a todos mis docentes por brindarme los conocimientos necesarios, la entereza de amor por esta carrera, por su preocupación en la formación de profesionales líderes que ayuden a dar soluciones a la problemática de la comunidad.

Al Mgs. Sebastián Guerrero mi tutor quien me ha brindado su paciencia, conocimientos y ha facilitado las herramientas necesarias para la elaboración de este proyecto.

*Anabel Cristina Vallejo Naranjo*

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Antecedentes .....	15
1.2 Planteamiento del problema .....	16
1.3 Justificación.....	17
1.4 OBJETIVOS .....	17
1.4.1 Objetivo General .....	17
1.4.2 Objetivos Específicos .....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Estado de arte.....	18
2.2 Marco teórico.....	19
2.2.1 Generalidades de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).....	19
2.3 Composición del bagazo de la caña de azúcar. ....	20
2.4 Subproductos de la industrialización de la caña.....	20
2.5 Fibra .....	21
2.5.1 Clasificación de las fibras .....	21
2.5.2 Propiedades de las fibras .....	21
2.6 Obtención de fibras a partir de la celulosa .....	22
2.7 Métodos para la obtención de fibras vegetales. ....	23
2.8 Normativa aplicada en la industria textil .....	24
2.9 Tendencias en el área textil .....	25
2.10 Hilo de viscosa .....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	27
3.1 Tipo de investigación .....	27
3.2 Diseño de la investigación.....	27
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	28
3.4 Métodos de análisis .....	28
3.4.1 Proceso de extracción de celulosa.....	28
3.4.2 Método químico, aplicando el proceso de síntesis de rayón o hilo de celulosa. ....	30
3.4.3 Método físico de hilatura de las fibras del bagazo de la caña.....	31
3.4.4 Caracterización del hilo obtenido por el método físico. ....	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Resultados de la extracción de celulosa por el método químico. ....	35
4.2 Resultados de la elaboración de las fibras textiles por el método físico. ....	36
4.2.2 Prueba de resistencia a la tracción.....	38

4.2.3 Prueba de elongación.....	39
4.3 Elaboración de artesanías. ....	41
4.4 Determinación de la rentabilidad mediante el indicador B/C.....	41
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>46</b>
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones .....	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica de la Caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ).....	20
<b>Tabla 2.</b> Comparación de resistencia a la tracción.....	39
<b>Tabla 3.</b> Comparación del porcentaje de elongación del hilo del bagazo de caña.....	39
<b>Tabla 4.</b> Análisis físico de hilos obtenidos por método químico y por método físico ...	40
<b>Tabla 5.</b> Artesanías elaboradas con el hilo del bagazo de la caña .....	41
<b>Tabla 6.</b> Estructura de costos método físico .....	42
<b>Tabla 7.</b> Determinación del precio de venta por el método físico.....	43
<b>Tabla 8.</b> Indicadores y costo beneficio método físico .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Procedimiento de extracción de celulosa a partir del bagazo de caña. ....	29
<b>Figura 2.</b> Método químico, procedimiento para la síntesis de hilo rayón .....	30
<b>Figura 3.</b> Método físico, para la obtención de la fibra textil .....	31
<b>Figura 4.</b> Prueba de identificación de la fibra del hilo obtenida por el método físico....	32
<b>Figura 5.</b> Prueba de resistencia a la tracción y elongación del hilo.....	34
<b>Figura 6.</b> Rendimiento de celulosa obtenida por el método alcalino y ácido.....	35
<b>Figura 7.</b> Muestra del hilo del bagazo de caña obtenida por el método físico .....	37
<b>Figura 8.</b> Muestras de las fibras animales, vegetales y sintéticas más comunes .....	37

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal obtener fibras textiles a partir de los residuos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), obtenidos de la industria panelera del cantón Echeandía, perteneciente a la provincia de Bolívar. Se aplicó el método físico y químico para la obtención de las fibras textiles, logrando mejores resultados con el método físico para este proceso se ablanda la fibra de manera artesanal sin utilizar equipo de laboratorio sin obtener la separación de la celulosa y la lignina. En este proceso se sumergió al bagazo de la caña de azúcar en una solución al 5% de hidróxido de sodio (NaOH) hasta que se ablandó la fibra, se lavó y secó antes de ser hilada de manera artesanal con el proceso de torsión, finalmente se tinturó por un tiempo de 30 minutos dando como resultado un hilo vegetal listo para ser tejido. Con el método químico se obtuvo una pasta viscosa debido a la textura de la celulosa, razón por la cual no se lograron obtener las propiedades deseadas, tales como firmeza y maleabilidad, por lo tanto, no se utilizó la fibra obtenida por este método para la elaboración de los productos planteados. Para este proceso se extrajo la celulosa de los residuos de la caña para obtener las fibras de rayón, por medio de una solución cuproamoniacal. Las fibras se caracterizaron mediante microscopía, resistencia a la tracción y elongación para ello se utilizó el hilo obtenido por el método físico, a través de las prueba de microscopía se observó que el hilo no contiene ninguna otra fibra añadida y es 100 % vegetal, en la prueba de resistencia a la tracción se obtuvo un valor de  $17.75 \pm 1.80$  Newtons y en la prueba de elongación se obtuvo un valor de  $4.7 \pm 0.90$  %. Se determinó el indicador beneficio-costo como parte de uno de los objetivos específicos obteniendo un resultado de 2 que como se menciona en el indicador de beneficio-costo un resultado mayor a 1 nos quiere decir que los ingresos son superiores a los costos, determinando que el proyecto es rentable.

**Palabras claves:** Fibras textiles, residuos de caña azúcar, ablandamiento, hilatura, extracción, artesanías.

## ABSTRACT

The main objective of this research project is to obtain textile fibers from sugar cane waste (*Saccharum officinarum*), obtained from the panela industry of the Echeandía canton, belonging to the province of Bolívar. The physical method also known as mechanical, and chemical was applied to obtain textile fibers, achieving better results with the physical method of softening or delignification, it is physical because the fiber is softened in an artisanal way without laboratory equipment and in this process does not obtain the separation of cellulose with lignin. In this process, the sugar cane bagasse was immersed in a 5% solution of sodium hydroxide (NaOH) until the fiber was softened, washed and dried before being spun by hand with the twisting process, finally It was dyed for 30 minutes, resulting in a vegetable thread ready to be woven. With the chemical method, a viscous paste was obtained due to the texture of the cellulose, which is why it was not possible to obtain the desired properties, such as firmness and malleability, therefore, this fiber was not used to produce the products. raised. For this process, the cellulose was extracted from the cane waste to obtain rayon fibers, using a cuproammoniacal solution. The fibers were characterized by microscopy, tensile strength, and elongation. For this, the thread obtained by the physical method was used. Through the microscopy tests, it was observed that the thread does not contain any other added fiber and is 100% vegetal, in the tensile strength test obtained a value of  $17.75 \pm 1.80$  Newtons and the elongation test obtained a value of  $4.7 \pm 0.90$  %. The benefit-cost indicator was determined as part of one of the specific objectives, obtaining a result of 2, which, as mentioned in the theory, a benefit-cost greater than 1 means that the income is higher than the costs, determining that the project It is profitable.

**Keywords:** Textile fibers, sugar cane waste, softening, spinning, extraction, crafts.



firmado electrónicamente por:  
JHON JAIRO INCA  
GUERRERO

Reviewed by:

M.Ed. Jhon Inca Guerrero.

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0604136572

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El sector de las fibras textiles en Ecuador ha experimentado un notable crecimiento y transformación, convirtiéndose en una parte integral de la economía nacional. En la actualidad es una de las principales industrias del país, siendo el segundo sector manufacturero que más plazas de empleo formal genera, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) menciona que aproximadamente 158 mil personas son empleadas directamente por empresas de este sector, además de referirse a que aporta un 7% al PIB manufacturero nacional (Merchán, 2021).

Según la Asociación de industrias textiles del Ecuador (2023) indica, que las fibras más utilizadas en la industria textil ecuatoriana son el algodón, el poliéster, el nylon, los acrílicos, la lana y la seda, por tanto, se observa la importancia de utilizar nuevas materias primas como alternativas de ingresos económicos en esta industria. Se ve un gran potencial en la fibra del bagazo de la caña de azúcar, este es un subproducto que se obtiene después del proceso de extracción del jugo, este material fibroso y resistente, representa una importante fuente energética para diversas industrias como las papeleras, textiles o las alimentarias, ya que contiene altos niveles caloríficos, además de un alto contenido en celulosa y lignina.

Según Chávez & Haro (2020) menciona, que en el cantón Echeandía se encontró que la principal ocupación de los habitantes es la agricultura además las 49 comunidades rurales y cinco ciudadelas en el sector urbano aledañas al cantón han aprovechado de la situación geográfica para destinarlo al cultivo de la caña de azúcar, entre otros productos agrícolas dedicándose al procesamiento de la materia prima, con el fin de obtener bienes sustitutos para ponerlos a disposición del mercado local, existen temporadas en las que existe una sobre producción de caña de azúcar en los campos del cantón Echeandía provocando que exista una sobre oferta y los precios bajen, inclusive en los procesados, pese a que los productos derivados de la caña de azúcar que se manufacturan en Echeandía, son apreciados por su peculiar sabor de antaño en esta industria se generan desperdicios que se pueden utilizar con el fin de optimizar recursos como el uso del bagazo que contribuye al cuidado ambiental ya que reduce los residuos generados por la actividad industrial y disminuye la emisión de gases contaminantes al reemplazar combustibles fósiles con biomasa renovable. Contribuyendo con la tendencia actual del consumidor de preferir llevar prendas amigables con el planeta, mitigando la contaminación y en el caso de las empresas o industrias, buscar el máximo aprovechamiento de su materia prima, incluyendo aquí a los residuos de esta.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022) publica, que entre el 2021 y 2022 el país cosechó 6'460.032 toneladas de cultivo de caña de azúcar, siendo un cultivo de alta importancia en el Ecuador, de la cual se extrae principalmente el azúcar, que es un producto básico en la canasta de los ecuatorianos e ingrediente en diversos productos de consumo masivo, si consideramos la cantidad de residuos que se obtienen de esta actividad, siendo el

principal el bagazo de la caña así; se entiende que el aprovechamiento de esta materia prima con propuestas de valor agregado para diferentes fines tiene mucha viabilidad dentro de los diferentes campos de la agroindustria.

Según Kanya (2020) menciona que en esta empresa Filipina se dedican a elaborar hilos de caña de azúcar empleándolos en sus tejidos pero lo hacen utilizando toda la caña no existen antecedentes acerca de la utilización de los residuos de la caña para elaborar hilos.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021) indica, que la mayoría de los cultivos de caña se emplean en la elaboración de azúcar tomando como referencia el año 2019 en el cuál la superficie cosechada con esta finalidad fue de 121.812 hectáreas, también se dedicó un área de 15.525 hectáreas para otros usos como la producción de alcohol, biodiesel, ya que el cultivo de caña destinado a la producción de azúcar en Ecuador se concentra en cinco provincias: Guayas con el 81,4% de superficie cosechada, Cañar 13,7%, Imbabura 2,1%, Loja 1,9% y Los Ríos 0,9%, en tanto que Cotopaxi y Bolívar con el 20,75% y 16,25% son las provincias que presentan mayores porcentajes de cosecha para otros fines como es la elaboración de licores y panela.

Pilco (2023) menciona que en el Ecuador se evidencia que, durante las diferentes etapas de la producción de la caña, desde la cosecha hasta la producción artesanal e industrial se generan diversos residuos, entre ellos está la corteza, las hojas y el bagazo que está compuesto por 67% agua, un 11,6% materia orgánica y 32,9% de otros sólidos como la fibra cruda. En el cantón Echeandía no se observa la optimización de los recursos en los productos elaborados a partir de la caña incluyendo sus residuos por tal motivo se pueden implementar estudios de diversos subproductos como en la alimentación de animales por su cantidad de fibra, también como materia prima para la producción de biocombustibles a través del etanol y en la industria textil con la producción de hilos, incluso en la industria papelera, siendo un gran potencial en la agroindustria de manera general.

Según García (2023) menciona, que en el país a nivel industrial, se han implementado diversas iniciativas para la gestión y aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar, como la producción de biocombustibles, la generación de energía a partir del bagazo, la producción de alimentos para animales y la fabricación de materiales biodegradables, en las pequeñas industrias estos residuos se los utiliza como desecho y para uso de compostaje, otro ejemplo de aprovechamiento de estos residuos se evidencia en la empresa Filipina Kanya, que en su búsqueda de nuevas formas de ayudar a este tipo de comunidades en su país que son dependientes de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), inició un proceso de investigación con la ayuda del Philippine Textile Research Institute, y de otras organizaciones que han asignado recursos para experimentar e investigar la viabilidad del desarrollo de un tejido a partir de esta planta (Kanya, 2020).

Este proyecto plantea encontrar soluciones eficientes y rentables para la obtención de fibras

textiles a partir del bagazo de caña de azúcar, promoviendo la sostenibilidad y generando una alternativa valiosa en la industria textil.

### **1.3 Justificación**

Se justifica el presente proyecto desde el ámbito social, ambiental debido a que este tema se deriva como una alternativa para la elaboración de subproductos a partir de los residuos generados por parte de la industria encargada del cultivo de la caña de azúcar ya que en esta industria se evidencia la contaminación por olores desagradables que se generan al no utilizar los residuos de la caña ya que generalmente se los deja al aire libre para ser desechados o quemados, al utilizar el bagazo de caña de como fuente de fibras textiles se contribuye a la economía circular, ya que se le da un nuevo uso a un residuo agrícola disminuyendo la intensidad de olores. Además, reduce la dependencia de materiales sintéticos derivados del petróleo y fomenta prácticas más sostenibles en la industria textil.

En la actualidad la industria textil ecuatoriana elabora productos de todo tipo de fibras, pero entre las más utilizadas se menciona al algodón, el poliéster, el nylon, los acrílicos, la lana y seda, por tanto el presente proyecto propone incluir los residuos de la caña azúcar como una nueva alternativa de materia prima en la producción textil, además tiene un enfoque ambiental con respecto al aprovechamiento de los residuos de la caña para la elaboración de sub productos que generen tendencia de sostenibilidad, además de ser una alternativa en la industria textil a los productos ya existentes en el mercado pero que en su mayoría son elaborados con materiales sintéticos, ya que en la actualidad este tipo de fibras químicas o sintéticas son las que acaparan el mercado (Ortega, 2020).

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

- Elaborar fibras textiles a partir de los residuos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Extraer la materia celulósica de los residuos de la caña para la elaboración de fibras textiles.
- Caracterizar el hilo obtenido a partir de los residuos de la caña.
- Elaborar artesanías a partir del hilo obtenido de los residuos de la caña.
- Determinar la rentabilidad mediante el indicador costo/beneficio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado de arte

Según (Muñoz, 2022) indica los resultados de la obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar para usos farmacéuticos, por tanto al necesitarse que se encuentre en grados farmacéuticos adecuados el proceso del bagazo de la caña de azúcar fue desmedulado en suspensión, prehidrolizado en fase acuosa, pulpeado en presencia de NaOH y blanqueado con una secuencia dióxido-extracción-dióxido, por este proceso se obtuvo un 66.7% de celulosa consiguiendo al final aislar la fracción cristalina de la celulosa, teniendo así una pulpa cruda con un número de permanganato de 8.5 y una pulpa blanqueada con una brillantez de 89,3 con un contenido del 97% en celulosa al final un grado de polimerización entre 180-200 con grado farmacéutico adecuado.

La investigación demostró la posibilidad de obtención de celulosa a partir de bagazo de caña con un tratamiento de hidrólisis ácida sulfúrica a las fibras de celulosa generando 48% de rendimiento, los análisis de los difractogramas rayos-X reveló que la cristalinidad de la celulosa obtenida es de  $55\% \pm 2.0$  con un tamaño promedio de cristales de  $2 \text{ nm} \pm 0.20$  y que la cristalinidad de la celulosa parte del bagazo de caña (sin tratamiento) tuvo un valor menor 41%, con tamaño promedio del cristal de 2.2 nm muy similar al de la celulosa obtenida con tratamiento. Se atribuye la mayor cristalinidad de la celulosa a la manera eficiente de disolución de la lignina y hemicelulosa, confirmada con los espectros de Espectroscopía de infrarrojo las cuales permitieron observar características de las fibras de celulosa y su buena relación de aspecto que le permitirá actuar como refuerzo en materiales compuestos, además de representar una fuente promisoría en la producción de biomateriales y papel (López, y otros, 2016).

Según Pantoja (2016) menciona, que utilizó los residuos de la caña de azúcar creando complementos decorativos como lámparas para este proceso se trituró los residuos para mezclarlos con resina y así verter la mezcla en moldes para este fin.

Según estudios en el artículo de investigación de Resano (2022) sugiere que, el contenido de fibra cruda del bagazo de caña está en torno al 37%, siendo uno de sus componentes fundamental esta característica es elemental para orientar las posibles aplicaciones constructivas del bagazo de la caña, entre los componentes principales de la fibra cruda son: celulosa, hemicelulosa y lignina, celulosa entre el 35% y el 54%, hemicelulosa entre el 16% y el 35%, y lignina entre 14% y el 26%, estos valores se muestran en la composición química de diferentes muestras de bagazo de caña obtenidas en otros estudios en comparación a las muestras analizadas en este estudio. Esta amplitud en los porcentajes responde a las diferentes especies de caña de azúcar y las variables condiciones de su cultivo, aquí se recomienda que a las fibras en concretas con las que se vaya a trabajar se realicen análisis específicos para determinar sus concentraciones específicas.

Principalmente se consume celulosa para la elaboración del papel y cartón, en segundo lugar,

para obtener fibras textiles como el rayón, finalmente los derivados de acetato y nitrato de celulosa, para fabricar papel se utiliza como materia prima del sector papelería la celulosa extraída de la madera, la celulosa blanca de fibra larga se usa principalmente para agregar resistencia a los papeles y cartulinas, mientras que la celulosa blanca de fibra corta se usa para dar suavidad y como relleno además, dependiendo de la proporción en las mezclas se obtienen papeles para diferentes usos (Sanz, 2023).

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Generalidades de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)**

La caña de azúcar tiene un tallo macizo de dos a cinco metros de altura y entre cinco a seis centímetros de diámetro, el tallo contiene un jugo rico en azúcar su periodo de crecimiento varía entre los 11 y 17 meses esto va a depender de la variedad de caña y de la zona, de manera general la tierra en donde se cultiva tiene que ser cálida y soleada para que el fenómeno de la fotosíntesis se oriente hacia la producción de carbohidratos, como la celulosa además durante el desarrollo siendo muy importante la cantidad de agua para su absorción, transporte y asimilación de los nutrientes, es un cultivo de alta importancia en Ecuador del cual se extrae el azúcar que es un producto que forma parte primordial de múltiples alimentos de consumo masivo y es parte de la canasta básica, en la actualidad se produce alcohol, biocombustibles y una gran variedad de bebidas espirituosas a partir de la misma, es de allí la importancia de disponer de variedades que respondan a la cantidad existente de demanda de este cultivo y también a las condiciones ambientales del trópico y sub trópico ecuatoriano (Siap, 2023).

La caña de azúcar es una planta cespitosa con un pedúnculo glabro o densamente provisto de finos pelillos, que está provista de pelillos finos, cortos y en poca cantidad, eje glabro (partes sin pelo) o peloso, entrenudos del raquis de 5mm, diferentes microorganismos asociados a sus raíces y algunos que crecen dentro de los tejidos de la planta (endófitos), como en el tallo y las hojas, pueden fijar el nitrógeno atmosférico facilitando su cultivo en suelos carentes del mismo (Jalisco, 2016).

En la fisiología de la caña, se toma en cuenta los requerimientos edafoclimáticos es decir el crecimiento horizontal de sus tallos bajo el suelo (temperatura, humedad relativa, radiación solar, riegos y el tipo de suelo), siendo este último proceso el más importante desde el punto de vista de la producción de azúcar y rentabilidad del cultivo su temperatura óptima de germinación oscila entre 32 – 38 °C (Hernandez, 2021).

Se muestra la botánica sistemática en la clasificación taxonómica mediante la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica de la Caña de azúcar (Saccharum officinarum).*

<b>Taxonomía</b>						
<b>Reino</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre vulgar</b>
Plantae	Monocotiledónea	Poáceas	Saccharum	<i>Spontaneumy robustum</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar

*Nota.* La tabla muestra la Clasificación taxonómica de la caña Castillo (2021).

### **2.3 Composición del bagazo de la caña de azúcar.**

El residuo del extracto del jugo de caña de azúcar se lo conoce como bagazo, este residuo posee grandes cantidades de fibras los cuales son considerados a los filamentos que ingresan en la composición de los tejidos orgánicos vegetales y son aptos por sus propiedades además de su finura y flexibilidad para ser hilado, tejido, etc (Tico, 2023).

### **2.4 Subproductos de la industrialización de la caña**

En México el bagazo de caña se utiliza como la mayor fuente de fibra en la industria de las pulpas y papel se emplean en la mayoría de los tipos de papel de escritura, toallas e higiénico, recubierto y muchos otros (Aguilar, 2016).

Estudios han demostrado que las propiedades de los papeles reciclados mejoran por medio de hemicelulosas y justamente el bagazo de caña contiene este componente, este aprovechamiento del bagazo es conocido como bio-refinería el cual permite generar productos químicos, energía y combustibles (Tico, 2023).

Actualmente se ha demostrado que las propiedades de los papeles reciclados se pueden mejorar con la producción de hemicelulosa que se obtiene del bagazo de caña, este material al convertirse en una pasta se moldea para obtener diferentes objetos que pueden utilizarse sin ningún problema, ya que son seguros y no contaminan, también en la industria alimentaria se observa que cada vez son más los restaurantes que usan envases biodegradables debido a la facilidad que tienen para descomponerse por la acción de agentes biológicos como lo son el tiempo, el clima, la humedad, etc, al contrario de lo que se puede pensar estos materiales biodegradables tienen gran capacidad de tener resistencia a la temperatura debido a su recubrimiento con diferentes resinas las cuales promueven una mejor estabilidad en estos empaques y soporten temperaturas que van desde los 45°C hasta los 85°C sin afectar al interior por ningún tipo de contaminación siendo una solución amigable con el planeta, evitando generar cantidades de basura y sustancias tóxicas (Tico, 2023).

## **2.5 Fibra**

Fibra es el conjunto de hebras o filamentos susceptibles de ser usados para formar hilos y a su vez tejidos, mediante el proceso de hilado generalmente o por procesos físicos o químicos, siendo la estructura básica de los materiales textiles en este artículo se considera fibra textil a cualquier material cuya longitud sea muy superior a su diámetro y que pueda ser hilado. En la fabricación del hilo para textiles, se pueden utilizar dos tipos de fibra las fibras cortas que son hebras de hasta 6 cm de longitud, su filamento es de mejor calidad en cuánto más larga y fina sea, y las de filamento que son hebras continuas su filamento es de mejor calidad si es más suave y resistente (Silva, 2023).

### **2.5.1 Clasificación de las fibras**

Según Sanchez (2020) menciona, que existen dos tipos de fibras la fibra natural que son los fragmentos de hebras o pelo, cuyo origen está en la Naturaleza, y que pueden hilarse para dar lugar a hilos o cuerdas, a su vez y las fibras químicas estas son las fibras que no provienen de la Naturaleza, a su vez depende mucho del origen para la clasificación de las fibras naturales estas pueden ser de tipo animal, vegetal o mineral.

Las fibras de origen vegetal contienen celulosa, la cual es muy utilizada en la industria textil y en la fabricación de papel, entre las fibras vegetales más importantes tenemos el algodón, el coco, el lino y el esparto. Fibra procedente de frutos y semillas, como en el caso del yute del cual se extrae la parte fibrosa la cual es útil en la elaboración de arpilleras y sacos, cordeles, en la pasta niveladora de suelos de linóleo, geotextiles y papel para embalaje o decoración. Tenemos las fibras procedentes del tallo, entre las más utilizadas, el lino, el cáñamo, el ramio y el yute, el tallo del lino produce una fibra suave y flexible, aunque es más fina y larga que la del algodón, resulta menos flexible porque las paredes de la fibra son más gruesas. En la industria textil, la fibra de lino es la opción en tejidos de lujo para mantelerías, sábanas, vestidos, etc, ya sean artificiales o sintéticas la única fibra natural que es capaz de formar un hilo, es la seda en tanto que el resto de las fibras se deben procesar con el teñido e hilado para la fabricación de textiles, las fibras naturales más antiguas que se conocen son fibras de lino silvestre encontradas en estratos del Paleolítico unos 30 000 años a. C (Farias, 2018).

### **2.5.2 Propiedades de las fibras**

Según Flores (2020) indica, que las propiedades de las fibras dependen de la naturaleza que estas presentan pudiendo obtenerse de origen natural o sintético, sus principales propiedades son:

- Título que es la relación existente entre el peso y la longitud de la fibra la designación más conocida es el número inglés (Ne), indica cuantas madejas de 840yds se necesitan para 1lb de fibra.
- Longitud que se mide en mm, normalmente a mayor longitud existe mayor suavidad de la fibra.
- Finura se mide en micras, está dada por el diámetro de la fibra a menor diámetro,

- mayor suavidad.
- Uniformidad se considera de mejor calidad a la menor variación de la longitud y de la finura de la fibra debido a que resultan en un mejor desempeño en su procesabilidad.
  - Pureza es un parámetro importante debido a que se considera de mejor calidad si contiene menor cantidad de impurezas.
  - Resistencia se mide en un dinamómetro y es la fuerza necesaria para estirar la fibra hasta el punto de ruptura.
  - Resistencia a la temperatura siendo el asbesto un aislante natural de tipo mineral que soporta hasta 1000 °C.

En las fibras sintéticas Flores (2020) indica las siguientes propiedades:

- Título de hilo es la relación existente entre el peso y la longitud de la fibra, en el caso de las fibras sintéticas se utiliza el Denier que es su peso en gramos de 9.000 mts de hilo que es también su peso en gr, pero en 10.000 mts de hilo.
- Punto de fusión son todas aquellas fibras sintéticas que se funden con el calor, al instante en que se reblandecen se lo conoce como punto de fusión, siendo importante conocerlo para saber a que temperatura se puede usar el teñido y acabado como el caso del poliéster que se funde a 256 °C y el nylon a 250 °C.
- Sección transversal es la forma que tiene una fibra en 2 dimensiones al hacer un corte transversal, siendo el más común el redondo, este es el responsable del color opaco en los tejidos, es el que otorga brillo ya que influyen en como se refleja la luz.
- Elongación a la ruptura determina el estiramiento máximo que soporta una fibra hasta antes de su punto de ruptura, se mide en % con respecto a su longitud como ejemplo tenemos al poliéster texturizado con una elongación de 22% a 31% en tanto que la del algodón es de sólo 5% a 9%.

## **2.6 Obtención de fibras a partir de la celulosa**

Sanz (2023) menciona, que la celulosa es un polímero lineal compuesto por unidades de glucosa, estas cadenas de celulosa se acoplan en haces unidos por puentes de hidrógeno. Este es, por supuesto el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales combinadas generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas estos son carbohidratos más cortos principalmente pentosanos, pectinas y ácidos grasos como ejemplo se tiene que en el algodón y en el lino las fibras de celulosa tienen una pureza del 90-95% siendo principalmente su aplicación textil.

Los hidratos de carbono son productos orgánicos naturales muy abundantes en la naturaleza su importancia biológica e industrial es alta, debido a que los hidratos de carbono de mayor importancia para la industria química son diversos azúcares como el almidón y la celulosa teniendo un enfoque importante para la industria química alimentaria. La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales, como materia prima es el compuesto orgánico natural más abundante con gran potencial para diferentes industrias, así tenemos como ejemplo la madera la cual contiene del 40 al 60% de celulosa y la paja un

30%. Se obtiene más del 90% de la producción de celulosa de la madera y tan solo un 10% restante de otras plantas, como en el caso del algodón y del lino las fibras de celulosa son de gran pureza siendo óptimas para la aplicación textil (Tejedor, 2023).

La celulosa dependiendo de su uso, recibe distintos tratamientos para poder utilizarla como fibra en la industria textil, debido a que la celulosa no se puede hilar por fusión ya que se descompone carbonizándose antes de ser fundida. Las fibras de celulosa se tratan con una disolución de sosa y  $S_2C$ , para la preparación de la fibra denominada viscosa la sosa produce la rotura de cadenas de celulosa, resultando en una celulosa de menor peso molecular, se obtiene xantato de celulosa que es una masa viscosa que pasa a través de unos orificios de platino, proceso conocido como (hilado en húmedo). Coagulando las fibras resultantes en un baño que contiene  $H_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$  y  $ZnSO_4$ , obteniendo celulosa regenerada con una superficie brillante y sedosa, las fibras que se obtienen se estiran hasta 30 veces su longitud original, las recogen en bobinas y se secan para eliminar el disolvente o agua, estas fibrillas se tuercen y se estiran en haces, formando hilos ya que una de las formas más efectivas de abordar el impacto ambiental de esta industria es el reciclaje de residuos textiles, contribuyendo a la sostenibilidad de la industria textil, este proceso permite reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos, conservando los recursos naturales y promoviendo la economía circular (Sanz, 2023)

### **2.6.1 Aplicaciones de la celulosa**

En la actualidad la última tendencia referente a la industria de la celulosa con la creación de nuevos productos desarrollados en tono a cinco líneas de innovación mediante el uso de fibras de celulosa de nuevas fuentes naturales, debido a que se pueden utilizar fibras procedentes de los pastos, el cuero o la cáscara del cacao para elaborar productos como el papel fabricado a base de la cáscara del cacao, bio-composites pues no hay límite a los potenciales usos de la fibra de celulosa, inclusive es el perfecto sustituto, natural y renovable, de materiales procedentes del petróleo ya que se tiene plástico reforzado con celulosa así como componentes de automóvil reforzados con este material, electrónica impresa así tenemos la industria papelera europea que ya está desarrollando soluciones innovadoras para circuitos electrónicos completos o etiquetas RFID las cuales permiten acelerar la lectura y almacenar la información de un producto impresas en papel, aislantes de nanocelulosa y nanotecnología se adquieren nuevos conceptos de empaques innovadores como el embalaje antihumedad, palés de cartón, la multicaja para compras online, las nuevas soluciones para botellas y latas o el saco de cemento que desaparece son solo algunos ejemplos de nuevos productos para la vida diaria hechos a partir de la obtención de celulosa (Asociación Española de Fabricantes de Pasto, Papel y Cartón, 2016).

### **2.7 Métodos para la obtención de fibras vegetales.**

Gomez (2015) menciona los siguientes:

- Método mecánico o descortezación, este método consiste en exprimir la planta a

través de rodillos con ranuras, obteniendo la separación de las fibras del tejido vegetal, repitiendo el proceso hasta conseguir que se separe totalmente la fibra de la planta, este método en ocasiones se lo hace con madera o piedras, peinando las fibras con un cepillo de madera con clavos para separar la fibra.

- Método químico el método consiste en sumergir el vegetal en sustancias alcalinas como el hidróxido de sodio o ácidas como el ácido acético o ácido sulfúrico consiguiendo así separar las fibras de la corteza de la planta.
- Método biológico por medio del enriado se remueven las fibras vegetales, se usan enzimas de microorganismos como hongos y bacterias para lograr un deterioro natural, se remueve la corteza vegetal en un tiempo de 2 a 3 semanas, también se puede enriar la fibra dejándola en el suelo donde el rocío natural y los microorganismos separan la corteza de las fibras en un periodo de más de un mes aproximadamente.

## 2.8 Normativa aplicada en la industria textil

a) Según la Organización Internacional de Normalización [ISO] 105 (2016) aplicada internacionalmente establece métodos de prueba y evaluación de la resistencia de los materiales textiles a factores como la luz, el lavado, la fricción y la transpiración, incluyendo diferentes pruebas como:

- Prueba de solidez del color: La cual evalúa la resistencia del color de los textiles frente a la exposición a la luz y al lavado.
- Prueba de solidez al frotamiento: Evaluando la resistencia del color y la apariencia de los textiles frente al frotamiento o la fricción.
- Prueba de solidez al sudor: Se valora la resistencia del color y la apariencia de los textiles frente al sudor y otros líquidos corporales.
- Prueba de solidez al agua: Valora la resistencia del color y la apariencia de los textiles frente al agua y a otros líquidos.

b) Normas ASTM ( American Society for Testing and Materials) en especial las siguientes:

- La norma ASTM D2256 para las propiedades de tracción de los hilos mediante el método de un solo hilo, cubre la determinación de las propiedades de tracción de hilos monofilamento, multifilamento e hilados simples, en capas o cableados, excluyendo los hilos que se estiran más del 0.05 % cuando la tensión aumenta de 1.0 a 5.0 cN/tex (ASTM, 2020).
- ASTM D3822 método de prueba estándar para las propiedades de tracción de fibras textiles individuales utiliza especímenes de prueba con longitudes de calibre de 10 mm, las fibras naturales o las fibras que tienen longitudes de calibre mayores o menores pueden proporcionar valores diferentes y pueden requerir pruebas comparativas, este método de prueba cubre la medición de las propiedades de tracción de fibras textiles individuales naturales y artificiales de longitud suficiente para permitir el montaje de muestras de prueba en una máquina de prueba de

tracción (ASTM, 2020).

- ASTM D5034 para resistencia a la tracción y elongación de telas tejidas, este método de prueba proporciona valores tanto en unidades pulgada-libra como en unidades SI, siendo estas las unidades convencionales por ser las más conocidas y las más utilizadas internacionalmente (ASTM, 2020)
- ASTM D5035 referente a fuerza de tracción y elongación de telas tejidas, método de tiras en el cuál el espécimen de prueba se sujeta en una máquina de prueba en la que se le aplica fuerza hasta conseguir la ruptura de la muestra, el método de prueba describe los procedimientos para realizar pruebas de tracción de telas utilizando cuatro tipos de especímenes y tres tipos alternativos de máquinas de prueba los valores de la fuerza de ruptura y el alargamiento se obtienen de escalas de máquinas, tablas de registro, etc (ASTM, 2020).

Según Cuallar (2017) indica, que la resistencia de la fibra es la fuerza en gramos necesaria para romper un grupo de fibras de un tamaño de tex, mientras más fina es la fibra mucho más resistente será el hilo y que la regularidad en la resistencia del hilo depende principalmente de la finura de la fibra. Las pruebas de resistencia consisten en evaluar las características de duración y resistencia del textil, las principales pruebas son:

a) Elongación y recuperación textil. - Se mide la capacidad del tejido para recuperar sus propiedades elásticas luego de habersele aplicado una carga constante, se expresa como porcentaje de recuperación del tejido.

b) Resistencia a la rotura. - En la prueba se expone al textil a una fuerza máxima para determinar su nivel de rompimiento, la resistencia a la rotura también puede denominarse como resistencia a la tracción, se refiere a la fuerza de tracción máxima cuando la muestra se estira para romperse, siendo una de las principales normas para evaluar la calidad intrínseca de los textiles, se la mide en “Newton (N)” y se utiliza para evaluar la capacidad de la tela para resistir el daño por tracción.

## **2.9 Tendencias en el área textil**

Para Agustín Zimmermann, representante de FAO en Ecuador, menciona que el sector algodonero involucra a más de 100 millones de familias y moviliza alrededor 2.5 billones de dólares al año en el mundo cumpliendo un rol clave en la economía mundial (MAG, 2020).

La sostenibilidad se ha convertido en un tema de suma importancia en el sector de la moda, convirtiéndose en una alternativa saludable a la moda tradicional, adoptando prácticas y estrategias que reducen el impacto ambiental y respeta los derechos humanos de los trabajadores, buscando la producción de una manera sostenible (Atria, 2023).

La industria textil se tiene un alto consumo de recursos naturales y su sobreexplotación en las materias primas, así como la liberación de productos químicos tóxicos durante los procesos de fabricación, se produce la emisión de gases de efecto invernadero, que

anualmente terminan en vertederos, generando un impacto ambiental significativo. Además, la producción de textiles a gran escala requiere una gran cantidad de energía, emitiendo una cantidad considerable de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático, afectando a las comunidades locales por la contaminación del agua y el deterioro del entorno debido a las prácticas insostenibles de la industria, la producción de fibras textiles a partir del bagazo de caña de azúcar puede tener una menor huella ambiental en comparación con otros materiales convencionales, ya que, al utilizar un residuo agrícola, se evita la necesidad de emplear grandes cantidades de agua, pesticidas y fertilizantes asociados con los cultivos de fibra tradicionales (Bravo, 2023).

## **2.10 Hilo de viscosa**

El rayón es una fibra sintética procedente de celulosa tratada químicamente la cual se emplea solo o mezclado con otras fibras sintéticas o naturales para confeccionar tejidos fuertes, muy absorbentes y suaves de colores intensos muy duraderos. Existen varias formas de fabricar rayón este va a depender de su uso, de manera general el proceso de la viscosa procedente de la celulosa de madera o vegetales se moja en una solución de hidróxido sódico y se extrae el líquido sobrante por compresión para obtener una celulosa alcalina, se eliminan las impurezas se la tritura en fragmentos similares a grumos blancos que se dejan reposar durante varios días a temperatura controlada luego la celulosa alcalina disgregada se transfiere a otro tanque donde se trata con bisulfuro de carbono para formar grumos de xantato de celulosa de color naranja-dorado, los grumos se disuelven en hidróxido sódico diluido para formar un líquido viscoso anaranjado denominado viscosa (López E. , 2014).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

### **3.1 Tipo de investigación**

- Investigación de campo

Mediante una entrevista a las artesanas de la parroquia de Nizag en el cantón Alausí las cuales trabajan con las fibras vegetales de la cabuya para elaborar diferentes productos en este caso se aplica el tiempo de cocción y técnica de hilado para trabajar los residuos de la caña de azúcar en la elaboración de los productos artesanales.

- Investigación cuantitativa

Debido a que se obtendrá datos numéricos con herramientas de campo que validen la investigación como se demuestra en las pruebas de microscopia, resistencia y elongación, además en los aspectos relacionados con la elaboración de las artesanías y su costo

- Investigación bibliográfica

Se emplea la recolección de datos por medio bibliográfico, al obtener información de las técnicas utilizadas por otros autores con otras fibras para realizar una comparación con respecto a la resistencia a la tracción y elongación del hilo en la investigación se maneja la factibilidad de elaborar hilo a partir de la extracción de celulosa de los residuos de la caña a nivel de laboratorio, en donde se obtuvieron los datos necesarios a partir de investigaciones previas, referente a los procesos de elaboración de fibras textiles, citando a diferentes autores que obtuvieron las fibras a partir de celulosa a nivel de laboratorio.

### **3.2 Diseño de la investigación**

En el proyecto se plantea la metodología experimental, permitiendo conseguir el cumplimiento del principal objetivo que es, la obtención de fibras textiles, a partir del bagazo de caña de azúcar. La materia prima se obtiene de la industria panelera de la familia Viscarra del cantón Echeandía.

Para ello se evaluaron dos métodos, el método químico para obtención de las fibras, por medio de la extracción de celulosa siguiendo los pasos, en el cual se toma un determinado peso de la muestra del bagazo de la caña para ser tratada por un proceso de hidrólisis básica y después pasar por una hidrólisis ácida, obteniendo así la celulosa pura del bagazo de la caña (Guerrero, 2021).

A partir de esta celulosa obtenida del proceso ya mencionado, se realiza su síntesis para formar los hilos de rayón de celulosa los cuales se producen por medio de una solución de complejo de cobre, que está formada a partir de la disolución del sólido de carbonato de cobre en amoníaco al 30% para finalmente pasar por una solución de ácido sulfúrico al 1 molar (Guerrero, 2021).

El método físico o proceso de deslignificación del bagazo de la caña, inicia con el ablandamiento de las fibras vegetales con sosa caustica o lejía al 5%, para acelerar el proceso se calienta por un tiempo de 1 hora y 30 minutos se lava la fibra para evitar que siga reaccionando, se deja secar al ambiente para luego extraer manualmente las fibras blandas para ser blanqueadas con una solución de cloro pasan al hilado, teñido y tejido de forma artesanal es decir a pequeña escala, este proceso se lleva a cabo implementando las técnicas de hilado aprendidas por parte de las tejedoras de la parroquia Nizag, las cuales realizan artesanías con la fibra de cabuya, obtenido el hilo a través de la torsión de las fibras con el huso. (Orozco, 2019).

La caracterización del hilo se realiza mediante las pruebas de calidad como la de microscopía, en la cual una parte de la muestra es observada para comprobar que está formada únicamente por tejido vegetal. La prueba de resistencia a la tracción en la cual mediante el uso de un dinamómetro digital se comprueba la resistencia del hilo expresada en newtons, también se realiza la prueba de elongación para determinar la cantidad de elasticidad que tiene el hilo del bagazo de la caña, para ello nos ayudamos con una cinta métrica, tal como lo menciona (Viyella, 2023).

### **3.3 Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó la entrevista para recolectar los datos referentes a la elaboración de las artesanías por parte de las tejedoras de cabuya que habitan en el sector de Nizag en el cantón de Alausí.

Para la elaboración de las artesanías y la obtención de las fibras textiles a partir del bagazo de la caña, se obtuvo la materia prima de la recolección de estos residuos en una finca conocida por la elaboración de panela granulada, ubicada en el cantón Echeandía perteneciente a la provincia de Bolívar, la recolección fue inmediata luego de haber sido extraído el jugo de las respectivas cañas, se las dejó secar al sol durante 1 semana para ser utilizadas en los ensayos de laboratorio y también para obtener la fibra por el método físico o mecánico.

Los datos de rendimiento fueron obtenidos de los análisis físicos realizados en las fibras que se obtuvieron por el método mecánico y se los compara con datos de fibras similares mencionadas en estudios previos de otros autores.

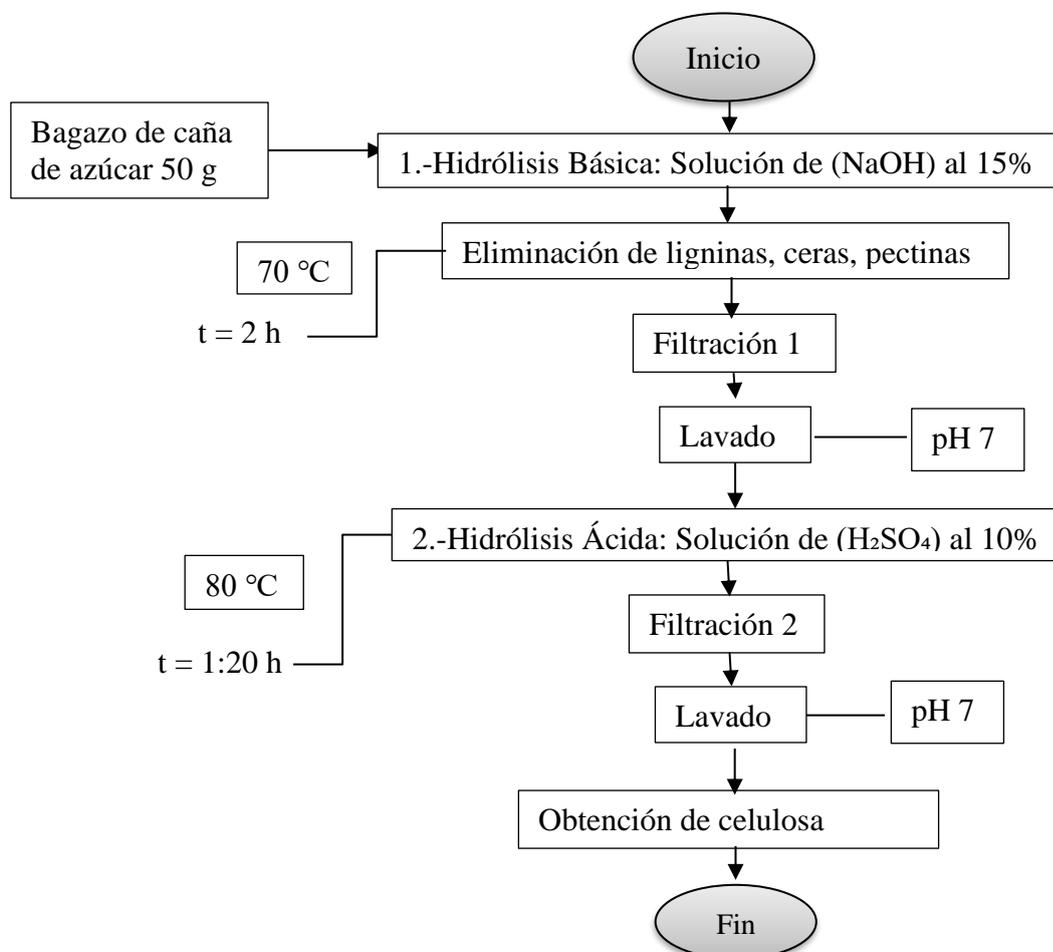
### **3.4 Métodos de análisis**

#### **3.4.1 Proceso de extracción de celulosa**

Según Guerrero (2021), el método de extracción de celulosa se basa en realizar primero un proceso de hidrólisis básica, para luego hacer una hidrólisis ácida y obtener la celulosa.

**Figura 1.**

*Procedimiento de extracción de celulosa a partir del bagazo de caña.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de extracción de celulosa del bagazo de caña de azúcar por medio de una hidrólisis básica y una hidrólisis ácida.

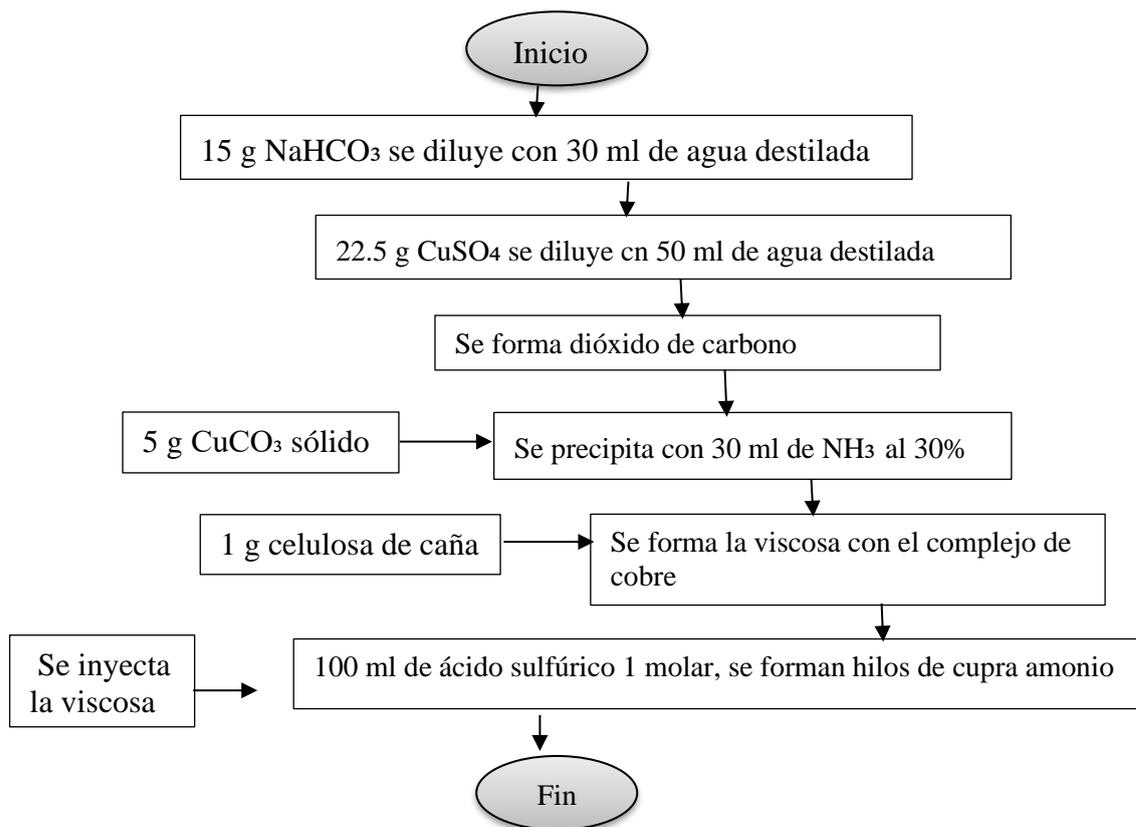
La hidrólisis básica se realizó mediante adición de hidróxido de sodio al 15%, el cual se adicionó a los 50 gramos del bagazo de caña previamente deshidratada y triturada, para eliminar compuestos como ligninas, ceras y pectinas en un tiempo de 2 horas a una temperatura de 70 °C, se deja enfriar, se filtra la muestra y se lava con agua destilada hasta obtener pH neutro (7), se pesa la muestra. A continuación se le realizó el proceso de hidrólisis ácida con la adición de ácido sulfúrico al 10% a una temperatura de 80 °C por un tiempo de 1 hora y 20 minutos, se filtra la muestra y se lava con agua destilada hasta obtener pH neutro, obteniendo así la celulosa del bagazo.

### 3.4.2 Método químico, aplicando el proceso de síntesis de rayón o hilo de celulosa.

Según Castillo (2019) menciona, que se obtiene rayón a partir de celulosa de algodón, diluida en una solución cuproamoniacal, en donde la disolución del Hidróxido de cobre en Amoniac, produce un reactivo fuertemente básico que reacciona con los grupos hidroxilos libres de las cadenas de celulosa, dando lugar a un complejo de cobre soluble en agua que permite su hilado, la masa viscosa obtenida una vez hilado se trata con ácido sulfúrico diluido, para generar la celulosa que recibe el nombre de rayón cuproamoniacal, las fibras restantes poseen filamentos más finos que los de la seda natural. Se realiza este proceso con la celulosa obtenida del bagazo de la caña de azúcar.

**Figura 2.**

*Método químico, procedimiento para la síntesis de hilo rayón.*



*Nota:* La figura muestra el proceso para la síntesis de hilo rayón a partir de la celulosa del bagazo de caña de azúcar.

Se agregan 15 g de bicarbonato de sodio en un vaso de precipitado de 250 ml y se diluye con 30 ml de agua destilada, en otro vaso de precipitado de 250 ml se agrega 22.5 g de sulfato de cobre y se diluye con 50 ml de agua destilada, ambas soluciones se llevan a la estufa para acelerar su disolución se deja enfriar en la campana de extracción de gases y se agrega la disolución del bicarbonato de sodio la cual forma una reacción que produce dióxido de

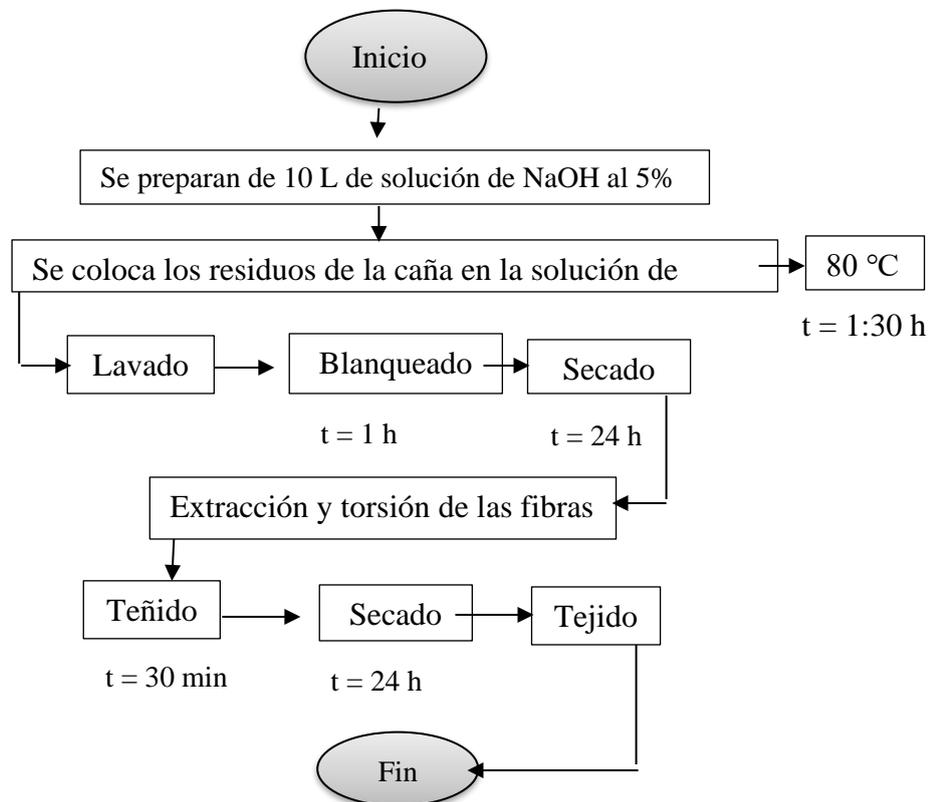
carbono, se mezcla la solución resultante obteniendo un color azul claro se deja reposar hasta que termina de reaccionar luego se filtra la solución hasta que se obtiene el sólido de carbonato de cobre, en un vaso de precipitado de 100 ml se agrega 5g del sólido con 30 ml de amoniaco al 30% al finalizar la precipitación se cambia de vaso, se obtiene el complejo de cobre formada la solución se agrega 1g de la fibra de celulosa de la caña, se mezcla hasta formar la viscosa, finalmente en un vaso de precipitado de 250 ml se vierten los 100 ml de ácido sulfúrico 1 molar, se llena una jeringa con la solución viscosa y lentamente se inyectó en la solución ácida de este modo la celulosa se recompone formando el hilos de rayón perdiendo la coloración azul luego de un tiempo los hilos se extrajeron del ácido para sumergirlos en agua destilada se lava y se logra su textura final.

### 3.4.3 Método físico de hilatura de las fibras del bagazo de la caña

Se utilizó el método práctico ancestral de las tejedoras del sector Nizag el cual se modificó en la práctica con la fibra del bagazo de caña para elaborar las diferentes artesanías, utilizando el método de ablandamiento o deslignificación de la fibra.

**Figura 3.**

*Método físico, para la obtención de la fibra textil.*



*Nota.* La figura muestra el proceso físico para la obtención de fibra textil a través del proceso de ablandamiento o deslignificación y torsión manual de hilatura.

Se pesan los 500 g para los 10 L de solución al 5%, se disuelve el hidróxido de sodio en agua con los residuos de la caña se hierve por 1 hora con 30 minutos luego se lava para evitar que siga reaccionando, se procede a blanquear la fibra sumergiéndola en cloro durante 1 hora y se la deja secar al aire libre por 24 horas, pasado este tiempo se extraen las fibras separándolas manualmente a continuación por torsión se forma la madeja de hilo de los residuos del bagazo de la caña, finalmente se tinturan las madejas utilizando colorantes artificiales por un tiempo de 30 minutos, se secan al aire libre durante 24 horas y se tejen las artesanías.

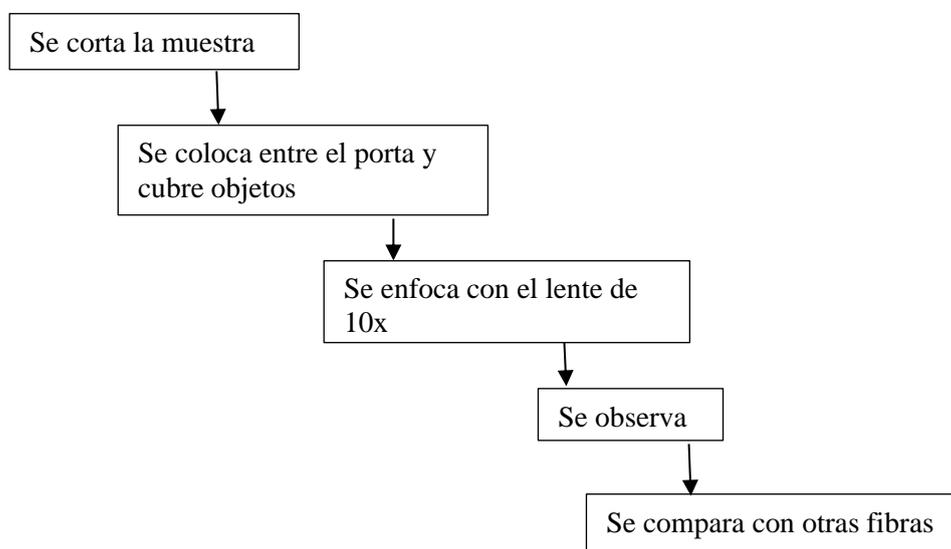
### 3.4.4 Caracterización del hilo obtenido por el método físico.

- **Prueba de Microscopía**

Según la norma ISO 105, y el manual para tintes y tejidos ISBN. 84-95376-62-2 mencionan que se realiza esta prueba como un análisis de identificación de fibra, con el objetivo de verificar que no existe la presencia de una o varias fibras sintéticas en la muestra, o si existiese algún tipo de composición diferente a la fibra vegetal. Se utiliza el método de identificación por microscopía, prueba en la cual se trata de observar a través del microscopio el corte transversal y longitudinal de la muestra de fibra para ser comparada con fotografías ya disponibles en cuadros, folletos o libros, siendo un método práctico para identificar las fibras naturales, ya que estas tienen una sección transversal y longitudinal particulares, mientras que las fibras artificiales son muy parecidas en este aspecto, pero no similares (Villán, 2017).

#### Figura 4.

*Prueba de microscopía de la fibra obtenida por el método físico.*



*Nota.* La figura muestra la prueba de identificación de la fibra del hilo del bagazo de la de azúcar, utilizando un microscopio óptico con un lente de 10x.

- Prueba de resistencia a la tracción y prueba de elongación

Según la norma ASTM D5034 con su método de prueba estándar para la resistencia se la realiza con un dinamómetro digital, en donde se mide la cantidad de fuerza en Newton que resiste un tramo de la madeja de hilo del bagazo de la caña, para ello se estira el hilo aplicando una determinada fuerza que es medida por el instrumento (Asociación Española de Normalización, 2023)

Según la norma ASTM D5035 con su método de prueba estándar para medir la elongación se mide la cantidad de estiramiento que tiene la muestra de la madeja del hilo del bagazo de caña antes de su ruptura, expresada como un porcentaje de su longitud original, para ello se utiliza una cinta métrica, se realiza la medición inicial, es decir antes de la ruptura de la fibra y se resta de la final luego de la ruptura del hilo, para ser promediada y de este resultado se obtiene el porcentaje de estiramiento (Viyella, 2023)

- Procedimiento para el cálculo de B/C

Los indicadores de costos son medidas cuantitativas utilizadas para evaluar y monitorear los costos de una empresa o proyecto. Estos indicadores proporcionan información clave sobre la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones. Algunos ejemplos comunes de indicadores de costos incluyen: Costo unitario, costo de producción por unidad, costo de mano de obra directa, costo de materiales directos, costo de ventas, margen de contribución cabe recalcar que la tasa de descuento se utiliza para ajustar los flujos de efectivo futuros al valor presente, reflejando el costo de oportunidad del dinero y el riesgo asociado con el proyecto.

El cálculo del costo beneficio se realiza por medio de la fórmula descrita por el autor Rodriguez (2023) quien dice que para obtener este valor se debe realizar la división de los beneficios netos, el Valor Actual de los Ingresos Totales Netos conocido como (VAN) entre sus costos totales, el Valor Actual de los Costos de inversión (VAC), es fundamental tener en cuenta que el cálculo del B/C depende de muchas suposiciones y estimaciones, por lo que los resultados deben interpretarse con precaución y considerar el nivel de incertidumbre asociado con las proyecciones para hacer una interpretación del resultado que sea muy acorde al proyecto o trabajo a realizar para que no difiera de la realidad, a partir de las siguientes reglas que ayudan a tener una mejor visión para la toma de decisiones:

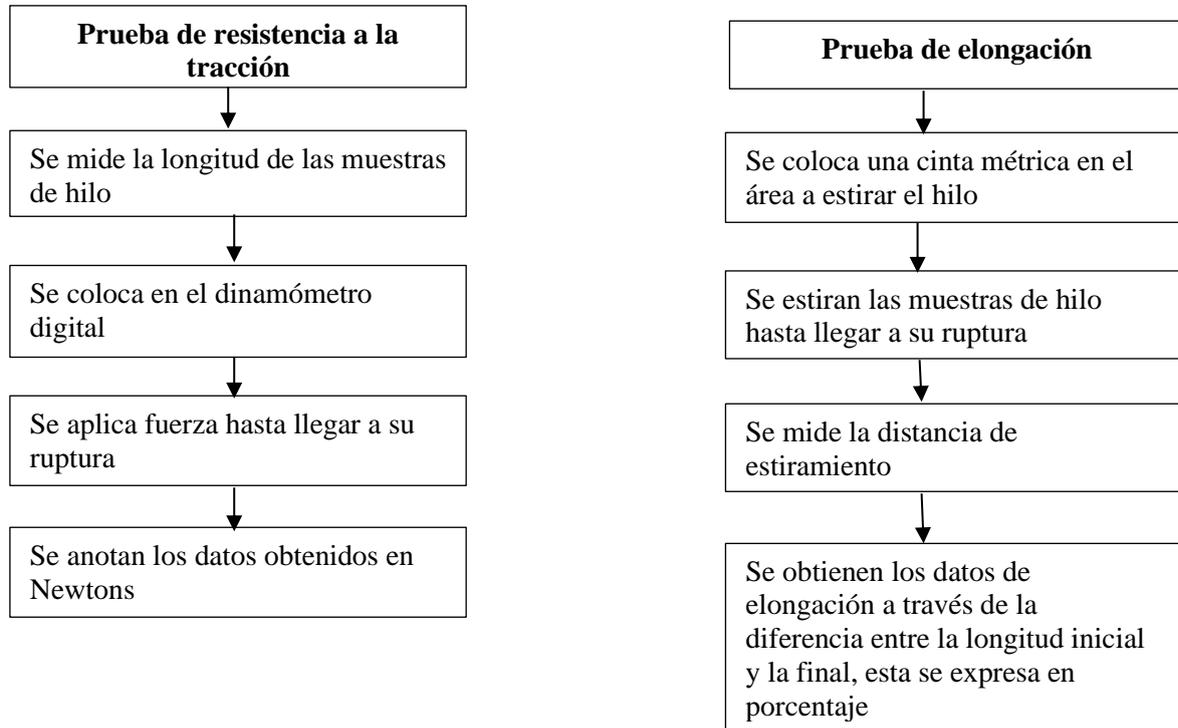
B/C mayor a 1: Esto nos quiere decir que los ingresos son superiores a los costos, por lo que el proyecto es rentable.

B/C igual a 1: Esto significa que no existen ganancias ni pérdidas, ya que se podría decir que están en equilibrio, pero el proyecto no es viable ya que no existen ganancias.

B/C menor a 1: esto indica que los costos son mayores a los beneficios que se tienen por lo que el proyecto deja de ser rentable

**Figura 5.**

*Prueba de resistencia a la tracción y elongación del hilo.*



*Nota.* La figura muestra la prueba de resistencia a la tracción y elongación de la fibra del hilo obtenido a partir del bagazo de la caña por el método físico.

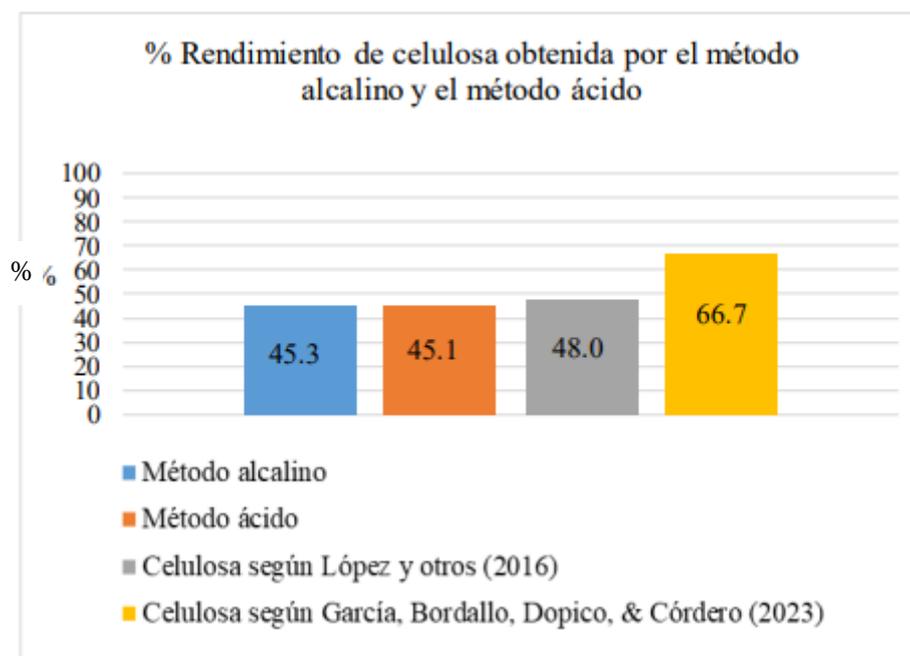
## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados de la extracción de celulosa por el método químico.

Se determinó el porcentaje de celulosa obtenida por el método químico realizando una gráfica en barras que indica si el método alcalino o el método ácido obtuvo mejores resultados de celulosa y se compara con los métodos empleados por otros autores.

**Figura 6.**

*Porcentaje de rendimiento de celulosa obtenida por el método alcalino y ácido*



*Nota:* La figura muestra el porcentaje de rendimiento de celulosa que se obtuvo de las tres repeticiones realizadas con el método alcalino dando valores de 50, 47 y 45 y por el método ácido con valores de 52, 48 y 49.

Como se observa en la figura 6 con el método alcalino se obtuvo un promedio de rendimiento de  $45.33 \pm 2.51\%$  de celulosa, y por el método ácido se obtuvo un promedio de  $45.15 \pm 2.081\%$  lo cual nos indica que no existe diferencias significativas entre ambos métodos por tener valores similares, con la prueba de Tukey se tiene un valor de 0.18 entre ambos métodos el cual es muy bajo en comparación a su valor crítico de 3.93 con un 0.05 de error que sugiere en la tabla de repeticiones lo cual nos indica que no existe una diferencia significativa entre las medias de los métodos alcalino y ácido. Se comparan estos resultados con los obtenidos por López, y otros (2016) que obtuvieron 48% utilizando como método de extracción la hidrólisis ácida sulfúrica, inicialmente tratada con una solución acuosa de NaOH al 10%.

García, Bordallo, Dopico, & Córdero (2023) mencionan que fue de 66.75% el rendimiento

que obtuvieron debido a que el bagazo de la caña fue desmedulada en suspensión, prehidrolizado en fase acuosa, pulpeado en presencia de NaOH y blanqueado con una secuencia dióxido-extracción-dióxido, con el objetivo de obtener una pulpa blanqueada que permita aislar la fracción cristalina de la celulosa, correspondiente a sus nanocristales obteniendo así un mayor porcentaje de celulosa para ser empleada con fines medicinales.

Con la celulosa obtenida por los métodos alcalino y ácido, se realizó el proceso de síntesis de rayón, dando resultados desfavorables para la elaboración de las fibras textiles, debido a que los procesos realizados no ayudaron a tener la consistencia adecuada para llevar a cabo el tejido de la misma, ya que resultó ser muy delgada con apariencia similar a una pasta viscosa, siendo complicado de hilar y tejer, es así que por motivos fisiológicos de la caña no se consiguió elaborar de manera manual los hilos de celulosa obtenidos por el método de extracción, la cantidad de celulosa que tiene el bagazo de la caña de azúcar generalmente es de 51.67 %, siendo necesario para este proceso un porcentaje de 84 – 91 % de celulosa, como ejemplo la fibra de algodón que alcanza estos porcentajes de celulosa y por tanto forman hilos con mucha facilidad así lo menciona (Bromander, 2023).

Según Granada (2024) menciona, que para conseguir formar los hilos con la viscosa de la caña se necesitarían máquinas de nivel industrial que ayuden a procesarlo de manera adecuada, ya que luego de haber sido extraída la celulosa esta pasa por un tiempo de maduración y luego a los tanques de desgasificación, en donde se aplica la técnica de vacío, aquí se eliminan las burbujas de aire para luego ser transportadas a las bombas de presión, se lleva la viscosa a la operación de filtraje, eliminando los residuos sólidos para almacenarlos en los tanques de hilatura, aquí se controlan las presiones máximas y mínimas, además de controlar la cantidad de fluido que pasa por una hilera de platino que tiene entre 5000 y 15000 orificios, según el tipo de hilo que se intente conseguir para ser transportadas al baño ácido, en donde la viscosa se coagula formándose el hilo de viscosa, que es recogido por unas ruedas de cristal en las que se produce el estiraje de los filamentos que se encuentran en un estado plástico formando el hilo de rayón.

Por tal motivo se optó por el método de ablandamiento de las fibras, el cual se explica que a partir de una deslignificación con sosa cáustica, se retira la parte dura de los residuos de la fibra de la caña, posteriormente se realiza un blanqueamiento con hipoclorito de sodio, para luego ser hilado artesanalmente por medio de la técnica de torsión manual y teñido de las fibras con colorantes textiles sintéticos, las cuales luego de ser secadas de modo natural se tejen y elaboran las diferentes artesanías.

#### **4.2 Resultados de la elaboración de las fibras textiles por el método físico.**

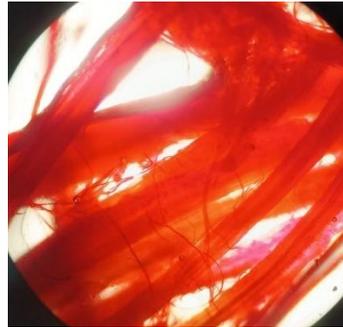
Para ello se realiza un análisis de las pruebas de microscopía, resistencia a la tracción y elongación realizadas a la fibra obtenida por el método físico

En la prueba de microscopía se realizó una comparación entre el hilo obtenido por medio del método físico y una imagen con las muestras de fibras animales, vegetales y sintéticas de

hilo más utilizadas en el mercado textil, para ello se observa con cuál de ellas tiene mayor similitud en forma además de ver las características propias de cada una.

**Figura 7.**

*Muestra del hilo del bagazo de caña obtenida por el método físico.*



*Nota.* La figura muestra el hilo del bagazo de caña obtenida por el método físico, vista con un lente de 10x.

**Figura 8.**

*Muestras de las fibras animales, vegetales y sintéticas más comunes.*



Algodón

Lino

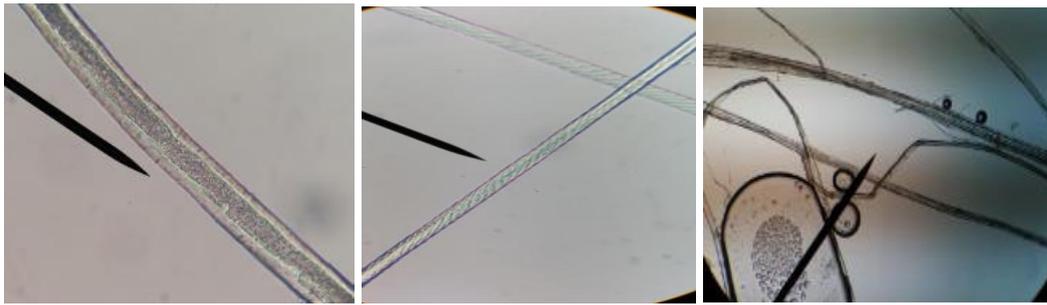
Lana



Poliéster

Nylon

Seda



Alpaca

Angora

Cáñamo

*Nota.* La figura muestra las fibras animales, vegetales y sintéticas más comunes, vistas con un microscopio de barrido de electrones. Tomado de (Agencia de Pruebas y Certificaciones, 2021) y (Villán, 2017).

En la figura 8 se observa la forma de las fibras las cuales al ser contrastadas entre sí, se puede diferenciar que la lana muestra un patrón de escamas en forma de mosaico y forma irregular, la angora tiene forma de onda regular y mosaico, la fibra de alpaca y llama tiene onda regular interrumpida, el cáñamo tiene ondas regulares, la seda carece de escamas y es la fibra más delgada, el lino tiene una separación entre sus escamas con ondas cortas, el algodón carece de forma en sus escamas pero tiene forma de espiral y el poliéster es totalmente liso como el nylon (Alonso, 2021).

Según Villán (2017) menciona que, la fibra de lino es lisa con pequeñas rasgaduras en las secciones transversales, en la prueba de microscopia se determinó la similitud que tiene el hilo de los residuos de la caña de azúcar con la fibra de lino por lo cual posee la característica principal de ser un material muy resistente y duradero, pero con poca elasticidad esta característica al contrario de ser negativa ayuda a que conserve su forma con facilidad. Se observó que este hilo es netamente de origen vegetal ya que no está agregada o mezclada con ningún otro tipo de fibra sintética debido a que no posee características totalmente llanas como se ve en el poliéster, ni tampoco formas de mosaico u onduladas como se ven en las fibras de origen animal, se va a notar una diferencia entre los tipos de fibras inclusive por el tipo de células que tienen ya que no es lo mismo una célula vegetal que una animal, especialmente por su estructura en la pared celular ya que la vegetal es más rígida, en tanto que la animal es mucho más blanda por no tener lignina ya que este compuesto es el encargado de brindar la rigidez en las estructuras vegetales.

#### **4.2.2 Prueba de resistencia a la tracción**

La tabla 2 muestra el resultado de la resistencia a la tracción del hilo de bagazo de caña que está medido en unidad de Newtons y fue obtenido de manera experimental por el método físico, en contraste con hilos investigados de manera bibliográfica lana según Sacchero (2023), seda según Lituma (2019), lino según Arluna (2020), algodón según Quitama (2020), poliéster según Ticona & Humpiri (2020).

**Tabla 2.**  
*Comparación de resistencia a la tracción.*

<b>Bagazo de caña de azúcar (N)</b>	<b>Lana gruesa (N)</b>	<b>Seda (N)</b>	<b>Lino (N)</b>	<b>Algodón (N)</b>	<b>Poliéster (N)</b>
15.03-20.00	30.00-50.00	33.17	20.00-30.00	16.00-24.00	20.00-40.00

*Nota.* Los valores están medidos en Newton (N).

Según Sharma (2024) menciona, que los hilos de sustratos naturales tienen finalidad industrial en este caso el hilo obtenido del bagazo de la caña por medio físico presentó una media de  $17.75 \pm 1.80$  N, de resistencia a la tracción, ya que al compararlo con el hilo de las fibras más comunes vegetales, animales y sintéticas, se determinó que el algodón es la fibra que tiene menor resistencia a la tracción con un valor de 16.00-24.00 N y la lana gruesa posee la mayor resistencia a la tracción con valores de 30.00-50.00 N. Estos valores dependen principalmente del diámetro del hilo, la longitud y de su origen como ejemplo la lana gruesa que debido a que tiene un mayor diámetro, mayor longitud y es de origen animal tiene mayor resistencia a la tracción en comparación a las otras fibras, al contraste el hilo del bagazo de caña que por ser de origen vegetal y al no contar con valores específicos de diámetro y longitud es la fibra que tiene menor resistencia a la tracción.

#### **4.2.3 Prueba de elongación**

La tabla 3 muestra la comparación de los valores de elongación del hilo de bagazo de caña que fueron obtenidos de manera experimental por el método físico, en contraste con hilos investigados de manera bibliográfica de lana gruesa según Arluna (2020), seda según Sanchez (2023), lino según Sanchez (2023), algodón según Arluna (2020), poliéster según Viyella (2023).

**Tabla 3.**  
*Comparación del porcentaje de elongación del hilo del bagazo de caña.*

<b>Bagazo de caña de azúcar %</b>	<b>Lana gruesa %</b>	<b>Seda %</b>	<b>Lino %</b>	<b>Algodón %</b>	<b>Poliéster %</b>
3.5 - 5.5	25 - 35	20	2	3 - 7	17 - 19

Con respecto a la elongación el hilo del bagazo de la caña tiene una media de  $4.7 \pm 0.90\%$  que, al compararlo con las fibras más comunes presenta una mayor similitud con la fibra de lino es el que presenta menor porcentaje con solo el 2% al contrario el hilo de lana gruesa tiene el mayor porcentaje que es de 25-35%. El hilo del bagazo de la caña presenta valores menores por el proceso de obtención y la materia prima utilizada al ser un sub producto de la industria panelera muchas de sus propiedades se han perdido durante sus procesos previos por lo que se reducen sus características de elongación en comparación a los de la lana gruesa, poliéster, seda y similares con el algodón al no existir una diferencia significativa entre estos

debido a la característica de la planta, ya que la lana es flexible debido a la estructura de sus moléculas en espiral brindando a su hilo la capacidad de conservar su forma manteniendo su elasticidad, la seda es de origen animal pues es producido por el conocido gusano de seda el cual al tener en su sección transversal una forma triangular brinda la característica principal de suavidad y brillo único además de su alta elasticidad, el poliéster al ser un tipo de resina plástica que se obtiene del petróleo adquiere sus características dependiendo del propósito que vaya a tener en el mercado por lo tanto la elasticidad de las fibras de origen animal y sintéticas son mayores que las de origen vegetal.

La tabla 4 muestra las diferencias entre el hilo del bagazo de caña obtenido por el método físico y el hilo de poliéster que se encuentra de venta al público.

**Tabla 4.**  
*Análisis físico de hilos obtenidos por método físico.*

<b>Características</b>	<b>Hilo de bagazo de caña de azúcar</b>	<b>Hilo de cabuya</b>
<b>Brillo</b>	De brillo ligero	El hilo carece de brillo
<b>Sensación al tacto</b>	El hilo se siente más suave y flexible que el de la cabuya	Es más resistente y textura más áspera en comparación al hilo de bagazo de caña
<b>Elongación</b>	El hilo presenta más elasticidad por lo que puede ser utilizado para artesanías	El hilo presenta menos elasticidad por lo que puede ser utilizado para elaborar cuerdas, correas
<b>Flexibilidad</b>	Muy flexible	Flexible pero más rígida que el hilo de bagazo de caña

Nota: la comparación de las características del hilo de bagazo de caña de azúcar se realizó con la muestra que se obtuvo por el método físico y la del hilo cabuya se realizó con la muestra que se compró en el mercado local.

En resumen, aunque ambos hilos son de origen natural y se utilizan en diversas aplicaciones, difieren en sus propiedades físicas, usos tradicionales y las plantas de las que se obtienen. La elección entre hilo de caña y hilo de cabuya dependerá de las características específicas requeridas para cada proyecto o producto, así como de los requisitos específicos de fabricación y de los recursos del fabricante ya que como se observa cada planta brinda a las fibras características específicas por ejemplo el hilo de caña que puede ser empleado para la elaboración de productos artesanales, cestas, sombreros en tanto que el hilo de cabuya puede ser empleado en productos que sean más resistencia y durabilidad como elaboración de cuerdas, correas, redes con respecto a la sensación al tacto un hilo duro y áspero puede estar relacionado con el área de decoración de exteriores descartando su uso en la elaboración de prendas de vestir ya que por lo general el consumidor busca la comodidad y suavidad al

momento de llevar una prenda, además un hilo con más elasticidad afecta a la flexibilidad de las costuras ya que un hilo con menos elasticidad puede ser utilizado en la elaboración de decoraciones y artesanías en tanto que un hilo más elástico se utiliza para las costuras que están en contacto con el cuerpo en el reverso debido a su superficie lisa con un tacto suave. La caña de azúcar es una planta ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales, lo que facilita el acceso a las fibras necesarias para producir hilo de caña.

El agave sisalana, de donde se obtiene la cabuya, también se cultiva en regiones tropicales, pero en áreas específicas donde el clima y las condiciones del suelo son adecuadas para su crecimiento.

### 4.3 Elaboración de artesanías.

Con el hilo obtenido por el método físico y teñido artificial se elaboran múltiples artesanías tejidas a mano como se indica en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Artesanías elaboradas con el hilo del bagazo de la caña.*

 <p>Decoraciones, portavasos</p>	 <p>Monedero</p>
 <p>Pocillo para dulces y juguete de mascotas</p>	

### 4.4 Determinación de la rentabilidad mediante el indicador B/C.

Se determina la rentabilidad del hilo obtenido por el método físico como se muestra en la tabla 6 de estructura de costos la cual se desglosa en costos de producción y gastos de operación, los costos se determinan mensualmente a cada pieza con dimensiones de 20 x 30 cm sin tomar en cuenta sus costos variables ya que estos van a depender del modelo de artículo a realizar además del tiempo y recursos a tomar en cuenta ya que en algunos modelos

pueden incluir botones, relleno u otro tipo de accesorios. Mediante la determinación de los costos se obtiene el precio de venta al público y con ello se determina nuestra cantidad en equilibrio, dato que es de suma importancia para tomar en cuenta en nuestro flujo de caja que va estimado en un periodo de 5 años.

**Tabla 6.**

*Estructura de costos método físico.*

<b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTOS FIJOS</b>		<b>COSTOS VARIABLES</b>
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>			
Mano de obra Directa	\$	200.00	
Materia prima Directa			\$ 7.75
Materia prima Indirecta			\$ 10.00
<b>GASTOS OPERACIÓN</b>			
<b>Gastos Administrativos</b>			
Servicios básicos	\$	5.00	
Depreciación de muebles y equipos de trabajo	\$	3.50	
<b>Costos indirectos de Fabricación</b>			
Obtención del RUC	\$	10.00	
Registro patentes municipales	\$	10.00	
<b>Gatos de Venta</b>			
Publicidad	\$	5.00	
<b>Gastos financieros</b>			
Interés del préstamo	-		
Amortización	-		
Total	\$	233.50	\$ 17.75
<b>COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS</b>			<b>\$ 251.25</b>

En la tabla 7 se detalla y cómo se obtiene y desglosa el precio de venta de las artesanías elaboradas con el hilo obtenido por el método físico en dólares.

**Tabla 7.***Determinación del precio de venta por el método físico.*

<b>COSTO FIJO</b>	CF	\$	233.50
<b>COSTO VARIABLE</b>	CV	\$	17.75
<b>COSTO TOTAL</b> CF + CV	CT	\$	251.25
<b>COSTO VARIABLE UNITARIO</b> CV / Unidades producidas	Cvu	\$	0.09
<b>UNIDADES PRODUCIDAS AL MES</b>			200 Unidades
<b>COSTO TOTAL UNITARIO</b> CT/ Unidades producidas	CTu	\$	1.26
<b>% UTILIDAD</b>			50%
<b>PRECIO VENTA UNITARIO</b> CTu + (CTu * Utilidad)	PV	\$	1.88
<b>PVP</b> PV + Utilidad		\$	<b>2.38</b>
<b>CANTIDAD EN EQUILIBRIO</b> CF/(PVP – Cvu)	QE		143

**Tabla 8.**

*Indicadores y costo beneficio método físico.*

<b>Período</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Neto</b>	<b>Acumulado sin Tasa (PRI)</b>	<b>Flujos Netos al (VP)</b>	<b>Acumulado con Tasa (DPB)</b>
<b>0</b>		\$ 751.25	\$ (751.25)	\$ (751.25)	\$ (751.25)	\$ (751.25)
<b>1</b>	\$ 200.00		\$ 200.00	\$ (551.25)	\$ 200.00	\$ (551.25)
<b>2</b>	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ (251.25)	\$ 300.00	\$ (251.25)
<b>3</b>	\$ 250.00		\$ 250.00	\$ 1.25	\$ 250.00	\$ 1.25
<b>4</b>	\$ 350.00		\$ 350.00		\$ 350.00	\$ 348.75
<b>5</b>	\$ 400.00		\$ 400.00		\$ 400.00	

<b>VAN</b>	\$1.300.00	
<b>Suma periodos netos</b>		
<b>TIR</b>	25%	<b>TASA PASIVA</b>
<b>RI</b>	10.36%	<b>10.36%</b>
<b>TIRM</b>	19%	
<b>Valores, tasa de financiamiento, tasa de reinversión</b>		<b>INVERSIÓN</b>
<b>B/C</b>	2.00	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>(Ventajas actualizadas/desventajas) *-1</b>		\$ 251.25
		<b>CAPITAL NETO DE TRABAJO</b>
		\$ 500.00
		<b>TOTAL</b>
		\$ 751.25

*Nota.* La tabla muestra los indicadores y el costo beneficio de las artesanías por el método físico (PRI) es el período de recuperación de la inversión, (VP) quiere decir valor presente neto, (DPB) es el período de recuperación descontado, (VAN) es el valor actual neto, (TIR) tasa interna de retorno (RI) retorno de inversión, (TIRM) tasa de rendimiento interna modificada de reinversión.

Al determinar los estados de costos para ambos métodos se concluye que se tiene un mejor beneficio al elaborar el hilo por el método físico esto se debe a que en el método químico se tienen mayores costos de producción por los insumos a utilizar como el bicarbonato de sodio, el sulfato de cobre, amoníaco, hidróxido de sodio y ácido sulfúrico, además del equipo de materiales de laboratorio a utilizar, por todos los parámetros descritos se tiene un costo beneficio de 2.00 para el método físico la teoría dice que si el costo beneficio es mayor a 1 se entiende que los ingresos son superiores a los costos y por tanto el proyecto es rentable por el método físico

Se trabaja con un valor actual neto (VAN) de 1.300.00 \$ para el periodo de 5 años, teniendo como resultado una tasa interna de retorno (TIR) del 25% por el método físico y una tasa interna de retorno modificada (TIRM) de 19%, estos son indicadores que ayudan a definir la rentabilidad del proyecto y mientras más altos sean quiere decir que se tiene una mejor rentabilidad.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Para la elaboración de las fibras textiles a partir de los residuos de la caña de azúcar el método físico fue el más idóneo debido a los problemas con la textura que se presentaron al elaborar el hilo por el método químico ya que por este método se dificulta el proceso de tejido e hilado, al contrario, por el método físico la fibra obtenida ayuda a facilitar el proceso de tejido artesanal.
- El método alcalino y ácido promovieron la obtención de un rendimiento similar de celulosa porque ambos valores no muestran diferencias significativas debido a que por el método alcalino se obtuvo un rendimiento de  $45.33 \pm 2.51\%$  de celulosa, y por el método ácido se obtuvo un rendimiento de  $45.15 \pm 2.081\%$
- Se caracterizó el hilo obtenido por el método físico a través de la prueba de microscopía se determinó que el hilo contiene únicamente fibras vegetales, con rasgos similares a la fibra de lino, por medio de la prueba de resistencia a la tracción, se determina que el hilo tiene una media de  $17.75 \pm 1.80$  N siendo superior al hilo de poliéster que tiene de 7-15 N, lo cual nos indica que se pueden tener tejidos más firmes que los elaborados con este hilo y una elongación media de  $4.7 \pm 0.90$  %, siendo menor a la del poliéster que tiene de 17-19 % y mayor en comparación con el hilo de lino que tiene 2% lo cual nos indica que los hilos son lo suficientemente aptos para la elaboración de las artesanías.
- Se elaboró las diferentes artesanías a partir del hilo obtenido de los residuos de la caña de azúcar por el método físico conocido como ablandamiento o deslignificación por ser el método con mejores resultados para la elaboración de los mismos.
- Se determinó que por el método físico se tiene una rentabilidad del 25% por medio de la tasa interna de retorno (TIR) con un indicador de costo/beneficio de 2 siendo este valor mayor a 1 lo cual indica que los ingresos son mayores que los egresos y por tanto sí es rentable este proyecto teniendo una ganancia de 0,85 ctvs por pieza elaborada al 50% de utilidad, lo cual indica que el proyecto es viable, siendo una alternativa de sostenibilidad promoviendo el aprovechar sus recursos en su totalidad y evitar el desperdicio de sus materiales, mediante la creación de artículos atractivos para el mercado actual.

### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar el método químico y utilizar equipo adecuado para procesar la celulosa de la caña para lograr que las fibras de hilo alcancen una textura más agradable al tacto, debido a que el hilo obtenido en este proyecto por el método físico es de una textura algo áspera y dura al momento de su manipulación.

- Se recomienda el uso de los residuos de la caña de azúcar para la elaboración de artículos decorativos, debido a la versatilidad que tiene la misma.
- Se recomienda el estudio de otro tipo de fibras vegetales para la elaboración de los hilos, debido a la diversidad de plantas existentes en el país implementando nuevas opciones y no sólo las ya conocidas como es el caso de la cabuya, el algodón y de las fibras de las hojas de plátano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Pruebas y Certificaciones. (2021). *Métodos comunes de identificación de fibras textiles*. Obtenido de [https://www.agccert.com/testing\\_show/718.html](https://www.agccert.com/testing_show/718.html)
- Aguilar, N. (Junio de 2016). Pulpa de bagazo de caña con alto índice de fibra larga. *SciELO*, 1-8.
- Aite. (2023). *Historia y actualidad*. Obtenido de <https://www.aite.com.ec/industria.html#:~:text=Hoy%20por%20hoy%2C%20la%20industria,la%20lana%20y%20la%20seda>.
- Alliance. (2023). *SO 14001: DAÑO DE LA INDUSTRIA TEXTIL AL MEDIOAMBIENTE*. Obtenido de <https://qalliance.org/es/2021/08/31/iso-14001-dano-de-la-industria-textil-al-medioambiente/>
- Alonso, J. (2021). *Manual control de calidad en productos textiles y afines*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Arluna, P. (30 de Septiembre de 2020). *FIBRAS TEXTILES – Parte 2 – CARACTERÍSTICAS y PROPIEDADES*. Obtenido de <https://www.santistaworkwear.com.ar/fibras-textiles-parte-2-caracteristicas-y-propiedades/>
- Asociación Española de Fabricantes de Pasto, Papel y Cartón. (2016). *LA ERA DE LA CELULOSA*. Confederation of European Paper Industries.
- Asociación Española de Normalización. (2023). *UNE-EN ISO 2062:1996*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0013334>
- ASTM. (2020). Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de fibras textiles individuales. *Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers*, 3822.
- Atria. (2023). *Sostenibilidad en el sector textil*. Obtenido de <https://www.atriainnovation.com/sostenibilidad-en-el-sector-textil/>
- Audaces . (2023). *5 tendencias para el segmento textil y la industria de la moda*. Obtenido de <https://audaces.com/es/blog/5-tendencias-para-el-segmento-textil-y-la-industria-de-la-moda>
- Bravo, P. (2023). *Sostenibilidad en la industria textil: construyendo un futuro responsable y consciente*. Obtenido de <https://texlimca.com/blog/sostenibilidad-en-la-industria-textil>
- Bromander, M. (2023). *Tecnología vegetal compleja en la preparación de metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa, etc.* Obtenido de <https://www.amixon.com/es/blog/tecnologia-de-plantas-complejas-en-el-procesamiento-de-la-celulosa>
- Castillo, D. (2019). *Síntesis de rayón (celulosa regenerada)*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=CDBiSAOqROE>
- Castillo, F. (2023). *El cultivo de la caña de azúcar*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_cana\\_azucar.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp)
- Chávez, E., & Haro, G. (2020). Mejoramiento de la cadena de distribución de productos obtenidos a base de la caña de azúcar y manufacturados en el cantón Echeandía. 4-5.
- Cuallar, J. (2017). *La resistencia a la rotura de la tela y su ensayo*. Obtenido de de

- <https://www.testextextile.com/es/prueba-de-resistencia-a-la-rotura-de-la-tela/>
- Farias, G. (2018). *Fibras textiles naturales vegetales*. Obtenido de <https://gabrielfariasiribarren.com/fibras-textiles-naturales-vegetales/>
- Flores, R. (2020). *Propiedades de las Fibras*. Obtenido de <https://www.hiladosdealtacalidad.com/propiedades-de-las-fibras>
- García, A. (2023). Estado de arte de la gestión y valorización de residuos de caña de azúcar en Ecuador. *Dialnet*, 3-5.
- García, L., Bordallo, E., Dopico, D., & Córdero, D. (2023). Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar. URL disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223126409008.pdf>
- Gomez, L. (2015). *Obtención experimental de nuevas fibras textiles vegetales*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Granada. (2024). *Síntesis de viscosa (rayón)*. España: Universidad de Granada.
- Guerrero. (2021). Extracción de la celulosa a partir de los residuos de pasto común para la elaboración de acetato de celulosa. *dspace*, 24-38.
- Guerrero, M. (2016). La Investigación Cualitativa. *Dialnet*, 1.
- Hernandez, J. (2021). *Análisis del crecimiento de cultivos de la caña de azúcar en el ingenio Santa Rosalía de la Chontalpa Tabasco*. México: Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Hinostroz, J. (2024). *Rayon Viscosa*. SCRIBD. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/08/rayon.html>
- INEC. (2021). *Guía para el cultivo de caña de azúcar*. Obtenido de [https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user\\_upload/Sustainability\\_Academy/Recursos/Guia\\_para\\_el\\_cultivo\\_de\\_cana\\_de\\_azucar.pdf](https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_el_cultivo_de_cana_de_azucar.pdf)
- ISO 105. (2016). *Guía de la norma ISO 105: calidad y pruebas textiles*. Obtenido de <https://normasiso.org/norma-iso-105/#:~:text=La%20norma%20ISO%20105%20es,la%20fricci%C3%B3n%20y%20la%20transpiraci%C3%B3n>.
- Jalisco, R. (2016). *Caña Sacharinum*. Obtenido de <https://www.elrefugiojalisco.com/single-post/2014/01/22/méxico-construyendo-blog>
- Kanya. (2020). *Moda y complementos del residuo de la caña de azúcar*. Obtenido de <https://controlpublicidad.com/empresas-y-negocios-publicidad/kanya-moda-a-partir-de-residuos-de-cana-de-azucar/>
- Laboratorio acreditado de medición y análisis de pruebas. (2023). *Método de prueba estándar ASTM D5034 para resistencia a la tracción y elongación de telas textiles*. Obtenido de <https://www.laboratuar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d5034-tekstil-kumaslarin-kopma-mukavemeti-ve-uzamasi-icin-standart-test-yontemi/>
- Laboratorio acreditado de medición y análisis de pruebas. (2023). *Método de prueba estándar ASTM D5035 para fuerza de tracción y elongación de telas textiles - Método de tiras*. Obtenido de <https://www.laboratuar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d5035-tekstil-kumaslarin-kopma-kuvveti-ve-uzamasi-icin-standart-test-yontemi---serit-yontemi/>
- Laboratorio acreditado de medición y análisis de pruebas. (2023). *Pruebas ASTM*. Obtenido

de <https://www.laboratuar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d2256-tek-telli-yontemle-ipliklerin-cekme-ozellikleri-icin-standart-test-yontemi/>

- Lituma, L. (2019). *Resistencia de tracción de los hilos de sutura seda negra 3/0 y ácido poliglicólico 3/0 previo a la inmersión de saliva artificial utilizando la máquina de tracción*. Obtenido de <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/8982>
- López, A., Bolio, G., Veleza, L., Solórzano, M., Acosta, G., Hernández, M., . . . Sánchez, S. (2016). *Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. Obtenido de [https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/784/650/1446#:~:text=Se%20obtuvo%20un%20rendimiento%20de,et%20al.%2C%202012\)](https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/784/650/1446#:~:text=Se%20obtuvo%20un%20rendimiento%20de,et%20al.%2C%202012)).
- López, E. (2014). *Rayon Viscosa*. SCRIBD.
- MAG. (2020). *Ecuador se suma a la tendencia de la moda sostenible*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-suma-a-la-tendencia-de-la-moda-sostenible/>
- MAG. (2023). *Luego de siete años aumenta el precio de la tonelada de caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/luego-de-siete-anos-aumenta-el-precio-de-la-tonelada-de-cana-de-azucar/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Encuesta%20de%20Superficie,hect%C3%A1reas%20con%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar>.
- Merchán, C. (2021). *El sector textil y de confecciones y su importancia para Ecuador*. Obtenido de <https://muchomejorecuador.org.ec/el-sector-textil-y-de-confecciones-y-su-importancia-para-ecuador/>
- Muñoz, D. (2022). *Obtención de celulosa microcristalina aplicando hidrólisis ácida a partir del bagazo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) proveniente de la parroquia Balsapamba-Bolívar*. Riobamba: ESPOCH. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223126409008.pdf>
- Orozco, R. (2019). Importancia social de los tejidos al interior de la Corporación de Mujeres Artesanas de Nizag, COMANI - Ecuador. *Flacso Andes*, 10 - 118.
- Ortega, E. (2023). Obtenido de Historia y Actualidad: <https://enriqueortegaburgos.com/la-industria-textil-en-el-ecuador/>
- Pantoja, C. (2016). *“Utilización del bagazo de la caña de azúcar para la fabricación de complementos decorativos para el hogar”*. Ambato: Universidad Católica del Ecuador.
- Pilco, J. (2023). *Revalorización del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) como residuo importante para la agroindustria*. Obtenido de <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1661>
- Quitama, A. (2020). *Análisis de resistencia a la tracción de hilos retorcidos 100% algodón en relación a su título, torsiones y doblados*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10964/2/04%20IT%20286%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Resano, D. (2022). Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Scielo*, 3-5.
- Rodríguez, N. (2023). *Cómo realizar un análisis de costo-beneficio*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costos->



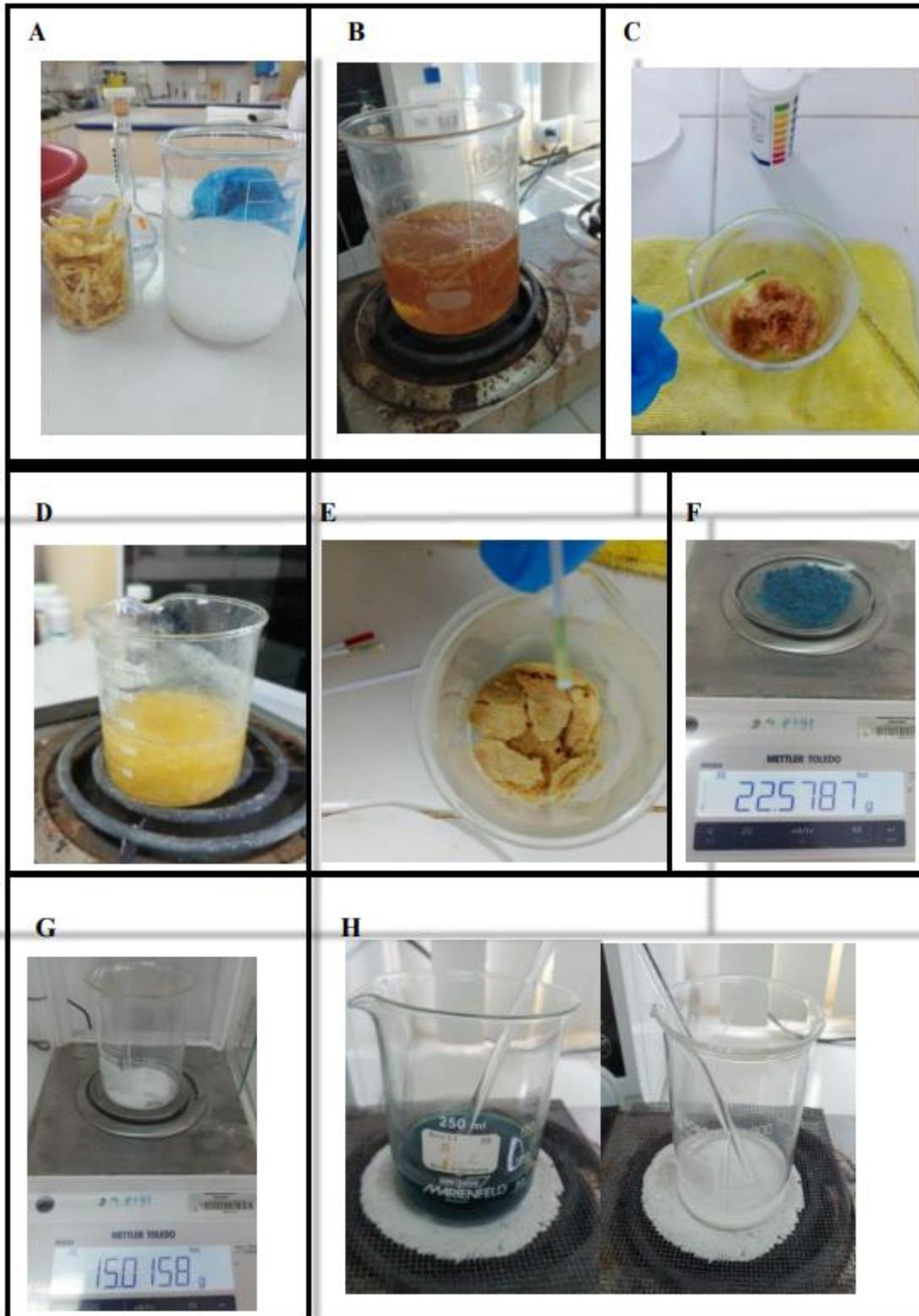
## ANEXOS

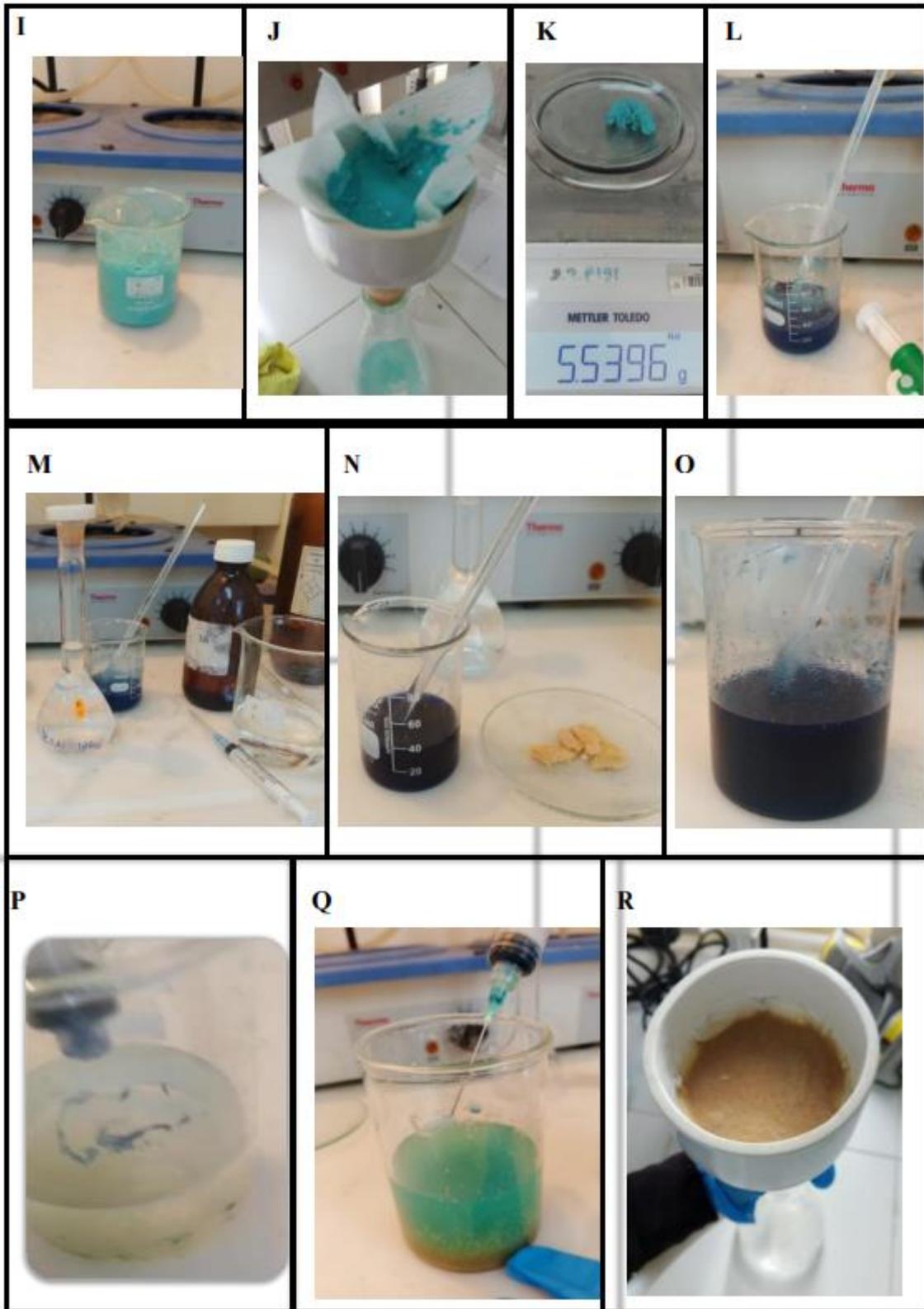
**Anexo 1.-** Recolección de la muestra de los residuos de la caña de azúcar cantón Echeandía.



**A:** Selección de las cañas para la elaboración de la panela, **B:** Recolección de los residuos de la caña luego de haber pasado por el trapiche, **C:** Recolección de los residuos de la caña junto a la paila de jugo de caña de azúcar, **D:** Panelero meneando el jugo de la caña de azúcar para elaborar panela granulada.

**Anexo 2.-** Proceso de extracción del material celulósico del bagazo de la caña para la elaboración de los hilos de rayón de cupra amonio.



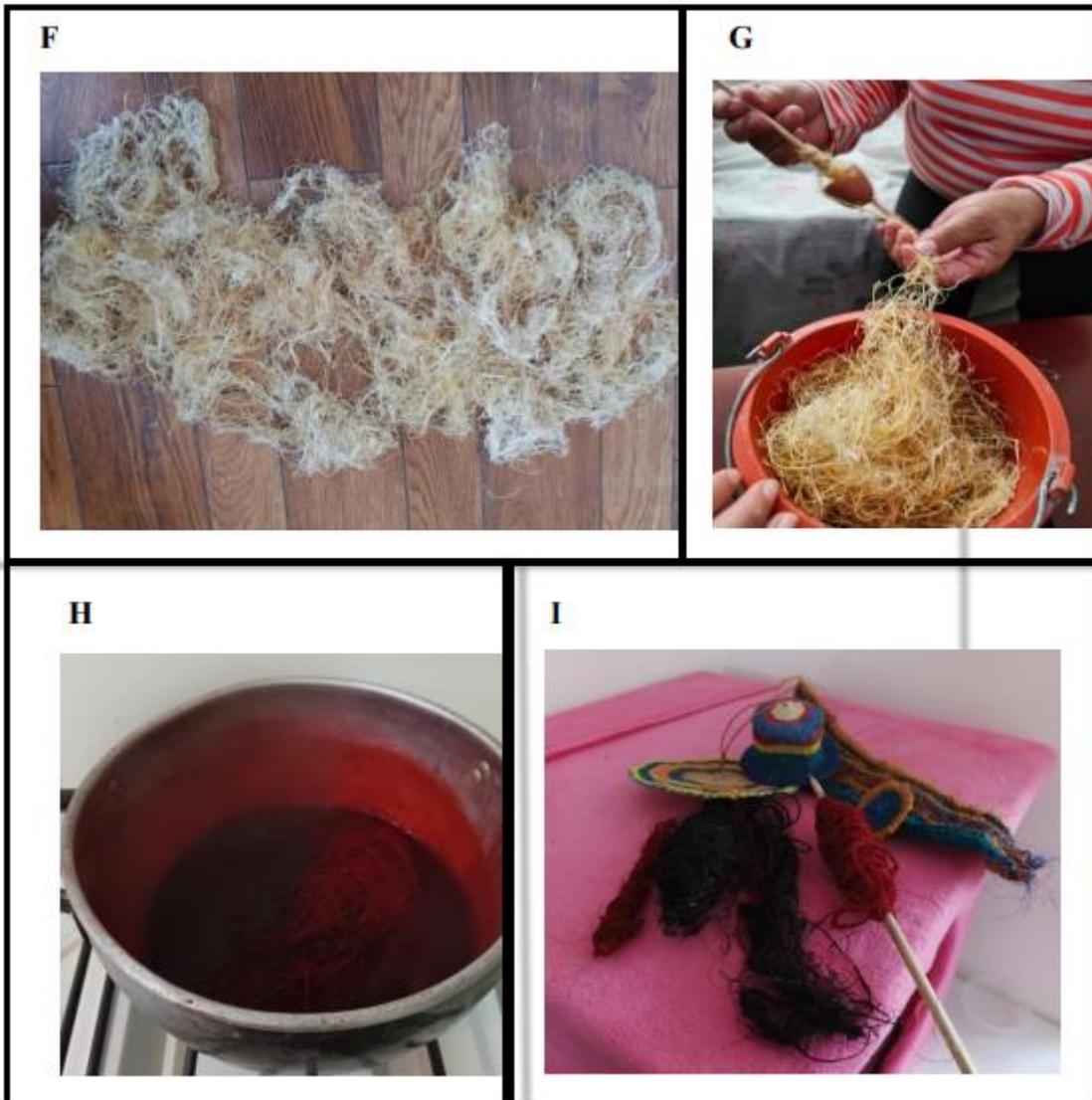


**A:** Preparación y pesaje de materiales, **B:** Solución de NaOH para la hidrólisis básica de la muestra, **C:** Medición del pH después de haber sido lavada la muestra con agua destilada hasta tener un pH neutro, **D:** solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Ácido

Sulfúrico) para la hidrólisis ácida de la muestra, **E:** Obtención de la celulosa luego de haber sido lavada con agua destilada obteniendo un pH neutro, **F:** Pesaje del sulfato de cobre, **G:** Pesaje del bicarbonato de sodio, **H:** Dilución de las soluciones de bicarbonato de sodio y sulfato de cobre con agua destilada en la estufa, **I:** reacción del carbonato de cobre, **J:** Filtración del carbonato de cobre, **K:** Pesaje del sólido de carbonato de cobre, **L:** Solución de carbonato de cobre con el amoniaco al 30%, **M:** Preparación de materiales para la formación de los hilos de cupra amonio, **N:** Muestra de celulosa de bagazo de caña de azúcar con el complejo de cobre, **O:** Formación de la viscosa, **P:** Formación de los hilos en la solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ácido Sulfúrico) al 1 molar, **Q:** Se extraen los hilos para lavarlos con agua destilada, **R:** resultado final de los hilos de cupra amonio luego de haber sido lavados y filtrados con agua destilada.

**Anexo 3.-** Ablandamiento del bagazo de la caña de azúcar, proceso de hilatura y elaboración de los artículos de marroquinería.

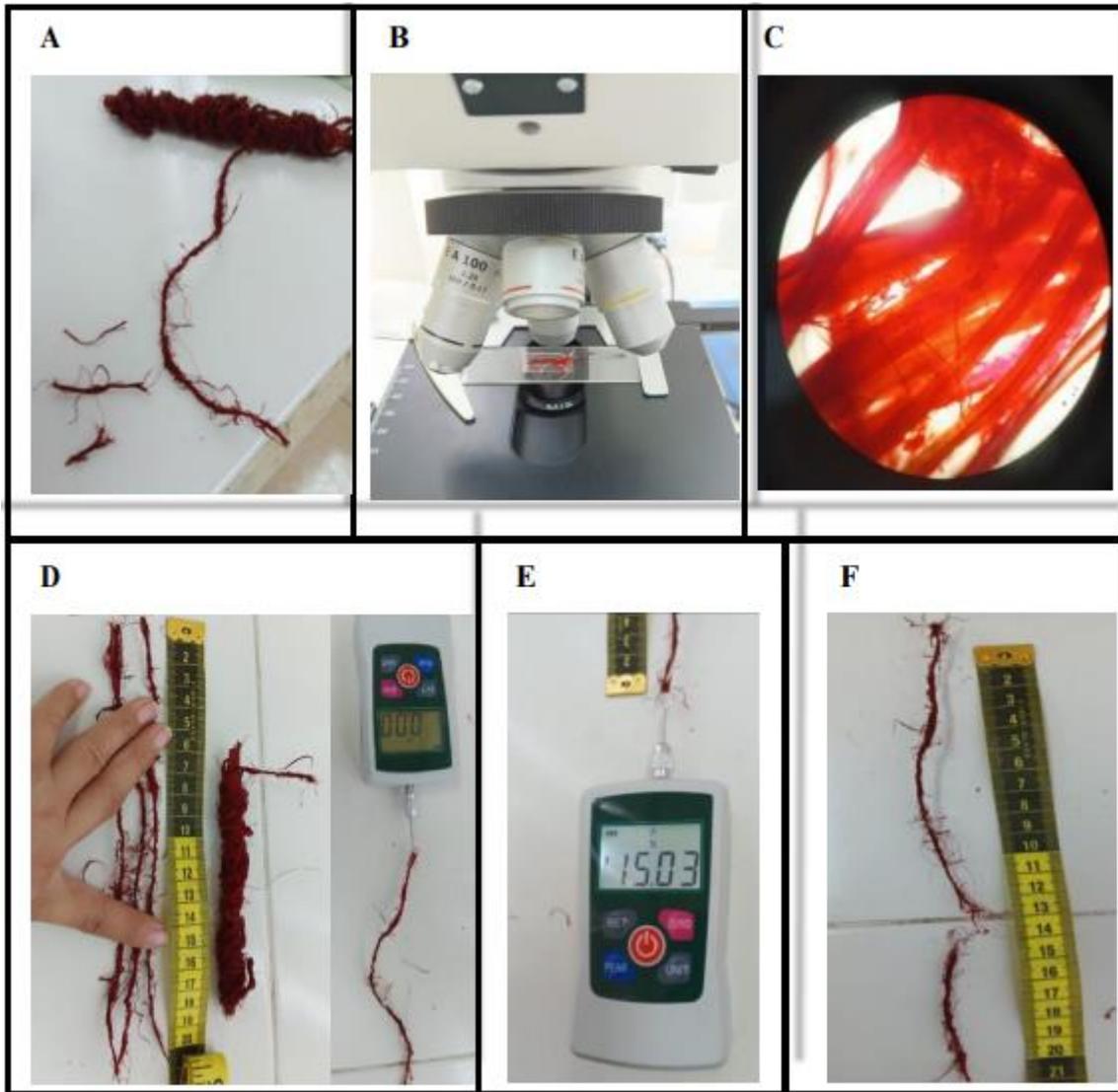




**Interpretación:**

**A:** Pesaje del soluto al 5% para 10 Lt medido de 100gr hasta completar los 500 gr, **B:** Residuos de la caña de azúcar sumergidos en la disolución de agua normal e hidróxido de sodio (NaOH), **C:** Residuos de caña a punto de ebullición en la disolución B, **D:** Fibras secándose luego de haber sido lavadas, **E:** Extracción de las fibras de forma manual, **F:** Escarmenado de la fibra de forma artesanal luego de haber sido blanqueada, **G:** Hilado artesanal de las fibras obtenidas del bagazo de caña de azúcar por torsión manual, **H:** Teñido de los hilos con tintes artificiales para tela, **I:** Productos finales y madejas de hilo del bagazo de caña de azúcar.

**Anexo 4.-** Prueba de microscopia, de resistencia a la tracción y elongación.



**Interpretación:**

**A:** Corte de la muestra y preparación para ser observada, **B:** Muestra de hilo lista para ser observada, **C:** Muestra enfocada con lente 10x, **D:** Cortes y posicionamiento de las muestras a ser probadas en el dinamómetro digital, **E:** Datos obtenidos en Newton de la resistencia de las fibras, **F:** Medida de la elongación de las muestras de hilo.