



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE FIBRAS TEXTILES A PARTIR DE LA
EXTRACCIÓN DE CELULOSA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS
GENERADOS EN EL MERCADO SIMÓN BOLÍVAR DE RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORAS: KAROLAYN NATALY MATUTE ANGAMARCA

MARÍA DE LOS ÁNGELES PLAZA ZAMORA

DIRECTORA: ING. MÓNICA LILIAN ANDRADE DÁVALOS

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, Karolayn Nataly Matute Angamarca – María de los Ángeles Plaza Zamora

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Karolayn Nataly Matute Angamarca – María de los Ángeles Plaza Zamora, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de noviembre de 2023



Karolayn Nataly Matute Angamarca

035009618-6




María de los Ángeles Plaza Zamora

060519477-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **ELABORACIÓN DE FIBRAS TEXTILES A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE CELULOSA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS GENERADOS EN EL MERCADO SIMÓN BOLÍVAR DE RIOBAMBA**, realizado por las señoritas: **KAROLAYN NATALY MATUTE ANGAMARCA** y **MARÍA DE LOS ÁNGELES PLAZA ZAMORA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Santiago Carrera Almendáriz PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-09
Ing. Mónica Lilian Andrade Ávalos DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-09
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-09

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para superar cada uno de los obstáculos que se presentaron a lo largo del camino. A mis padres Mario Plaza y Virginia Zamora porque sin ellos nada de esto habría sido posible, por cada uno de sus consejos, su apoyo y por inculcarme cada uno de los valores y principios que me han llevado a ser la mujer que soy hoy en día, por ser el pilar más fuerte y nunca dejarme desfallecer. A mis hermanos Ivan, Luis y Angel Raúl, que han sabido encontrar las palabras perfectas para el momento indicado, por cada uno de los momentos que han hecho de cada etapa más llevadera por su amor y apoyo incondicional, porque sin ellos todo habría sido un poco más difícil. A mis sobrinos David, Francis, Emilia, Ivanna, Liam y Axel que han sido mi motor y mayor inspiración para no desfallecer, porque tenerlos en esta etapa y ver cómo iban creciendo junto conmigo es de los mejores regalos de la vida, porque con sus travesuras y ocurrencias me han salvado y sacado a flote.

María

Cuando las cosas se tornan complicadas, siempre puedo contar con ellos, este logro se lo dedico a mi amada familia por su amor y sacrificio, a mi papá Eduardo Matute por su apoyo incondicional en todos los proyectos de mi vida, a mi mamá Martha Angamarca por ser mi consejera y hacerme más fuerte para afrontar todos los problemas que se me presentaron, a mi alma gemela, mi hermana Angelina, por impulsarme a ser mejor cada día y por escucharme cuando más necesité, a mi mascota que fue mi compañero de desvelos y por enseñarme a apreciar lo más simple de la vida, ellos son mi soporte, mi ancla y mi consuelo, gracias por darme motivos para no rendirme y por forjar quien soy. A mi mejor amigo y enamorado Angel por su infinita paciencia y por haberme acompañado en este largo camino. A mis abuelitos Ricardo, Carmen y Rebeca quienes siempre me tuvieron en sus oraciones y Rubén que desde el cielo me cuidó siempre.

Karolayn

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme sus puertas y acogerme en sus aulas para formar de mí un buen profesional. A cada uno de mis docentes que han sabido impartirme sus conocimientos de manera especial a las Ings. Mónica Andrade y Cristina Calderón por todo el apoyo y asesoría brindada a lo largo del desarrollo de este trabajo. De igual manera quiero agradecer a mi familia quienes han estado conmigo a lo largo de todo este proceso brindándome su apoyo y guiándome por el camino correcto. A mis amigos por toda su comprensión y apoyo, por saberme escuchar cuando lo necesitaba, y a todas aquellas personas que han contribuido de una u otra manera a que esta primera meta se haya culminado de la mejor manera.

María

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, por siempre llevarme a salvo a mi hogar y guiar a las personas correctas a mi lado. A mis padres, a mi hermana y a mi mascota por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi vida. A mi novio y a su familia por cuidarme y hacerme sentir como en casa. Agradezco a las ingenieras Mónica Andrade y Cristina Calderón por estar siempre presentes durante la elaboración de este proyecto y apoyar con sus conocimientos a la elaboración del mismo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas a una nueva experiencia y por ayudarme a crecer como persona y como profesional, me llevo mucho y también dejo una parte mía aquí. Agradezco a todos aquellos ingenieros que me dieron la mano durante todo este camino, estoy eternamente agradecida por ayudarme a subir un escalón más.

Karolayn

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. <i>Hipótesis alternativa</i>	4
1.4.2. <i>Hipótesis nula</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.2. Referencias teóricas.....	5
2.2.1. <i>Industria textil en el Ecuador</i>	5
2.2.2. <i>Fibras textiles</i>	6
2.2.2.1. <i>Propiedades de las fibras textiles</i>	7
2.2.2.2. <i>Proceso de blanqueo de las fibras</i>	8
2.2.2.3. <i>Proceso de hilado de las fibras</i>	9
2.2.2.4. <i>Composición de fibras vegetales</i>	10

2.2.3. Sector agrícola en el Ecuador	11
2.2.3.1. Residuos agrícolas	11
2.2.3.2. Producción de maíz	11
2.2.3.3. Producción de brócoli	11
2.2.3.4. Producción de arveja y haba	12
2.2.4. Biopolímeros	12
2.2.5. Celulosa	12
2.2.6. Método de extracción de celulosa	13
2.2.6.1. Hidrólisis básica	13
2.2.6.2. Hidrólisis ácida	13
2.2.7. Cálculo del porcentaje de celulosa	13

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. Enfoque de la investigación	14
3.2. Alcance de investigación	14
3.3. Diseño de investigación	15
3.3.1. Identificación de variables	15
3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo	15
3.3.3. Diseño experimental	15
3.3.3.1. Obtención de la fibra	15
3.3.3.2. Selección y descarte de las fibras	17
3.3.4. Diagramas del proceso para la obtención de la fibra	18
3.3.5. Caracterización y acondicionamiento de la materia prima	20
3.3.5.1. Recolección y acondicionamiento de la materia prima	20
3.3.5.2. Pretratamiento	21
3.3.6. Obtención de la fibra	22
3.3.6.1. Hidrólisis alcalina	22
3.3.6.2. Lavado y neutralización	23
3.3.6.3. Hidrólisis ácida	24
3.3.6.4. Blanqueamiento	25
3.3.7. Obtención del hilo de las fibras	26
3.3.7.1. Escarmenado	26

3.3.7.2.	<i>Separado</i>	27
3.3.7.3.	<i>Hilatura por torsión manual</i>	27
3.4.	Tipo de estudio	27
3.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	28
3.6.	Procesamiento de datos	31
3.6.1.	<i>Población de estudio</i>	31
3.6.2.	<i>Tamaño de muestra</i>	31
3.6.3.	<i>Recolección y selección de la muestra</i>	32

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	33
4.1.1.	<i>Determinación de las propiedades químicas de las materias primas</i>	33
4.1.1.1.	<i>Determinación del porcentaje de celulosa</i>	33
4.1.1.2.	<i>Compuestos y sustancias propias de la materia prima</i>	35
4.1.2.	<i>Determinación de las propiedades físicas de las materias primas</i>	36
4.1.2.1.	<i>Tamaño y forma</i>	36
4.1.2.2.	<i>Textura y porosidad</i>	36
4.1.2.3.	<i>Color</i>	36
4.1.2.4.	<i>Contenido de agua</i>	36
4.1.3.	<i>Primera prueba</i>	38
4.1.4.	<i>Segunda prueba</i>	39
4.1.5.	<i>Tercera prueba</i>	40
4.1.6.	<i>Desarrollo de las pruebas para determinar la calidad de las fibras</i>	41
4.1.6.1.	<i>Pruebas de resistencia</i>	42
4.2.	Análisis Estadístico	47
4.3.	Discusión	49
4.4.	Comprobación de hipótesis	51
4.4.1.	<i>Solubilidad de las fibras</i>	51
4.4.2.	<i>Evaluación visual y microscópica</i>	52
4.4.3.	<i>Prueba de coloración</i>	53
4.4.4.	<i>Comportamiento a la llama</i>	54
4.4.5.	<i>Secado por torsión</i>	55

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1.	Conclusiones.....	57
5.2.	Recomendaciones.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Clasificación de fibras textiles según su naturaleza	6
Tabla 1-3: Identificación de variables dependientes e independientes	15
Tabla 2-3: Métodos, técnicas e instrumentos empleados para la investigación.....	28
Tabla 1-4: Datos tomados del segundo tratamiento para el cálculo del porcentaje de celulosa	35
Tabla 2-4: Datos tomados del primer y segundo tratamiento para el cálculo del contenido de agua de las materias primas	37
Tabla 3-4: Primera prueba de hojas de choclo, brócoli y vainas de arveja con hidrólisis alcalina	38
Tabla 4-4: Segunda prueba con hidrólisis alcalina y ácida de hojas de choclo, tallos de brócoli, vainas de arveja y mezcla.	39
Tabla 5-4: Tercera prueba con hidrólisis alcalinas de hojas de choclo, tallos de brócoli, vainas de arveja y mezcla.	40
Tabla 6-4: Datos de pH de agua de lavado.....	41
Tabla 7-4: Resultados de la prueba mecánica de las fibras obtenidas sin blanqueamiento	43
Tabla 8-4: Resultados de la prueba mecánica de las fibras con blanqueamiento posterior	45
Tabla 9-4: Resistencia de las fibras sometidas al blanqueamiento	47
Tabla 10-4: Tabla ANOVA: Tratamiento vs Resistencia.....	48
Tabla 11-4: Tabla de medias	48
Tabla 12-4: Solubilidad de la fibra de choclo.....	52
Tabla 13-4: Comportamiento a la llama.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Estructura esquemática de una fibra vegetal	10
Ilustración 1-3: Diseño experimental 1° prueba obtención de la fibra	16
Ilustración 2-3: Diseño experimental 2° prueba obtención de la fibra	16
Ilustración 3-3: Diseño experimental selección de la fibra.....	17
Ilustración 4-3: Diagrama de procesos del primer tratamiento para la obtención de la fibra	18
Ilustración 5-3: Diagrama de procesos del segundo tratamiento para la obtención de la fibra.....	19
Ilustración 6-3: Diagrama de procesos del tercer tratamiento para la obtención de la fibra	20
Ilustración 7-3: Pretratamiento con NaOH de materia prima	22
Ilustración 8-3: Secado posterior al proceso de pretratamiento	22
Ilustración 10-3: Secado posterior	23
Ilustración 9-3: Hidrólisis alcalina	23
Ilustración 11-3: Hidrólisis ácida realizada en el segundo tratamiento	24
Ilustración 12-3: Proceso de blanqueamiento con NaClO	25
Ilustración 13-3: Diagrama de procesos del método de hilado de la fibra.....	26
Ilustración 14-3: Escarmenado de la fibra de choclo 5% (90min)	26
Ilustración 15-3: Hilos elaborados a partir de residuos agrícolas	27
Ilustración 16-3: Croquis de disposición de puestos del Mercado Simón Bolívar de Riobamba ...	31
Ilustración 1-4: Fibra a partir de residuos agrícolas	40
Ilustración 2-4: Prueba de resistencia de los hilos	42
Ilustración 3-4: Gráfica de las propiedades mecánicas de las fibras sin blanqueamiento	44
Ilustración 4-4: Gráfica de la resistencia de las fibras sin blanqueamiento	44
Ilustración 5-4: Gráfica de las propiedades mecánicas de las fibras con blanqueamiento	46
Ilustración 6-4: Gráfica de la resistencia de las fibras blanqueadas	46

Ilustración 7-4: Gráfica IC: Tratamiento vs Resistencia	49
Ilustración 8-4: Prueba de solubilidad de la fibra.....	51
Ilustración 9-4: Vista microscópica longitudinal y transversal de la fibra de choclo T3.....	53
Ilustración 10-4: Resultado prueba de coloración.....	53
Ilustración 11-4: Comportamiento de la fibra a la llama.....	54
Ilustración 12-4: Método secado por torsión	55

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Porcentaje de celulosa.....	28
Ecuación 2-3: Contenido de agua.....	29
Ecuación 3-3: Análisis de varianzas.....	30
Ecuación 4-3: Tamaño de muestra.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TABLA DE RESULTADOS PRUEBAS MECÁNICAS PARA LA FIBRA DE CHOCLO OBTENIDA A PARTIR DEL TRATAMIENTO P4

ANEXO B: SOLUBILIDAD DE LAS FIBRAS

ANEXO C: COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS FIBRAS AL ESTAR EN EXPOSICIÓN DIRECTA A LA LLAMA

RESUMEN

La industria textil abarca problemáticas de tipo ambiental como social; el uso de materias primas como los polímeros o el algodón, requieren mayor cantidad de energía y agua para su tratamiento, y se requiere del uso de sustancias químicas tóxicas que generan altos niveles de contaminación. Por este motivo, en la presente investigación se desarrolló una metodología para la elaboración de una fibra textil a base de residuos agrícolas, con el fin de encontrar una alternativa sostenible y ecológica a los textiles convencionales y reutilizar residuos que contribuyen a la contaminación ambiental. Se implementó un enfoque cuantitativo en un diseño explicativo ya que, se buscó indagar el método más eficiente para la obtención de la fibra, además gracias a una investigación previa se determinó que la población de estudio serían los residuos de choclo, brócoli y arvejas del Mercado Simón Bolívar de Riobamba, con las muestras se aplicó un tratamiento de hidrólisis alcalina con diferentes concentraciones de NaOH y tiempos distintos, para la extracción de celulosa y con ello la fibra textil. A través de esta metodología y de las pruebas de calidad, se determinó que la aplicación de la hidrólisis alcalina a los residuos de choclo con una concentración del 5% de NaOH por 90 minutos, es la más eficiente debido a que, la fibra obtenida mediante este tratamiento presentó mejores propiedades que las demás materias primas utilizadas. Finalmente se propuso una solución viable para la industria textil mediante una alternativa sostenible con la utilización de residuos agrícolas. Con esta metodología se obtuvo una fibra textil de calidad a partir de hojas de choclo que contribuyen a la reducción de contaminación y aprovechamiento eficiente de recursos naturales.

Palabras clave: <CELULOSA>, <FIBRA TEXTIL>, <RESÍDUOS AGRÍCOLAS>, <HIDRÓLISIS ALCALINA>, <REUTILIZACIÓN>.

2046-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The textile industry involves both environmental and social problems; the use of raw materials such as polymers or cotton requires a greater amount of energy and water for their treatment, and the use of toxic chemicals that generate high levels of pollution. For this reason, in this research a methodology was developed for the elaboration of a textile fiber based on agricultural residues, in order to find a sustainable and ecological alternative to conventional textiles and reuse residues that contribute to environmental pollution. A quantitative approach was implemented in an explanatory design since we sought to investigate the most efficient method for obtaining the fiber, and thanks to previous research it was determined that the study population would consist of the residues of corn, broccoli and peas from the Simon Bolivar Market in Riobamba. With the samples, an alkaline hydrolysis treatment was applied with different concentrations of "NaOH" and different reaction times, for the extraction of cellulose and thus the textile fiber. Through this methodology and quality tests, it was determined that the application of alkaline hydrolysis to corn residues with a 5% concentration of "NaOH" for 90 minutes is the most efficient because the fiber obtained through this treatment presented better properties than the other raw materials used. Finally, a viable solution was proposed for the textile industry through a sustainable alternative using agricultural residues. With this methodology, a quality textile fiber was obtained from corn leaves that contributes to the reduction of pollution and efficient use of natural resources.

Keywords: <CELLULOSE>, <TEXTILE FIBER>, <AGRICULTURAL WASTE>, <ALKALINE HYDROLYSIS>, <REUTILIZATION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la generación de residuos orgánicos procedentes del sector agrícola es un tema relevante debido a la importancia del mismo en el desarrollo de la economía del país, se consideran una consecuencia natural de actividades de producción, cultivo o distribución de alimentos. Por tanto en la ciudad de Riobamba, al ser una zona con gran producción agrícola, se generan residuos por restos de cultivos y subproductos vegetales, los cuales consisten en tallos, hojas y raíces (Solis, 2021, p.3). Para minimizar el impacto ambiental generado, las autoridades y organizaciones agrícolas trabajan con constancia en la implementación de programas para el manejo y aprovechamiento de estos residuos; es por ello que se busca implementar diversas maneras en las que se pueda dar una utilidad a los residuos agrícolas, ya sea como compostaje, alimentación animal, producción de biogás y demás (Riera et al, 2018, p.3).

La producción de fibras textiles en el país está liderada por la producción de algodón, sin embargo, éstas implican problemas ambientales como el uso excesivo de recursos hídricos, degradación del suelo y uso de pesticidas y fertilizantes; de igual manera la producción de fibras sintéticas, la cual presenta problemas como: contaminación del agua debido al uso de solventes y microplásticos y dificultad de biodegradación (Bravo & Cuzme, 2012, pp.71-72). Por ende se buscan alternativas sostenibles que impliquen un menor impacto ambiental dentro de la industria textil y que generen fibras con propiedades físico-mecánicas óptimas y de calidad.

En la actualidad, se han desarrollado investigaciones que buscan aplicar la reutilización de residuos agrícolas dentro del sector textil ya que, debido a la composición de los mismos, resultan en fibras resistentes y que al mismo tiempo son alternativas sostenibles, renovables y eco-amigables (Zhapan & Mosquera, 2019, p.19-20). El objetivo de la presente investigación es elaborar una fibra mediante el aprovechamiento de los residuos más abundantes del Mercado Simón Bolívar de Riobamba, que gracias a un estudio previo se determinó el uso de: hojas de choclo, tallos de brócoli y vainas de arvejas. Esta fibra debe cumplir con las pruebas mencionadas en la normativa NTE INEN 2 527:2010 para determinar la calidad del material obtenido y presentar una fibra que pueda tener aplicaciones dentro del sector textil.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La generación de residuos sólidos en el sector urbano es un factor que ha ido en crecimiento de la mano con el desarrollo de las urbes. Dentro de la ciudad de Riobamba se generan por día un total de 150 toneladas de residuos sólidos de las cuales 14 toneladas corresponden a los generados dentro de los mercados municipales de la ciudad. El total de residuos dentro de los mercados está compuesto en su mayoría por residuos orgánicos que representan el 62,15% y estos pueden ser aprovechados a nivel industrial (Espinoza & Llenez, 2018, p.6).

En el país, el sector textil es el segundo mayor generador de empleos con un 21% de puestos generados en la industria manufacturera. La industria textil en el Ecuador para la elaboración de hilados y tejidos emplea sobre todo como materia prima: lana, algodón, poliéster, acrílicos, nylon y seda, por lo que se ha incrementado el volumen de su producción para la confección de ropa y líneas del hogar (Gomez & Cobeña, 2021, pp.36-37). Sin embargo, la producción de estos materiales representa una problemática ambiental importante ya que, requieren ya sea de una excesiva cantidad de recursos hídricos o el uso de insecticidas para su producción. Por ello la búsqueda de alternativas sustentables para el reemplazo de estas fibras han sido evaluadas en países desarrollados (López, 2022, pp.4-5).

La presencia de residuos agrícolas afecta a los habitantes de la zona de “San Alfonso” debido a la proliferación de microorganismos generados por el proceso de putrefacción de la materia orgánica y que pueden ser causantes de enfermedades; a la vez que afecta a la imagen del sector (Lara, 2018, p.19). Es por ello que a través de la presente investigación se buscó contribuir a la reducción de niveles de contaminación mediante el aprovechamiento de las características que poseen estos residuos y estudiar su posible uso dentro de la industria textil.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Elaborar fibras textiles mediante la extracción de celulosa de residuos orgánicos generados en el mercado Simón Bolívar de Riobamba.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características químicas y físicas de los residuos orgánicos generados en el mercado Simón Bolívar
- Proponer un método de extracción de celulosa para los residuos orgánicos generados en el mercado Simón Bolívar
- Elaborar un análisis estadístico para determinar el mejor método de obtención de fibra textil a partir de la celulosa extraída
- Analizar las propiedades físicas y químicas del producto obtenido con base a la norma NTE INEN 2 527:2010 2010-01

1.3 Justificación

La celulosa es el biopolímero más abundante en la naturaleza debido a su presencia en la composición de vegetales, frutas y granos, en consecuencia, se ha convertido en fuente de investigación para analizar su aplicación en diferentes campos, en especial en la industria del papel. En los últimos años, y gracias a la innovación tecnológica, el estudio de sus propiedades y posibles aplicaciones se ha ampliado hasta el punto de encontrar una entrada para su utilización en la industria textil (Parra, 2022, pp.18-19).

Con el fin de encontrar materias primas para la producción de fibras textiles en el que su proceso de elaboración sea menos nocivo con el medio ambiente se buscó la posibilidad del uso de residuos que poseen una alta cantidad de celulosa que debido al desconocimiento acerca de este biopolímero, es desaprovechado y desechado en hojas, tallos y cáscaras de los productos agrícolas que se consume a diario.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis alternativa

Las fibras textiles obtenidas a partir de residuos orgánicos cumplen con la normativa NTE INEN 2 527:2010 *Textiles. Identificación de Fibras. Ensayos Cualitativos*.

1.4.2 Hipótesis nula

Las fibras textiles obtenidas a partir de residuos orgánicos no cumplen con la normativa NTE INEN 2 527:2010 *Textiles. Identificación de Fibras. Ensayos Cualitativos*.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La reducción de los niveles de contaminación ambiental fomenta el desarrollo de investigaciones dirigidas a la utilización de residuos orgánicos a través del aprovechamiento de sus propiedades y características estructurales.

La empresa Qmilk gmbh ha desarrollado en Hannover – Alemania un proceso para producir fibra textil a partir de la caseína extraída de la leche no apta para el consumo; en este proceso el uso de químicos es menor y en su totalidad es realizada con recursos naturales que son considerados desechos en la industria alimenticia (Ross, 2022). A la par, una fibra textil a partir de nano-celulosa es elaborada por la compañía australiana Nanollose, la cual es extraída de subproductos de coco naturales o sus desechos; la nano-celulosa se elabora a través de un proceso amigable con el medio ambiente que se encarga de generar un ambiente apto para el crecimiento microbiano, estos organismos son los encargados de darle a la fibra de celulosa el potencial dentro de la industria (Nanollose, 2022).

En el año 2019 como trabajo de investigación se presentó la “Obtención de fibras textiles a partir de Residuos Orgánicos” por Zhapán, M. y Mosquera J.; la investigación tuvo como objetivo la obtención de una alternativa al uso de fibras textiles sintéticas para lo cual se utilizó residuos agrícolas como hojas de piña, el bagazo de caña y hojas de maíz. Para la extracción de celulosa de estos residuos se realizó una extracción en medio básico con el uso de NaOH; el NaClO fue usado para el blanqueamiento de la fibra obtenida en los resultados de la investigación se obtuvo que la fibra de coco presentó mejores propiedades una vez que se procedió a realizar el hilado manual (Zhapán & Mosquera, 2019, p.30).

2.2 Referencias teóricas

2.2.1 *Industria textil en el Ecuador*

La industria textil ecuatoriana comenzó a desarrollarse a finales del siglo XVII, y se dedicaba al procesamiento exclusivo de fibras naturales, de las cuales la lana era la más importante. No es hasta

los comienzos del siglo XX cuando dicha fibra fue sustituida por el uso del algodón; desde este punto de partida la industria textil se ha mantenido en constantes cambios y mantiene las principales tendencias internacionales al punto de llegar a sustituir gran porcentaje de materia prima para la producción textil el uso de fibras naturales por aquellas sintéticas obtenidas del petróleo (Espinoza & Sorhegui, 2016, pp.2-3).

Se conoce como industria textil al sector económico dedicado a la producción de telas, hilos, ropa y productos similares, hoy en día el sector textil se ha diversificado y con esto se ha logrado la producción y fabricación de diversos productos (Espinoza & Sorhegui, 2016, pp.2-3). Esta industria corresponde al segundo sector que mayores fuentes de empleo genera representado al 21% del total producido por la industria manufacturera; a pesar de esto las exportaciones que son realizadas por este sector son muy bajas en comparación con los diferentes países de América del Sur (Valdivieso et al., 2022, p.14).

2.2.2 Fibras textiles

Son materiales cuya longitud es superior a su diámetro y son utilizados para la fabricación de tejidos. Existe una variación de sus diámetros y longitudes ya que, dependen de la materia prima que se utilice. En un estudio de caracterización de fibras textiles se las clasifica de la siguiente manera (Villalba, 2019, pp.1-2).

Según su longitud:

- Discontinuas: su longitud es limitada. La seda es la única fibra natural que no pertenece a esta clasificación.
- Filamentosas: poseen una longitud ilimitada la cual se rige por su método de producción.

Según su naturaleza:

Tabla 1-2: Clasificación de fibras textiles según su naturaleza

	Minerales	Amianto
Naturales	Vegetales	De semillas: Algodón, capoc
		Del tallo: lino, yute, cáñamo, ramio
		De la hoja: esparto, pita, sisal
		Del fruto: coco

Químicas	Animales		Del pelo: lana, mohair, cachemira, alpaca
			Del filamento: seda, tussur
			De la piel: cuero
	Artificiales	Minerales	Metálicas (oro, plata, cobre)
		Celulósicas	Rayones
		Proteínas	De la caseína de la leche: fibrolane, lanital
			De maíz: vícara, salón
	Sintéticas	Algínicas	Rayón alginato
		Minerales	Fibra de vidrio
De poliadición		Polivinílicas	
		Polietilénicas	
		Poliuretano	
De policondesación		Poliamidas (nylon)	
		Poliésteres	

Fuente: Villalba, 2019

2.2.2.1 Propiedades de las fibras textiles

Para poder validar la producción de una fibra textil es necesario el análisis minucioso de ciertas características que determinan la calidad de las fibras, para ello Villalba (2019, pp.1-2) enuncia las más importantes:

Propiedades físicas de las fibras.

- Longitud. Corresponde a la medida o extensión de la fibra de un extremo a otro.
- Espesor. También se denomina grosor o diámetro; parámetro relacionado al diámetro de la fibra, se expresa en micras y es un indicador de la calidad de la fibra.
- Densidad. La densidad es una magnitud que relaciona el peso de un material con respecto al volumen que ocupa el mismo.
- Punto de fusión. El punto de fusión de una fibra hace referencia a la temperatura a la cual la misma se empieza a deformar y puede llegar a ser fundido.
- Solubilidad. Es el porcentaje de la fibra diluida en una cierta mezcla de disolvente luego de haber transcurrido un tiempo de contacto a una temperatura fijada.

(Villalba, 2019, pp.1-2)

Propiedades mecánicas.

- Resistencia. Se refiere a la oposición que soporta una fibra cuando se la somete a tensión y se expresa en gramos por tex. La resistencia está vinculada con la longitud de una fibra (Villalba, 2019, p.1-2).
- Elongación. Es la capacidad que tiene la fibra para recuperar su elasticidad después de aplicarle una carga constante; se relaciona con la fuerza de rotura la cual describe el aumento en la longitud de la muestra sobre el largo original (Villalba, 2019, pp.1-2).

Propiedades químicas

- Comportamiento frente a la humedad
- Resistencia a los agentes químicos (ácidos, álcalis, disolventes)
- Resistencia a la luz y a la oxidación por el aire
- Facilidad de tinción

(Villalba, 2019, pp.1-2).

2.2.2.2 Proceso de blanqueo de las fibras

El proceso de blanqueo consiste en el retiro de todas las impurezas coloreadas presentes en la fibra procedentes de la materia prima con la cual se ha fabricado con el objetivo de impedir la interferencia óptica al momento de aplicar el color deseado para la fibra; es decir el objetivo del tratamiento es la destrucción o solubilización del material colorante para que pueda ser removido por lavado y el cambio de coloración del material debido a la reducción de la absorción de la luz (López, 2012, pp-19-23).

a. Blanqueamiento con hipoclorito de sodio

Para realizar el blanqueo mediante el uso de NaClO es necesario conocer la concentración de cloro activo ya que, es aquí donde se encuentra presente el ion hipoclorito que es el producto blanqueador, si no se conoce dicha concentración es posible que se produzca una reducción a lo largo de la cadena molecular y que se sufra una modificación de la celulosa lo que desencadenaría en la reducción de

las propiedades mecánicas de la fibra. El NaClO es una sustancia que posee una capacidad muy rápida de reaccionar antes las impurezas naturales de las fibras debido a que posee un poderoso agente oxidante y de igual manera un alto potencial redox, pero estas propiedades se ven opacadas debido al gran riesgo de daño que sufren las fibras a comparación con otros métodos. Para realizar un buen método de blanqueo y reducir al mínimo el daño ocasionado sobre la fibra se debe realizar bajo condiciones específicas como lo son: medio alcalino con valores de pH entre 9 y 10 ya que, en valores inferiores las concentraciones de ácido hipocloroso son elevadas y si se lo realiza en un medio ácido el hipoclorito se vuelve inestable y del proceso se desprende cloro como gas (López, 2012, pp.19-23).

b. Blanqueamiento con peróxido de hidrógeno

El oxígeno que se produce es el encargado de oxidar los colores originales de las fibras y no ocasionan daños a la cadena de celulosa, a la vez que no genera productos contaminantes, no existe deterioro de las fibras ni mayor pérdida de peso, mediante este proceso se puede alcanzar la tonalidad de blanco, además se puede controlar de mejor manera y el producto obtiene mayor facilidad de absorción. López (2012, p.44) indica que el O₂ no tiene mayor influencia en el proceso de blanqueado, por ello se buscan condiciones que permitan la obtención de oxígeno activo y los factores que inciden en la producción de oxígeno y la velocidad de blanqueamiento son:

- Alcalinidad del baño
- Temperatura de los baños
- Estabilizadores

2.2.2.3 Proceso de hilado de las fibras

El hilo artesanal se elabora con fibras textiles naturales usualmente propias de la región, para ello se aplican métodos de hilado a mano utilizando equipos artesanales. Para obtener fibras que sean aptas para el proceso de hilado artesanal se realizan una serie de procesos desde la obtención de la fibra, el hilado y su aplicación posterior (López, 2012, pp.35-37).

El proceso de escarmenado permite la separación de las fibras que se encuentran entrelazadas y facilita la hilatura de las mismas. De igual forma, para alinear las fibras en una sola hebra se realiza el cardado, el cual también reduce la presencia de fibras pequeñas. El hilado puede darse mediante un proceso manual y mecánico, además dependerá de la estructura de la fibra que se trate. Uno de los hilados manuales más conocidas es el hilado por torsión, el cual consiste en girar la fibra con la

finalidad de unir más las fibras entre sí y brindarle mayor resistencia (Ullaguari &Valarezo. 2022, pp. 60-61).

2.2.2.4 Composición de fibras vegetales

Las plantas o fibras vegetales están compuestas por partículas macroscópicas y se basan en fibras de celulosa lignocelulósica. Su estructura se basa en fibrillas de celulosa unidas por lignina que actúa como adherente en la hemicelulosa. La pared primaria rodea a la pared secundaria, la misma se divide en tres capas: S1, S2 y S3 (Fig 2). La capa más importante es la intermedia ya que, su espesor controla el comportamiento mecánico final de la fibra, y se compone de microfibrillas celulares helicoidales de 10 a 30 nm de longitud (Al-Oqla &Faris, 2017).

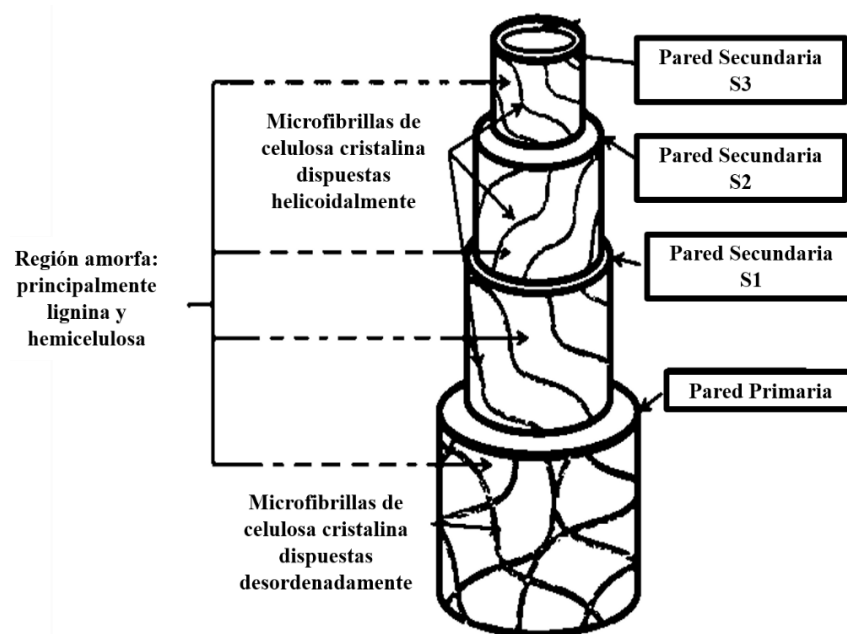


Ilustración 1-2: Estructura esquemática de una fibra vegetal

Fuente: Al-Oqla & Sapan, M, 2017.

El objetivo de la hemicelulosa es actuar como matriz cementante entre las microfibrillas de celulosa para construir el elemento principal de la célula de fibra. La lignina y pectina contribuyen en el aumento de la rigidez de la celulosa y hemicelulosa (Al-Oqla & Sapan, 2017, p-25).

2.2.3 Sector agrícola en el Ecuador

La agricultura es parte fundamental de la economía del país, esta representa un 9,24% del Producto Interno Bruto. Son varios los productos que se cultivan en el país, sin embargo, los más representativos son: arroz, cacao, plátano, caña de azúcar, flores, maíz y demás. Por este motivo, Ecuador se considera un país agrícola que produce diversas especies de biomasa y residuos agrícolas (Salgado, 2020, p.12-13).

2.2.3.1 Residuos agrícolas

Los residuos agrícolas son aquellos materiales que se desechan luego de que se ha cosechado el cultivo y son el resultado de actividades agrícolas, y abarca lo que son raíces, tallos, hojas y vainas de semillas (SIGFITO, 2021, pp.9-10).

En los últimos años se ha notado un importante crecimiento económico y urbano en el cantón Riobamba, esto ha llevado a un incremento en la producción de residuos sólidos, los cuales se han incrementado alrededor de de 100 a 105 toneladas diarias, según el GADM del cantón (Solis, 2021, p.3).

2.2.3.2 Producción de maíz

Según datos reportados por FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), Ecuador cosecha aproximadamente 485696 hectáreas de maíz, con un rendimiento aproximado de 3,17ton/h y una producción total de 1667704 ton. En el primer trimestre de 2021, el área sembrada aumentó un 5% y se espera que la producción aumente un 4 % (Caviedes, 2019, p.2).

2.2.3.3 Producción de brócoli

El brócoli es capaz de adaptarse a cualquier tipo de suelo que sea rico en materia orgánica; en cuanto a su nivel de pH, puede ser clasificado como ligeramente tolerante a niveles ácidos en una escala de 6.0 a 6.8. Esta verdura es apropiada para las bajas temperaturas, de igual forma se puede cultivar otras diversidades incluso en zonas invernales (Corea & Miranda, 2007, p.17).

2.2.3.4 Producción de arveja y haba

En el Ecuador la producción de la arveja ha sufrido variaciones en los últimos años, a lo largo del tiempo existen muchas fluctuaciones tanto con incrementos como con descensos. En el 2014 se registró una producción de 12,757 ton y en el 2019 descendió a 8,522 (Arévalo, 2020, p.10).

Por lo anterior, la producción de arveja ha experimentado una considerable disminución en la producción, en el año 2017 comparado con el año anterior en un 39%, la disminución del volumen de lluvias provoca también una reducción de las áreas cultivadas. Lo que conduce a un incremento de los precios de venta en un 15% en referencia al año 2016, aunque su producción ha cubierto la demanda nacional no ha quedado excedentes para exportación (MAGAP, 2017, p.85).

La producción de haba en el Ecuador se distribuye a través de la zona de la sierra alta en el Ecuador a lo largo de todo el callejón interandino en las provincias comprendidas entre Carchi y Loja y cuyos territorios se encuentran a 2700 m.s.n.m... La cosecha de habas a lo largo del tiempo ha sufrido un decrecimiento notorio debido a la presencia de plagas las cuales no pueden ser controladas en su totalidad y provoca el daño en el fruto poco tiempo antes de su cosecha (Ríos, 2008, p.2).

2.2.4 Biopolímeros

Son sustancias poliméricas que se forman en un sistema biológico y que pueden obtenerse de forma total o parcial de fuentes renovables, en otras palabras, son macromoléculas que se encuentran en organismos vivos. Suelen tener un alto peso molecular y consisten en unidades monoméricas idénticas que se repiten a lo largo de la cadena, y puede aplicarse en la producción de bienes de consumo (Flores & Soto, 2020, p.3).

2.2.5 Celulosa

Es un biopolímero que posee enlaces 1,4- β glucosídicos como estructura esencial. Su estructura se puede caracterizar como semicristalina, la cual varía según el tipo de fuente aislada. Además, se pueden lograr varios tipos de estructuras, morfologías, y propiedades físicas diferentes; y gracias a la existencia de 3 grupos OH en cada unidad estructural, puede reaccionar como un éster, éter o un alcohol; debido a esto, es posible tener modificaciones químicas y derivados variados, los cuales pueden ser empleados por la industria farmacéutica como por la de alimentos o la textil (Zuluaga et al, 2017, p.1).

2.2.6 Método de extracción de celulosa

La obtención de celulosa se obtiene mediante procedimientos químicos, físicos o mecánicos, los cuales deben ser seleccionados en función del porcentaje de pureza que se requiera. Debido a la estructura jerárquica que se le atribuye, los compuestos no celulósicos se eliminan o se reducen gradualmente de tamaño (Zuluaga, 2017, p.2).

2.2.6.1 Hidrólisis básica

Con el fin de extraer celulosa de fibras vegetales, se aplica una hidrólisis alcalina con NaOH, el cual es utilizado en diferentes procesos, por lo regular se trabaja con diversas concentraciones para obtener un mejor rendimiento. Este procedimiento facilita la remoción de lignina, hemicelulosa e impurezas sin tener alteraciones en la celulosa presente en las fibras vegetales. Con la aplicación de NaOH, primero se da una reacción de saponificación en donde se remueven grasas, ceras y otras impurezas, seguido a esto los ésteres se degradan y la estructura de la lignina es alterada, debido a esto se remueve parcialmente la hemicelulosa (Serrano, 2022, p.16).

2.2.6.2 Hidrólisis ácida

Este proceso es utilizado como un pretratamiento aplicado a biomasa lignocelulósica; con el objetivo de separar la lignina y hemicelulosa de la celulosa presente en la muestra. En el proceso es recomendado el uso de ácidos diluidos en condiciones de presión y temperaturas elevadas, esto con la finalidad de evitar la formación de gases tóxicos que inhiben el proceso de extracción (Basu, 2018, pp.402-403).

2.2.7 Cálculo del porcentaje de celulosa

Para obtener el porcentaje de la celulosa presente en un residuo, es necesario considerar la celulosa presente en relación con el peso total del material. Uno de los métodos más utilizados para determinar este valor es el conocido “Análisis químico de Klason”, el mismo consiste en tratar químicamente la biomasa con NaOH para la disolución de celulosa y H₂SO₄ para eliminar las sustancias no celulósicas. Cabe recalcar que este método determina la presencia de celulosa, es decir, no considera compuestos como lignina y hemicelulosa (Toscano et. al, 2015. p.3).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

“La investigación científica, vista desde un enfoque cuantitativo, es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo mediante determinados pasos” (Monje Álvarez, 2011, p. 19), para Hernández Sampieri et al. (2014, p.37) una investigación con enfoque cuantitativo se basa en un proceso de recolección de datos con la finalidad de probar hipótesis sustentadas en la medición numérica y el análisis estadístico, este proceso se realiza con la meta de establecer pautas de comportamiento y verificar las teorías establecidas. El enfoque cuantitativo se da en secuencia, además es probatorio y se da por medio de pasos discretos.

La obtención de la fibra textil se realiza a través de un conjunto y una serie de pasos que siguen un orden lógico; es decir la siguiente etapa no se realiza sin haber finalizado la anterior. Del enfoque cuantitativo se utilizan las técnicas de experimentación y observación; estas técnicas permitieron identificar el proceso adecuado mediante el cual se obtiene la fibra que presenta mejores características.

3.2 Alcance de investigación

Hernández Sampieri et al. (2014, p-128) identifica a un estudio explicativo a aquellas investigaciones que van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, en otras palabras, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

La presente investigación tiene un carácter explicativo ya que, se buscó indagar el método más viable para la obtención de una fibra textil elaborada a partir de la extracción de residuos agrícolas, y mediante la experimentación se determinaron las condiciones adecuadas mediante las cuales se pudo obtener un tipo de fibra que cumpla con todas las características y propiedades adecuadas para su futuro uso a nivel industrial.

3.3 Diseño de investigación

3.3.1 Identificación de variables

El proceso de realización del presente proyecto fue ejecutado a partir de un enfoque experimental, debido a aquello el mismo constará con la presencia de variables independientes y dependientes las cuales estarán detalladas en la tabla 1-3:

Tabla 1-3: Identificación de variables dependientes e independientes

Variables Independientes	Unidad	Variables Dependientes	Unidad
Concentración de NaOH	%	Resistencia de la fibra	g/tex
Tiempo de reacción	min		

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

3.3.2 Según las intervenciones en el trabajo de campo

Para llevar a cabo esta investigación, fue necesario recopilar de forma continua los datos correspondientes a los análisis de la materia prima, los reactivos y el producto. Esto permitió conocer el progreso de la investigación. Por lo tanto, se puede considerar que esta investigación tiene un enfoque longitudinal ya que, implicó la recolección periódica de datos en línea con los experimentos realizados.

3.3.3 Diseño experimental

La realización del proyecto constó de 2 fases la primera corresponde al proceso de obtención de la fibra y la segunda comprende la selección y descarte de las fibras con base a su resistencia.

3.3.3.1 Obtención de la fibra

La obtención de la fibra se llevó a cabo con la realización de 2 pruebas, en la primera se mantuvo constante las concentraciones con una variación en el tiempo de exposición al tratamiento; se llevó a cabo con soluciones en una concentración de 2% y 5% de NaOH para la extracción de celulosa de las muestras, cada muestra se mantuvo por 30 y 75 min en cada una de las soluciones luego de realizado

el proceso se realizó un proceso de hidrólisis ácida para la remoción total de los componentes y la extracción solo de celulosa de cada una de las muestras.

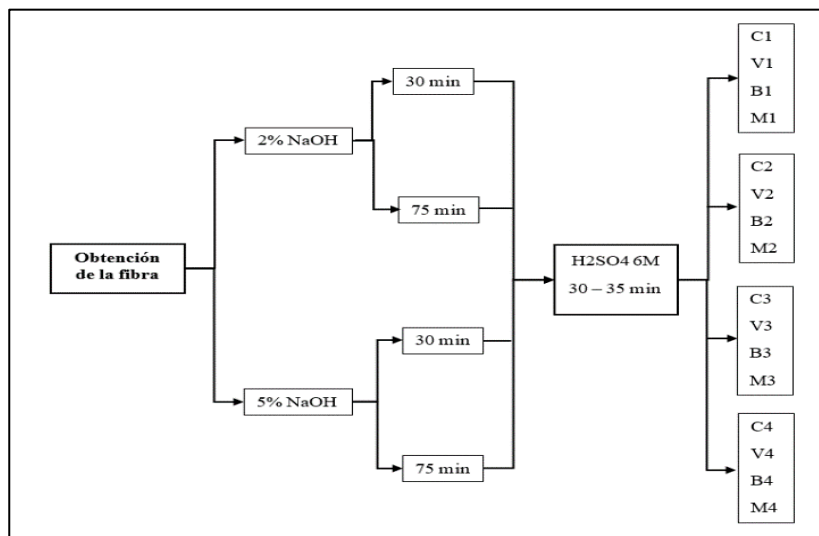


Ilustración 1-3: Diseño experimental 1° prueba obtención de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

Para la segunda prueba se mantuvieron constantes las concentraciones de las soluciones de tratamiento, pero se modificó el tiempo de exposición de 75 min a 90 min, en esta prueba no se realizó la hidrólisis ácida.

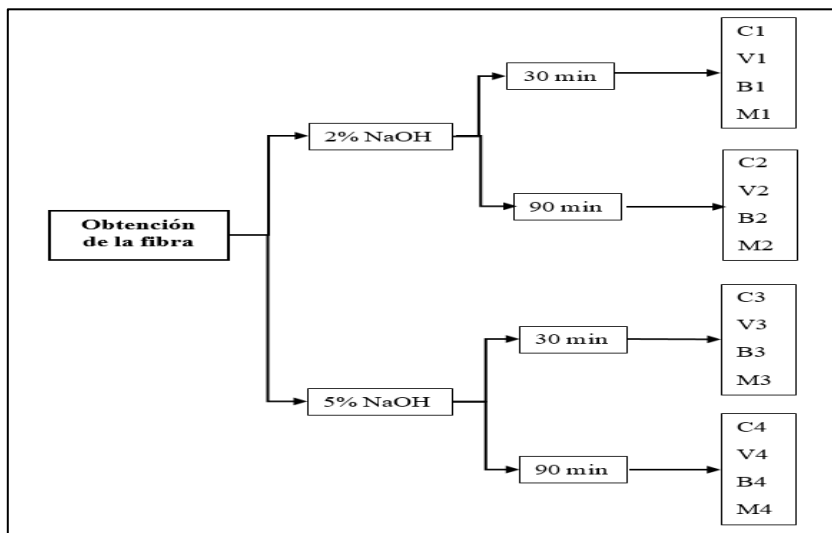


Ilustración 2-3: Diseño experimental 2° prueba obtención de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.3.2 Selección y descarte de las fibras

Una vez obtenidas las fibras de cada muestra las mismas fueron analizadas mediante pruebas mecánicas las cuales dieron como resultado la carga de rotura y mediante este valor se seleccionó la fibra más resistente, estas pruebas fueron realizadas antes y después del blanqueamiento

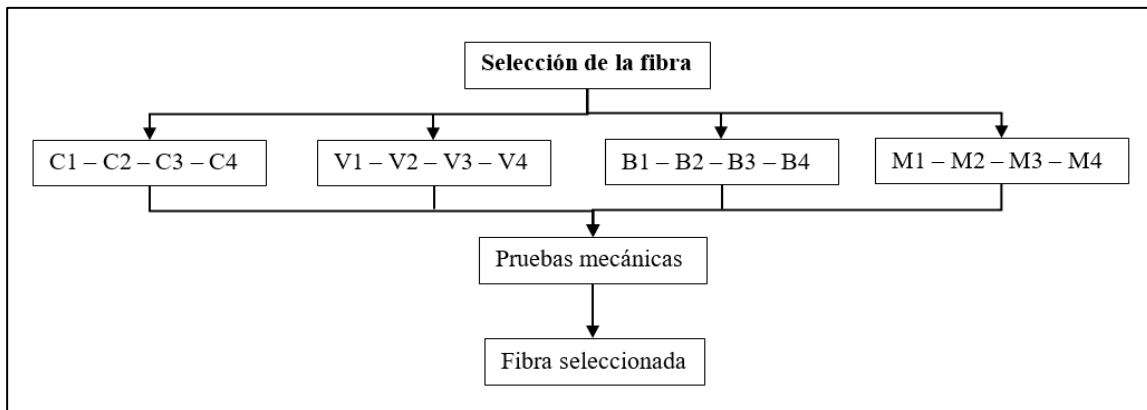


Ilustración 3-3: Diseño experimental selección de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.4 Diagramas del proceso para la obtención de la fibra

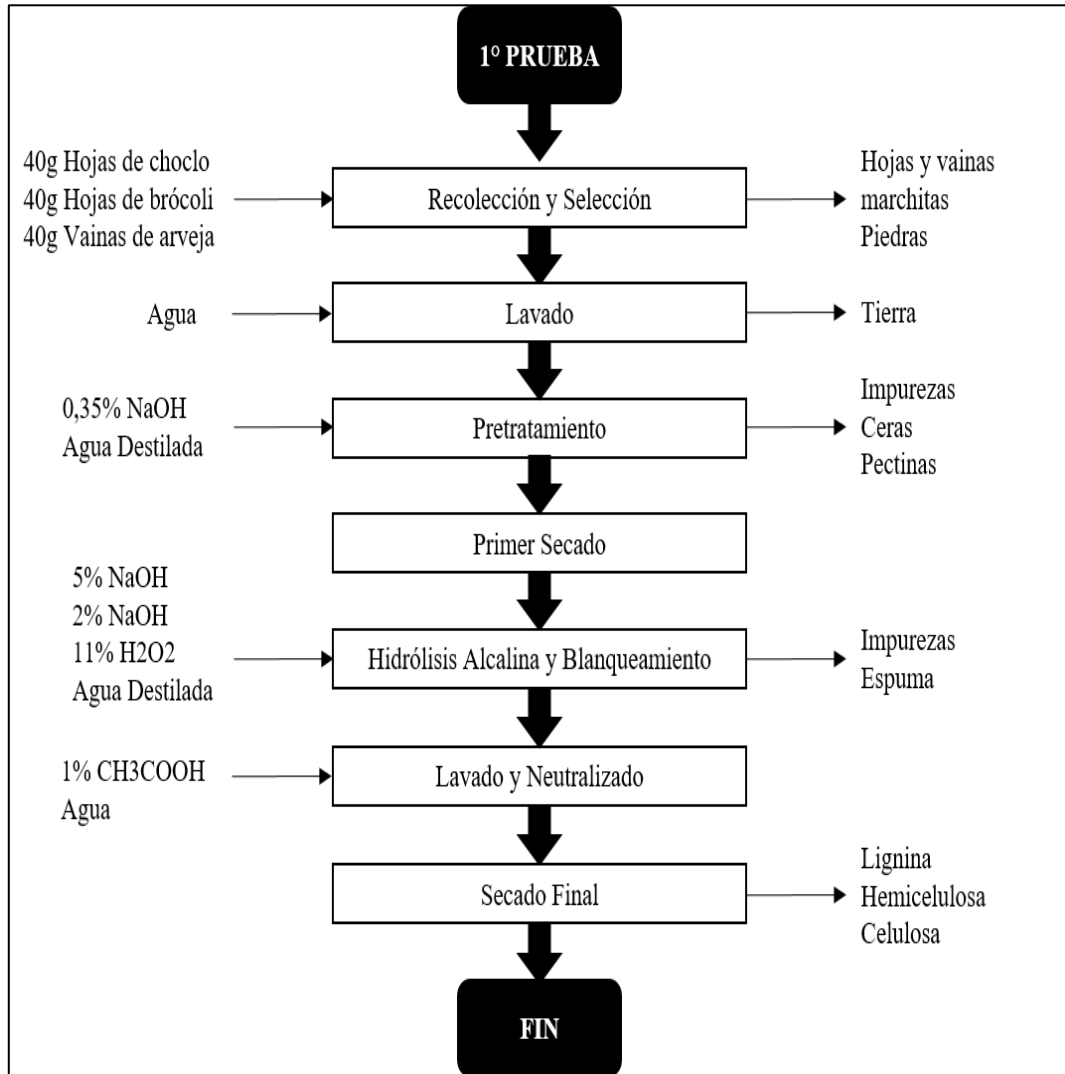


Ilustración 4-3: Diagrama de procesos del primer tratamiento para la obtención de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

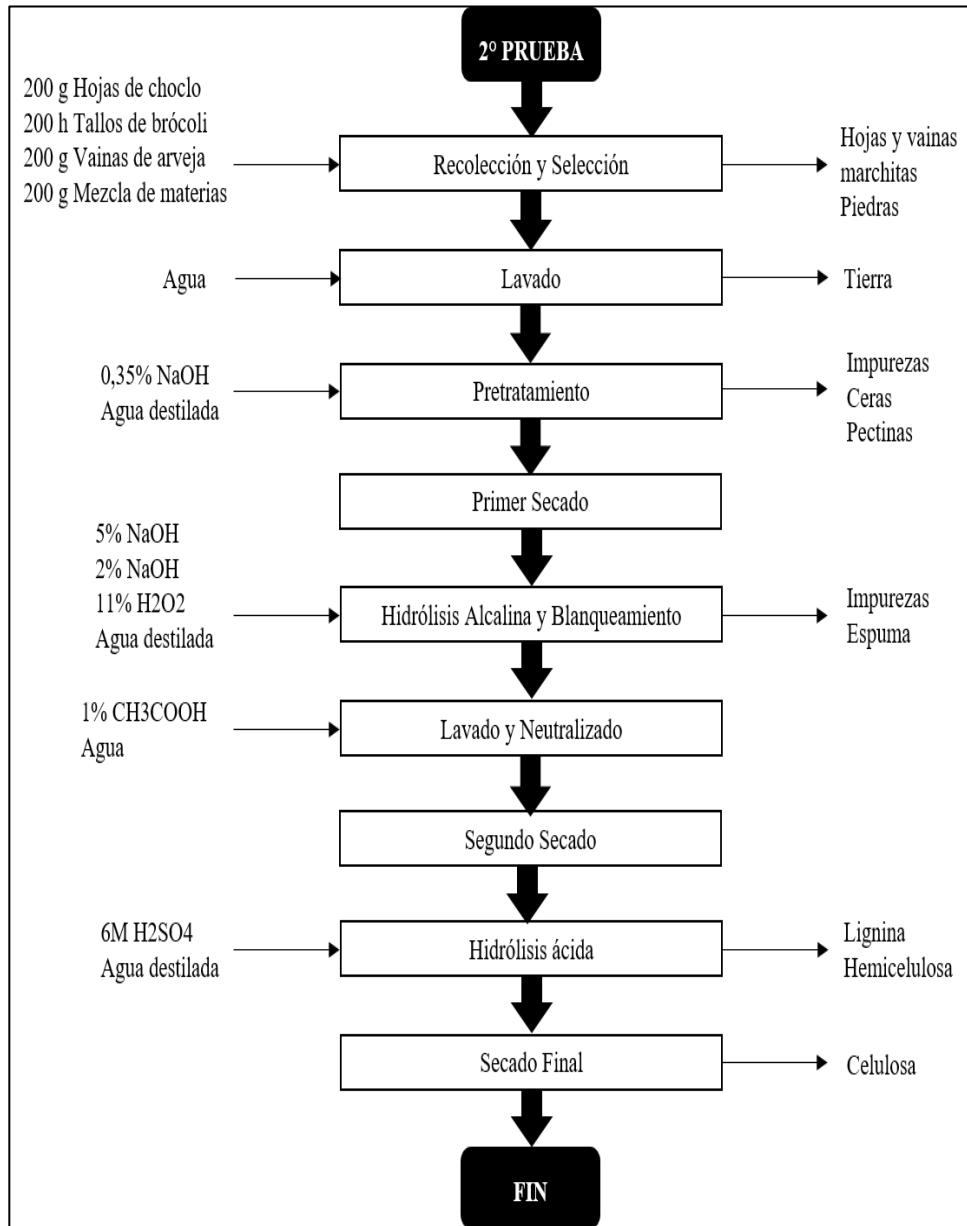


Ilustración 5-3: Diagrama de procesos del segundo tratamiento para la obtención de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

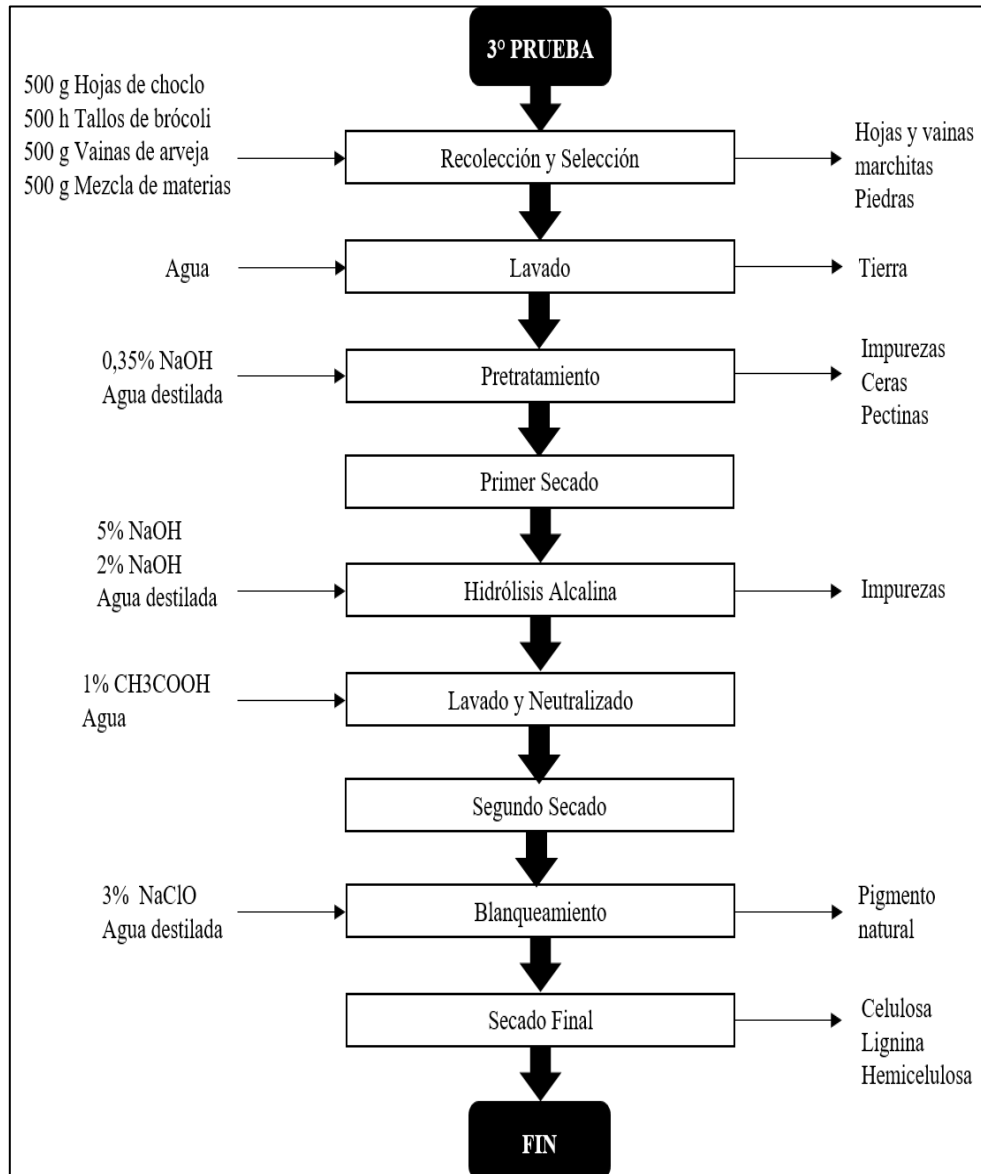


Ilustración 6-3: Diagrama de procesos del tercer tratamiento para la obtención de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.5 Caracterización y acondicionamiento de la materia prima

3.3.5.1 Recolección y acondicionamiento de la materia prima

La recolección de la materia prima se llevó a cabo de forma directa, se visitaron los puestos de legumbres y se recolectó los residuos en bolsas, éstas se llevaron al laboratorio para su tratamiento. Se recolectaron hojas de choclo tierno de la especie *Zea Mays*, vainas de arveja *Pisum Sativum*, y tallos y hojas de brócoli de la variedad *Brassica Oleracea Italica*.

- Selección. Se realizó un análisis cualitativo de las hojas, tallos y vainas, a partir de su color y estado, de igual manera mediante un análisis cuantitativo se midió la longitud de las hojas de choclo las cuales aproximadamente tienen 20-25 cm, las vainas 7-10 cm, las hojas de brócoli entre 30-40 cm y sus tallos tenían entre 40 cm de longitud. Además, se retiraron piedras y demás impurezas que se podían visualizar a simple vista.
- Corte y pesado. Para la primera y segunda prueba las hojas de choclo y de brócoli se cortaron hasta 10 cm y las vainas se dejaron del mismo tamaño. Para la última prueba la materia se dejó del mismo tamaño con excepción de los tallos que se cortaron hasta los 20 cm. La materia prima se pesó y para la investigación se usaron: para la primera prueba 40g de cada una, para la segunda prueba 200g y para la tercera 500g.
- Lavado. Posterior al corte, los residuos se lavaron con agua purificada para poder retirar tierra y suciedad presente.

3.3.5.2 *Pretratamiento*

El proceso de pretratamiento consiste en una reacción de saponificación la cual tiene como objetivo facilitar la separación de impurezas como: pectinas, grasas, ceras y suciedad, de la celulosa, lignina y hemicelulosa (Serrano, 2022, p.39).

- Se preparó una solución del 0,35% de NaOH al 98% de pureza en un balón aforado de 500mL
- En un vaso de precipitación de 2L se colocó la solución y se añadió agua destilada hasta los 1500mL y se prepara para el pretratamiento de cada una de las muestras.
- La solución debe llegar al punto de ebullición para colocar la materia prima.
- Se colocaron las hojas, vainas y tallos lavados en la solución y se mantuvieron en ebullición durante 90 minutos.
- Se obtuvo la materia pretratada de la solución y se retiró el exceso de agua.
- Luego se colocó de forma ordenada la materia húmeda en bandejas las cuales fueron llevadas a la estufa durante 4 horas a 65°C.

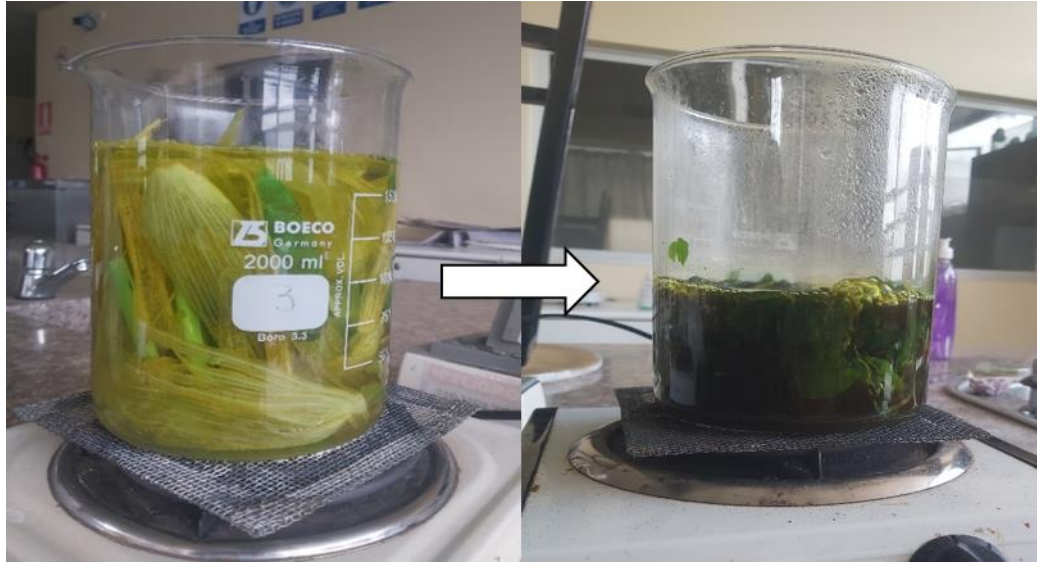


Ilustración 7-3: Pretratamiento con NaOH de materia prima

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023



Ilustración 8-3: Secado posterior al proceso de pretratamiento

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.6 *Obtención de la fibra*

3.3.6.1 *Hidrólisis alcalina*

Para este procedimiento se utilizó la biomasa pretratada y seca, además para identificar el proceso más efectivo para la extracción de celulosa, se probó con soluciones al 2% y 5% de NaOH al 98% de pureza a diferentes tiempos de reacción de 30 y 75 minutos, y para la tercera prueba de 30 y 90 minutos.

- Se preparó dos soluciones de NaOH al 2% en balones aforados de 500mL, estas soluciones se colocaron en vasos de precipitación, 50mL de solución por cada gramo de biomasa.
- La solución se colocó en reverberos hasta llegar al punto de ebullición, de inmediato se colocó la biomasa ya pesada.
- Para la primera y segunda prueba el blanqueamiento se realizó a la par con el proceso de hidrólisis, para ello se preparó una solución de H₂O₂ al 11% en un balón aforado de 250mL, y se agrega 25mL por cada gramo de biomasa en cada vaso.
- La solución se calentó durante 30 y 75 minutos para la primera y segunda prueba, mientras que para la tercera prueba se dejó calentar durante 30 y 90 minutos.
- Al concluir los tiempos de reacción, se retiró la fibra (lignina, celulosa y hemicelulosa) de la solución.



Ilustración 9-3: Hidrólisis alcalina

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023



Ilustración 10-3: Secado posterior

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.6.2 Lavado y neutralización

El lavado se realiza para retirar el exceso de solución presente en las fibras y la reacción de neutralización consiste en reaccionar la base que queda en la fibra, con un ácido que en este caso se utilizó ácido acético al 1%, con el fin de obtener un pH neutro en el agua de lavado.

- Las fibras se lavaron con agua potable y se sumergieron en una solución al 1% de CH₃COOH para su neutralización.

- Luego, se retiró el exceso de agua de las fibras y se colocaron de forma ordenada en bandejas y se dejan secar al aire libre por 1 día.

3.3.6.3 *Hidrólisis ácida*

Este procedimiento se realizó solo en el segundo tratamiento, con el propósito de determinar la cantidad de celulosa presente en la fibra ya que, este proceso permite la remoción de lignina y hemicelulosa de la celulosa.

- Se preparó una solución de H_2SO_4 al 6M en un balón aforado de 250mL
- Se colocó la fibra ya secada y pesada en vasos de precipitación
- La solución de H_2SO_4 se colocó en los vasos de precipitación a una razón de 20mL por cada gramo de fibra.
- Luego, se dejó reposar la solución con la fibra durante 30-35 minutos.
- Finalizado el tiempo, la fibra se retiró de la solución y se lavó con agua destilada.
- Se retiró el excedente de agua y se colocaron las fibras en bandejas para ser llevadas a la estufa durante 4 horas a $60^{\circ}C$



Ilustración 11-3: Hidrólisis ácida realizada en el segundo tratamiento

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.6.4 Blanqueamiento

Como se mencionó, el blanqueamiento en el tratamiento 1 y 2 se realizó en conjunto con la hidrólisis alcalina y se utilizó H_2O_2 al 11%, sin embargo, con el fin de analizar un método más efectivo de blanqueamiento, se experimentó en el tratamiento 3 con un blanqueamiento posterior mediante la aplicación de una solución de $NaClO$.

- Se preparó una solución de $NaClO$ al 3% en un balón de aforo de 500mL
- Las fibras secadas y pesadas se colocaron en vasos de precipitación, y se colocó 100mL de la solución en cada vaso.
- Con una varilla se agitó cada 10 minutos la fibra y la solución se dejó reposar por 40 minutos
- La fibra blanqueada se retiró de la solución y se lavó con abundante agua.
- Se retiró el exceso de agua y se colocaron las fibras en bandejas para secarse al aire libre por 1 día.



Ilustración 12-3: Proceso de blanqueamiento con $NaClO$.

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.7 Obtención del hilo de las fibras

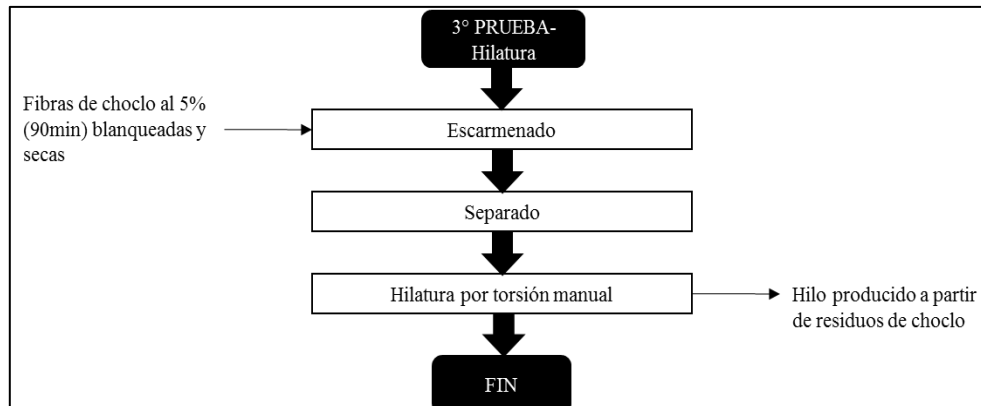


Ilustración 13-3: Diagrama de procesos del método de hilado de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.7.1 Escarmenado

Este proceso se realizó con el fin de favorecer el hilado ya que, mediante el cepillado de la fibra obtenida, los hilos que se encuentran enredados en la biomasa se separan con mayor facilidad. El escarmenado debe ser realizado con cuidado para no romper las fibras y obtener hilos de mayor longitud.



Ilustración 14-3: Escarmenado de la fibra de choclo 5% (90min)

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.3.7.2 Separado

Luego de haber desenredado y cepillado los hilos, se procedió a separarlos de forma manual y acomodarlos paralelos para seguir al proceso de hilado por torsión.

3.3.7.3 Hilatura por torsión manual

Al tener los hilos acomodados en la misma dirección se procedió a realizar el hilado manual, el cual consistió en sujetar los hilos y unirlos mediante un movimiento en espiral entre sí, esto ayudó a que los hilos obtengan una mejor resistencia y un mayor grosor.

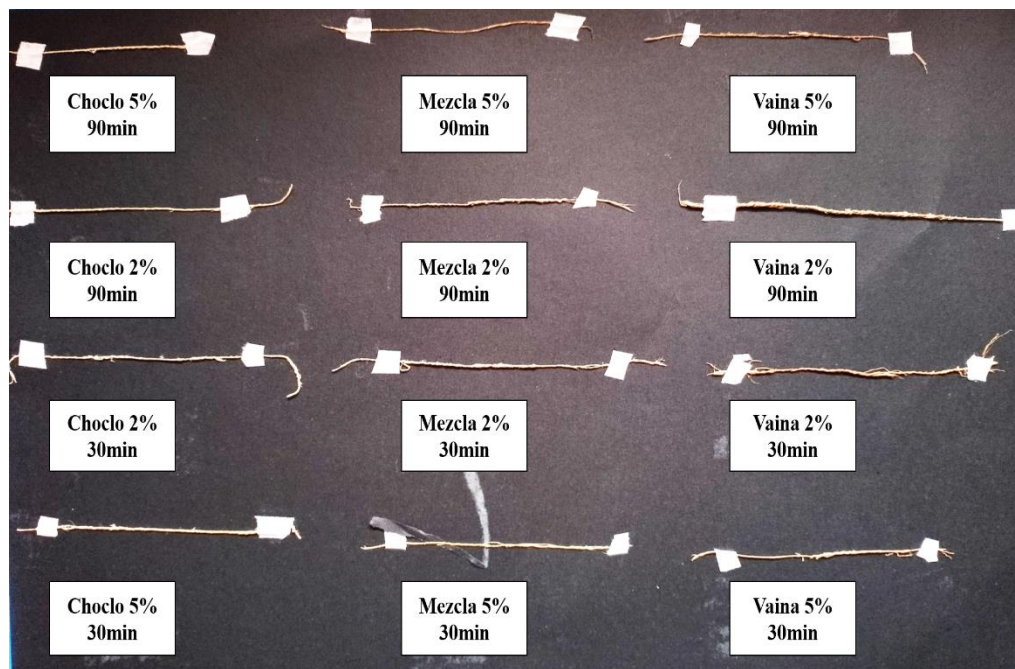


Ilustración 15-3: Hilos elaborados a partir de residuos agrícolas

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.4 Tipo de estudio

Esta investigación es de campo ya que, se requirió de la recopilación de datos mediante el desarrollo de análisis con el fin de comprender y determinar las variables involucradas en la investigación. Se requiere de la aplicación del método científico con el fin de obtener nuevos datos para identificar la forma más eficaz de obtener celulosa de los residuos agrícolas del mercado Simón Bolívar de Riobamba.

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 2-3: Métodos, técnicas e instrumentos empleados para la investigación

Método	Técnica	Instrumentos	Procedimiento
Determinación del porcentaje de celulosa	Observación y experimentación	1. Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Vasos • Balanza analítica • Reverberos • Pipeta graduada • Balón aforado • Vidrio reloj • Varilla de agitación • Cuchara espátula • Estufa 	Preparar las soluciones de 2 y 5% de NaOH en balones de aforo de 500mL, y colocar 50mL por cada 1g de biomasa pretratada y colocar en los reverberos hasta llegar a ebullición. Luego colocar la muestra y dejar reaccionar por 30 y 75 minutos. Pasado el tiempo se deja secar y se pesa la muestra y se la somete a una hidrólisis ácida con 20mL de H ₂ SO ₄ al 6M por cada gramo de biomasa, se deja reaccionar por 35 minutos. Finalizado el tiempo se lava la fibra, se deja secar y se pesa. Cálculos: Ecuación 1-3: Porcentaje de celulosa $\%Celulosa = \frac{\text{Peso seco residuo (g)}}{\text{Peso muestra original (g)} \cdot 100}$
		2. Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • NaOH 98% • H₂SO₄ 6M • Muestra pretratada • Agua destilada 	
Determinación de la cantidad y concentración de reactivos para la obtención de las fibras	Investigación y experimentación	1. Material <ul style="list-style-type: none"> • Balones de aforo • Pipeta graduada • Varilla de agitación • Balanza analítica • Vidrio reloj 	Mediante una investigación bibliográfica se revisó las cantidades de reactivos utilizadas por otros autores para la extracción de celulosa de otras materias primas como: cáñamo, hojas de piña, bagazo de caña, etc. Con base a estos datos, se experimentó con las materias primas utilizadas en esta investigación y se determinó el uso de soluciones de 2% y 5% de NaOH para el tratamiento de hidrólisis alcalina, y una solución de H ₂ SO ₄ al 6M para una hidrólisis ácida.
		2. Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • NaOH 98% • H₂SO₄ 6M • Muestra pretratada • Agua destilada 	
		3. Material Bibliográfico	

Determinación de propiedades físicas de la materia prima	Investigación, observación y experimentación	1. Material Bibliográfico	<p>Se realizó una investigación bibliográfica con el fin de comparar las características que poseen las materias primas utilizadas para este proyecto, y se desarrolló un análisis visual para identificar: tamaño y forma, textura, color y porosidad. Además, para conocer el contenido de agua que poseen cada una de las materias se realizó una comparación con bibliografía y los resultados de la experimentación se tomó como referencia el tratamiento 1, se pesó la muestra inicial y se pesó la muestra luego de haber sido pretratada y secada en la estufa.</p> <p>Cálculos</p> <p>Ecuación 2-3: Contenido de agua</p> $\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} * 100$
		2. Material <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vasos 	
Determinación de la efectividad del método de obtención de la fibra	Experimentación	Análisis estadístico <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación por descarte 	<p>Con el fin de determinar el método más efectivo para la extracción de la fibra se experimentó con 2 fases y con las pruebas de resistencia se realiza un “Método de eliminación por descarte” (Ilustración 3-3) para determinar el tratamiento que resultó más efectivo para la obtención de la fibra.</p>
Determinación de proceso de blanqueamiento para las fibras obtenidas	Experimentación	1. Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Balones de aforo • Pipeta graduada • Varilla de agitación • Vasos 	<p>El blanqueamiento de las fibras se probó mediante dos tratamientos. Para el primer tratamiento se preparó una solución de H₂O₂ al 11% en un balón aforado, y se colocó 25mL por cada gramo de biomasa durante el proceso de hidrólisis alcalina. Para el segundo tratamiento se preparó una solución de NaClO al 5%, y se colocó 30mL después de la hidrólisis alcalina y se dejó reaccionar por aproximadamente 45 minutos.</p>
		2. Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • H₂O₂ 11% • NaClO 5% 	
Determinación de proceso de hilado de la fibra	Investigación y experimentación	Hilado manual por torsión	<p>Se indagó en bibliografía el método que utilizan otros autores para el hilado de fibras de celulosa. Al ser un proyecto de investigación, se determinó el uso de un hilado manual, que separa las fibras por medio de un escarmenado para obtener los hilos y mediante torsión unirlos, proporcionándoles así mayor resistencia y grosor.</p>

Medición de la resistencia de los hilos obtenidos	Observación	Máquina universal para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las fibras “Modelo E-Z SHIMADZU”	<p>Para la determinación de la resistencia de las fibras obtenidas se realizaron dos pruebas con los hilos obtenidos del tercer tratamiento, primero se realizó una prueba de los hilos sin blanqueamiento y otra de los hilos blanqueados. Los hilos son colocados en los extremos de las pinzas de la máquina, se mide su grosor y su longitud, luego se inicia la prueba en donde la máquina somete a los hilos a una carga que incrementa de manera continua.</p> $\text{Resistencia de la fibra} = \frac{g}{\text{tex}} \text{ ó } \frac{mlb}{\text{in}^2} \text{ ó } N$
Selección de la fibra	Experimentación y observación	<p>Análisis estadístico</p> <ul style="list-style-type: none"> • ANOVA • Método de Tukey • Herramienta MINITAB 	<p>Se utilizó un análisis de varianza para determinar las diferencias entre las variables que en este caso son las resistencias determinadas de cada uno de las pruebas, consideran una significancia del 5%. Para los cálculos de la Tabla 10-4 se desarrollaron los siguientes cálculos:</p> <p>Ecuación 3-3: Análisis de varianzas</p> $SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x^2}{N}$ $SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$ $SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x^2}{N}$ <p>Posterior a esto mediante el método de Tukey se determinó la diferencia entre los grupos q y se ayudó de la herramienta MINITAB para la generación de las gráficas.</p>
Desarrollo de las pruebas cualitativas de fibras textiles	Experimentación y observación	<p>1. Material bibliográfico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma NTE INEN 2 527:2010 <p>2. Materiales de laboratorio</p>	<p>Para determinar las propiedades de la fibra seleccionada se utilizaron los métodos físicos, químicos y microscópicos indicados en la norma INEN para la identificación de fibras textiles, para ello se utilizaron materiales de laboratorio y se siguió la técnica presentada en la guía, los resultados se muestran en el apartado “4.5 Comprobación de hipótesis”.</p>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

3.6 Procesamiento de datos

3.6.1 Población de estudio

La población se conforma por residuos de choclo, brócoli y vainas de arveja, generados en la sección de legumbres del Mercado Simón Bolívar de la ciudad de Riobamba ubicado en las Calles Argentinos y 5 de junio, sector San Alfonso. Este mercado cuenta con 9 puestos de legumbres que aproximadamente desechan 9,81 kg de residuos mensuales constituidos por hojas, tallos, y demás (Vargas. 2019, pp. 44-45).

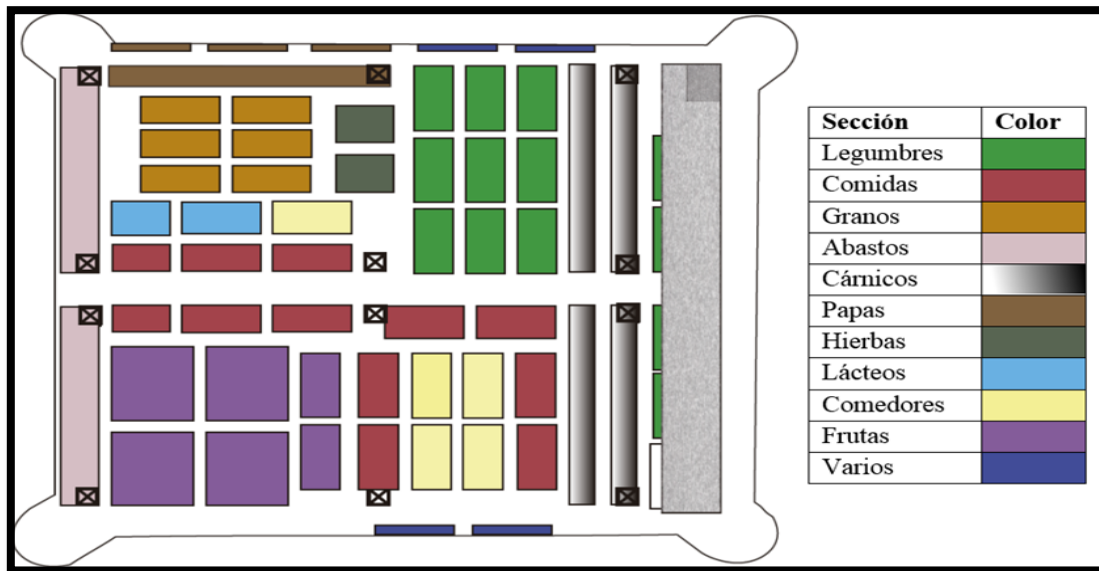


Ilustración 16-3: Croquis de disposición de puestos del Mercado Simón Bolívar de Riobamba

Fuente: Vargas, A. 2019.

3.6.2 Tamaño de muestra

Con base a un análisis visual de la zona de legumbres del mercado, respaldado con bibliografía, se determinó que la mayoría de residuos son hojas de choclo, tallos y hojas de brócoli, y vainas de arvejas y habas.

Al considerar el tamaño de población la población de estudio, se aplicó la fórmula para conocer el tamaño de muestra con una población finita, en donde se tomó un nivel de confianza de 95% y un

margen de error de 2%, con el fin de facilitar el cálculo la probabilidad a favor y en contra es del 50%.

Ecuación 4-3: Tamaño de muestra

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$
$$n = \frac{29436 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,02^2 * (29436 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$
$$n = 2219,9 \approx 2220g$$

Por este motivo se tomaron 2220g de estos residuos para la investigación y se utilizaron en total 120g de residuos para la primera prueba, 600g para la segunda prueba y 1500g para la tercera prueba.

3.6.3 *Recolección y selección de la muestra*

Se realizó un muestreo aleatorio simple 4 días en la sección de legumbres, en los cuales se visitó al azar los puestos de esta zona para acumular la cantidad de residuos a utilizarse en la investigación. Las hojas, vainas y tallos recolectados se acumularon en sacos de polipropileno para ser transportados al laboratorio de Biotecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en donde se realizó el tratamiento.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Determinación de las propiedades químicas de las materias primas

4.1.1.1. Determinación del porcentaje de celulosa

Para determinar el porcentaje de celulosa presente en las materias primas se consideraron los datos del segundo tratamiento y la relación del “Análisis químico de Klason”. Con el fin de identificar el proceso más eficiente para obtener celulosa se realizaron los cálculos pertinentes de cada una de las pruebas del segundo tratamiento. Para los cálculos se aplicó la ecuación 1-3:

$$\%Celulosa = \frac{\text{Peso seco residuo (g)}}{\text{Peso muestra original (g)} * 100}$$

- Porcentaje de celulosa en hojas de choclo 2% (30min)

$$\%Celulosa_{2\%(30min)} = \frac{2,3132}{8,1109} * 100 = 28,5196$$

$$\%Celulosa_{2\%(75min)} = \frac{2,2981}{8,1109} * 100 = 28,3335$$

$$\%Celulosa_{5\%(30min)} = \frac{2,8612}{8,1109} * 100 = 33,0568$$

$$\%Celulosa_{5\%(75min)} = \frac{2,4139}{8,1109} * 100 = 29,7612$$

- Porcentaje de celulosa en tallos de brócoli

$$\%Celulosa_{2\%(30min)} = \frac{0,8192}{1,1621} * 100 = 70,4931$$

$$\%Celulosa_{2\%(75min)} = \frac{0,5721}{1,1621} * 100 = 49,2298$$

$$\%Celulosa_{5\%(30min)} = \frac{0,8412}{1,1621} * 100 = 72,3862$$

$$\%Celulosa_{5\%(75min)} = \frac{0,6123}{1,1621} * 100 = 52,6891$$

- Porcentaje de celulosa en vainas de arveja

$$\%Celulosa_{2\%(30min)} = \frac{2,2561}{6,3328} * 100 = 35,6256$$

$$\%Celulosa_{2\%(75min)} = \frac{2,3218}{6,3328} * 100 = 36,6631$$

$$\%Celulosa_{5\%(30min)} = \frac{2,0812}{6,3328} * 100 = 32,8638$$

$$\%Celulosa_{5\%(75min)} = \frac{2,1267}{6,3328} * 100 = 33,5823$$

- Porcentaje de celulosa en la mezcla

$$\%Celulosa_{2\%(30min)} = \frac{1,0381}{3,5191} * 100 = 29,4990$$

$$\%Celulosa_{2\%(75min)} = \frac{1,0521}{3,5191} * 100 = 29,8968$$

$$\%Celulosa_{5\%(30min)} = \frac{1,0230}{3,5191} * 100 = 29,0699$$

$$\%Celulosa_{5\%(75min)} = \frac{0,9831}{3,5191} * 100 = 27,9361$$

Tabla 1-4: Datos tomados del segundo tratamiento para el cálculo del porcentaje de celulosa

Materia prima utilizada	Peso muestra original pretratada	Concentración de NaOH %	Tiempo min	Peso seco de residuo g	% Celulosa
Choclo	8,1109	2	30	2,3132	28,5196
		2	75	2,2981	28,3335
		5	30	2,6812	33,0568
		5	75	2,4139	29,7612
Brócoli	1,1621	2	30	0,8192	70,4931
		2	75	0,5721	49,2298
		5	30	0,8412	72,3862
		5	75	0,6123	52,6891
Vainas	6,3328	2	30	2,2561	35,6256
		2	75	2,3218	36,6631
		5	30	2,0812	32,8638
		5	75	2,1267	33,5823
Mezcla	3,5191	2	30	1,0381	29,4990
		2	75	1,0521	29,8968
		5	30	1,0230	29,0699
		5	75	0,9831	27,9361

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Para la segunda prueba se utilizaron 200g de cada materia

4.1.1.2. *Compuestos y sustancias propias de la materia prima*

Al tratarse de materias primas vegetales, estas presentan ciertos compuestos o sustancias que les brindan las características y beneficios que poseen. Además, cabe mencionar que al utilizar los residuos de choclo, brócoli y arveja, estos adoptan varios de los compuestos propios de estos vegetales. Las hojas de choclo contienen compuestos fenólicos tales como ácidos y flavonoides que le aportan una propiedad antioxidante, además presenta sustancias volátiles los cuales le confieren su característico olor y sabor. Los tallos de brócoli y las vainas de arveja se forman de compuestos fitoquímicos, los tallos presentan glucosinatos y sulforafano, mientras que las vainas contienen flavonoides y carotenoides (Santos & Tomás, 2001).

4.1.2. Determinación de las propiedades físicas de las materias primas

Las propiedades físicas de las materias primas se identificaron mediante un análisis visual y bibliográfico, estas características dependen de la ubicación, estado, tipo y otros factores, sin embargo, las materias primas que se utilizaron ya se identificaron.

4.1.2.1. Tamaño y forma

Las hojas de choclo suelen tener una forma elongada y lanceolada, son de tamaño grande entre 20-25 cm de longitud, a comparación de los tallos de brócoli que son más alargados y delgados, y llegan a alcanzar una longitud de 40 cm. Las vainas de arveja son alargadas y cilíndricas, con un extremo puntiagudo, pueden tener un tamaño entre 7-10 cm (Albrecht et. al, 2019, p.10-11).

4.1.2.2. Textura y porosidad

La superficie de las hojas de choclo es un poco rugosa y su estructura es porosa, mientras que los tallos de brócoli son firmes y crujientes, con una estructura fibrosa, y las vainas de las arvejas son fibrosas y tienen una estructura suave (Albrecht et. al, 2019, p.12).

4.1.2.3. Color

Las hojas del choclo presentaron tonalidades verdosas, al igual que los tallos de brócoli que tienen colores similares al de las hojas y la cabeza del mismo, de igual forma las vainas de arveja tenían un color verde intenso que evidencia la presencia de clorofila (Albrecht et. al, 2019, p.12).

4.1.2.4. Contenido de agua

Durante los tratamientos para obtener la celulosa de los residuos agrícolas, se evidenció una pérdida considerable de agua, por lo que se calculó el contenido de agua con la ecuación 2-3 que posee cada una de estas. Para ello, se utilizaron los pesos iniciales de las muestras del tratamiento 1, la muestra de los tallos de brócoli del tratamiento 2, y los pesos después de haber secado las muestras.

$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} * 100$$

- Contenido de agua de hojas de choclo

$$\text{Contenido de agua} = \frac{40 - 7,1791}{40} * 100 = 82,05\%$$

- Contenido de agua hojas de brócoli

$$\text{Contenido de agua} = \frac{40 - 4,6486}{40} * 100 = 88,38\%$$

- Contenido de agua de vainas de arveja

$$\text{Contenido de agua} = \frac{40 - 3,7737}{40} * 100 = 90,57\%$$

- Contenido de agua tallos de brócoli

$$\text{Contenido de agua} = \frac{200 - 18,5944}{200} * 100 = 90,70\%$$

Tabla 2-4: Datos tomados del primer y segundo tratamiento para el cálculo del contenido de agua de las materias primas

Materia prima utilizada	Cantidad de materia usada g	Biomasa pretratada g	Contenido de agua %
Hojas de Choclo	40	7,1792	82,05
Hojas de Brócoli	40	4,6486	88,38
Vainas de Arvejas	40	3,7737	90,57
Tallos de Brócoli	200	18,5944	90,70

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

4.1.3. Primera prueba

Durante la primera prueba del experimento, se trataron 40g de cada materia prima la cual fue sometida al tratamiento indicado en la Ilustración 1-4. Los resultados de la primera prueba se detallan a continuación en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Primera prueba de hojas de choclo, brócoli y vainas de arveja con hidrólisis alcalina

Materia prima utilizada	Biomasa pretratada g	Biomasa utilizada para la hidrólisis g	Concentración de NaOH %	Tiempo min	Peso después del secado g
Choclo	7,1792	1	2	30	0,2779
			2	75	0,2284
			5	30	0,4398
			5	75	0,2500
Brócoli	4,6486	1	2	30	0,0391
			2	75	0,1805
			5	30	0,0115
			5	75	0,0406
Vainas	3,7737	1	2	30	0,4508
			2	75	0,4769
			5	30	0,4616
			5	75	0,4403

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Para la primera prueba se utilizaron 40g de cada materia

Se descartó esta primera prueba debido a que las muestras obtenidas una vez terminada la hidrólisis alcalina fueron muy pequeñas, por lo que para la siguiente prueba se ocupará una mayor muestra de biomasa pretratada. De igual manera, se descarta el uso de hojas de brócoli debido a que durante la hidrólisis alcalina hubo una pérdida significativa de materia, esto lleva a la deducción de que dicha materia prima no contiene suficiente cantidad de celulosa, por lo que será sustituida por los tallos del brócoli.

4.1.4. Segunda prueba

Una vez realizado el proceso de la ilustración 2-4, se obtuvieron los siguientes resultados en función de su peso los cuales se detallan en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Segunda prueba con hidrólisis alcalina y ácida de hojas de choclo, tallos de brócoli, vainas de arveja y mezcla.

Materia prima utilizada	Biomasa pretratada g	Biomasa para cada tratamiento g	Concentración de NaOH %	Tiempo min	Peso después de la hidrólisis básica g	Peso después de la hidrólisis ácida g
Choclo	32,4438	8,1109	2	30	2,4553	2,3132
			2	75	2,4395	2,2981
			5	30	2,7390	2,6812
			5	75	2,5819	2,4139
Brócoli	18,5944	1,1621	2	30	0,9013	0,8192
			2	75	0,6812	0,5721
			5	30	0,9202	0,8412
			5	75	0,7052	0,6123
Vainas	25,3310	6,3328	2	30	2,3131	2,2561
			2	75	2,4636	2,3218
			5	30	2,1956	2,0812
			5	75	2,2747	2,1267
Mezcla	14,0762	3,5191	2	30	1,0581	1,0381
			2	75	1,1258	1,0521
			5	30	1,0608	1,0230
			5	75	1,0194	0,9831

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Para la segunda prueba se utilizaron 200g de cada materia

Al terminar el proceso de hidrólisis ácida, se obtuvo un material muy parecido al papel la cual se puede observar en la ilustración 13-4. Debido a estas condiciones la segunda prueba se rechaza, y el proceso de hidrólisis ácida queda descartado debido al daño que sufren las fibras en el tratamiento. Sin embargo, este método permitió el cálculo del porcentaje de celulosa que se encuentra en las materias primas utilizadas.



Ilustración 1-4: Fibra a partir de residuos agrícolas

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

4.1.5. Tercera prueba

Los pesos obtenidos en la tercera prueba pueden ser observados en la tabla 5-4. Esta prueba se acepta debido a las características visuales de la fibra obtenida y se procede a realizar las pruebas mecánicas

Tabla 5-4: Tercera prueba con hidrólisis alcalinas de hojas de choclo, tallos de brócoli, vainas de arveja y mezcla.

Materia prima utilizada	Biomasa pretratada g	Biomasa para cada tratamiento g	Concentración de NaOH %	Tiempo min	Peso después de la hidrólisis básica g
Choclo	76,1210	15,2242	2	30	8,6998
			2	90	7,3517
			5	30	7,2263
			5	90	4,5992
Brócoli	56,2278	11,2456	2	30	1,5165
			2	90	2,6758
			5	30	7,6639
			5	90	6,7275
Vainas	48,3875	9,6775	2	30	4,0552
			2	90	5,0213
			5	30	7,1078
			5	90	3,6635

Mezcla	36,1400	9,0350	2	30	3,0506
			2	75	2,9743
			5	30	2,9250
			5	75	1,7590

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Para la tercera prueba se utilizaron 500g de cada materia

El tratamiento de hidrólisis básica produce en las fibras un pH básico por lo que es necesario una vez terminado dicho proceso neutralizar las fibras, las soluciones de 2% y 5% tenían un pH de 13,5 y 13,75. En la tabla 6-4 se detallan los valores de pH obtenidos una vez que se realizó el proceso de lavado con ácido acético.

Tabla 6-4: Datos de pH de agua de lavado

Materia prima utilizada	Concentración de NaOH %	Tiempo min	pH de agua de lavado
Choclo	2	30	6,97
	2	75	7,10
	5	30	6,87
	5	75	7,30
Brócoli	2	30	6,98
	2	75	7,74
	5	30	7,27
	5	75	7,71
Vainas	2	30	7,30
	2	75	6,90
	5	30	7,10
	5	75	7,20

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

4.1.6. Desarrollo de las pruebas para determinar la calidad de la fibra

El proceso de selección y descarte de las fibras, se realizó con base a la carga de rotura y el esfuerzo, los cuales fueron medidos a través del equipo universal para medir las propiedades físico-mecánicas de las fibras, ubicado en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

4.1.6.1. Pruebas de resistencia

Las pruebas de resistencia se aplican a las fibras escarmenadas. El escarmenado para las muestras obtenidas de los tallos de la hoja de brócoli del tratamiento al 2% de concentración de NaOH no se pudo realizar por lo que esta fibra queda descartada. En la tabla 7-4 y 8-4 se detallan los resultados de las pruebas mecánicas para cada una de las fibras obtenidas en los diferentes tratamientos antes y después del blanqueamiento. Estos resultados están expresados en función de su porcentaje de deformación, alargamiento y esfuerzo realizado para alcanzar su punto de rotura.

Cómo se puede visualizar en la ilustración 15-4, la fibra de choclo que ha sido expuesta al tratamiento 3 presenta mejores resultados antes del blanqueamiento, con una carga de rotura de 2,1975 N (ver Anexo A), con un alargamiento de 18,0553 mm, el esfuerzo máximo al que puede ser sometido la fibra es de 17,5866 antes de que la fibra se rompa.



Ilustración 2-4: Prueba de resistencia de los hilos

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

Tabla 7-4: Resultados de la prueba mecánica de las fibras obtenidas sin blanqueamiento

Materia utilizada	NaOH %	t min	Densidad lineal tex	Alargam. mm	Esfuerzo N/tex	Resist. N	Deform %
Choclo	2	30	0,6000	8,68215	9,77035	2,7400	15,3124
	2	90	0,5000	5,97786	5,20500	2,5900	11,7674
	5	30	1,0000	8,59316	7,36750	3,8375	8,59316
	5	90	0,4000	18,0553	17,5866	2,1975	27,6075
Vaina	2	30	1,0000	1,68279	3,14000	1,0750	1,68279
	2	90	0,4000	6,51148	6,86250	2,4500	8,57903
	5	30	0,7000	1,24567	0,42143	0,6020	1,69941
	5	90	0,6000	8,84367	2,88750	1,3525	12,3199
Mezcla	2	30	0,5000	1,55167	0,09500	0,1900	2,29877
	2	90	0,5000	9,00644	3,46500	6,9300	12,1054
	5	30	1,0000	1,42267	0,38750	0,3875	1,42267
	5	90	0,3000	7,16613	3,57500	11,9166	12,0237
Tallo	2	30	-	-	-	-	-
	2	90	-	-	-	-	-
	5	30	1,0000	5,51961	0,85750	0,8575	5,51961
	5	90	1,0000	0,65367	1,03000	1,0275	0,65367

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Estos datos se obtuvieron mediante el Equipo Universal para medir las propiedades físico-mecánicas de las fibras

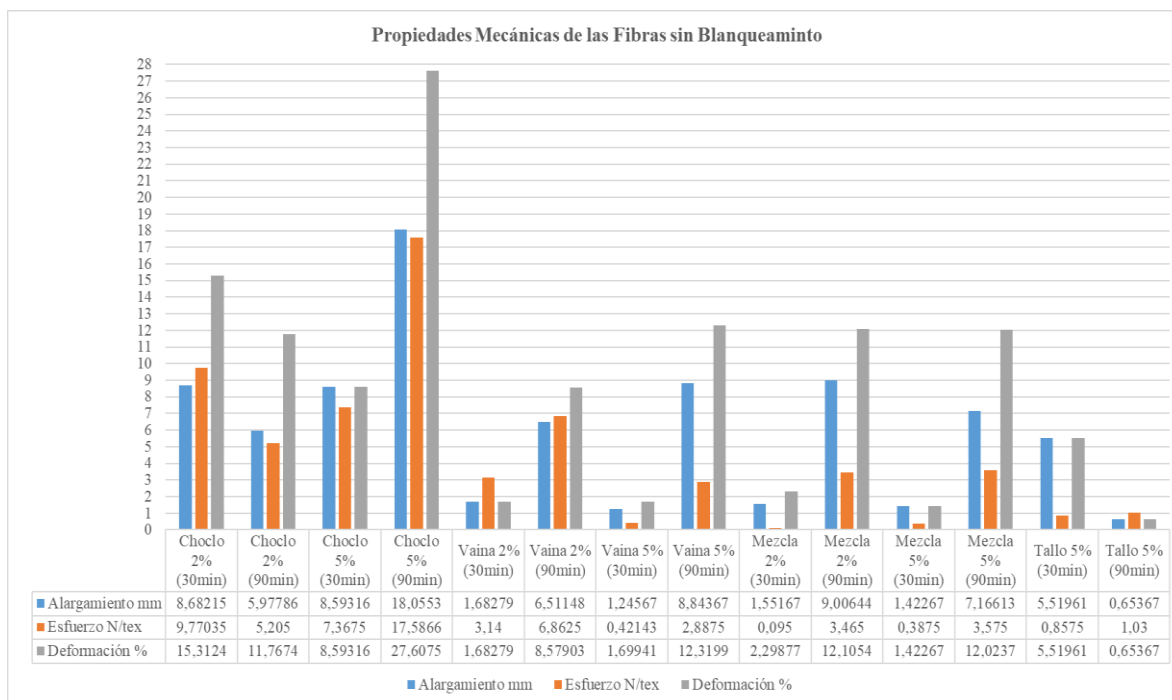


Ilustración 3-4: Gráfica de las propiedades mecánicas de las fibras sin blanqueamiento

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

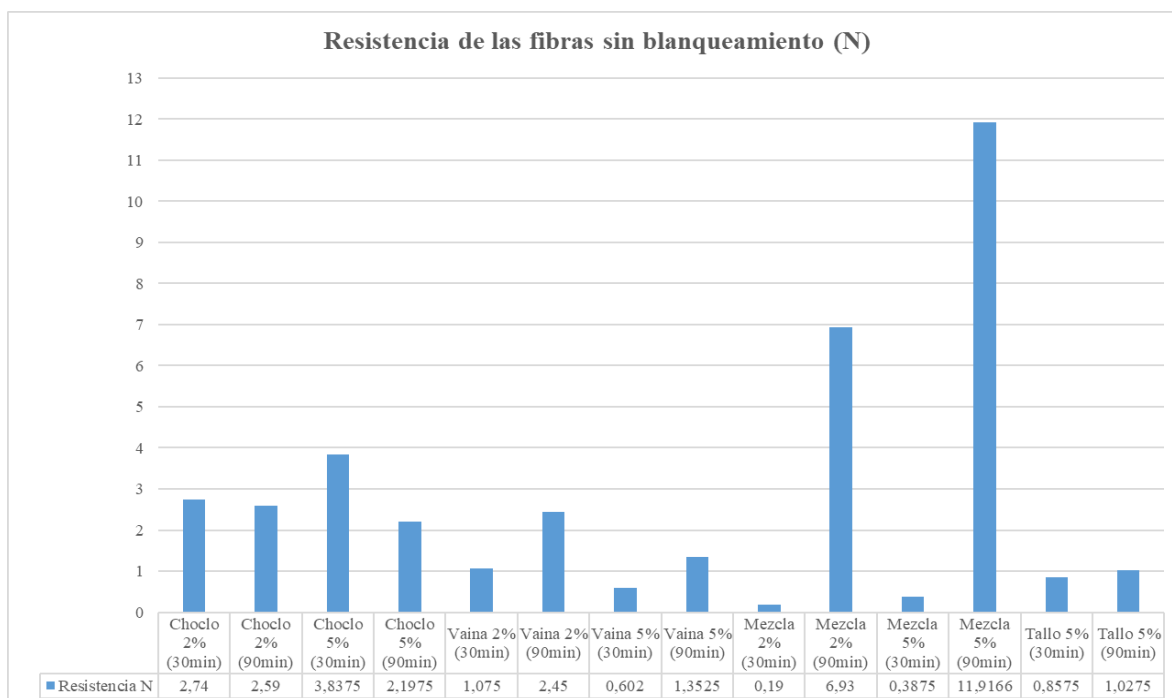


Ilustración 4-4: Gráfica de la resistencia de las fibras sin blanqueamiento

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

La ilustración 17-4 presenta una comparación entre los resultados de las fibras una vez que han sido blanqueadas, en la mayoría de fibras el porcentaje de deformación ha aumentado. La fibra de la mezcla al tratamiento 2 presenta un mayor porcentaje de deformación que el resto de muestras, pero este parámetro no es suficiente para su selección debido a que el esfuerzo realizado para su rotura es mínimo. Debido a esto se vuelve a aceptar como la fibra de mayor calidad la de choclo en el P3 ya que, es la fibra que mayor esfuerzo soporta antes de alcanzar su punto de rotura.

Tabla 8-4: Resultados de la prueba mecánica de las fibras con blanqueamiento posterior

Materia utilizada	NaOH %	t min	Densidad lineal tex	Alargam. mm	Esfuerzo N/tex	Resist. N	Deform. %
Choclo	2	30	0,3000	2,67733	1,25000	4,1666	8,36666
	2	90	0,2000	5,18918	3,95000	19,7500	13,3055
	5	30	0,3000	0,62583	2,60000	8,6667	1,96803
	5	90	0,2000	13,7529	8,66250	43,3125	29,6400
Vaina	2	30	-	-	-	-	-
	2	90	0,3000	2,98000	6,05000	0,5375	7,12919
	5	30	0,4000	9,42580	3,97500	9,9375	20,2270
	5	90	0,4000	10,0146	4,33125	10,8281	23,5085
Mezcla	2	30	0,7000	11,9518	1,87143	2,6734	42,5334
	2	90	0,4000	6,62870	2,22500	5,5625	14,5366
	5	30	0,4000	10,2753	4,33125	10,8081	26,6199
	5	90	0,3000	10,4032	5,77500	19,2500	27,2336

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Estos datos se obtuvieron mediante el Equipo Universal para medir las propiedades físico-mecánicas de las fibras

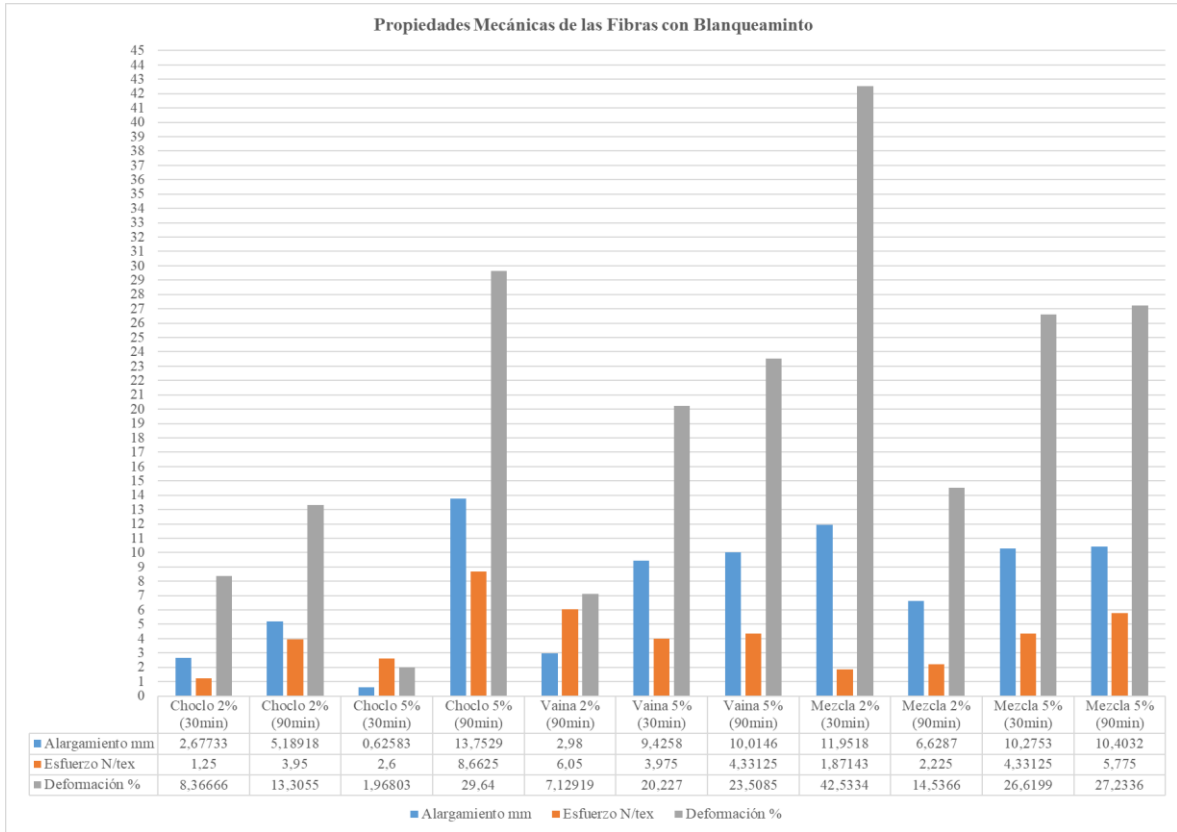


Ilustración 5-4: Gráfica de las propiedades mecánicas de las fibras con blanqueamiento

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

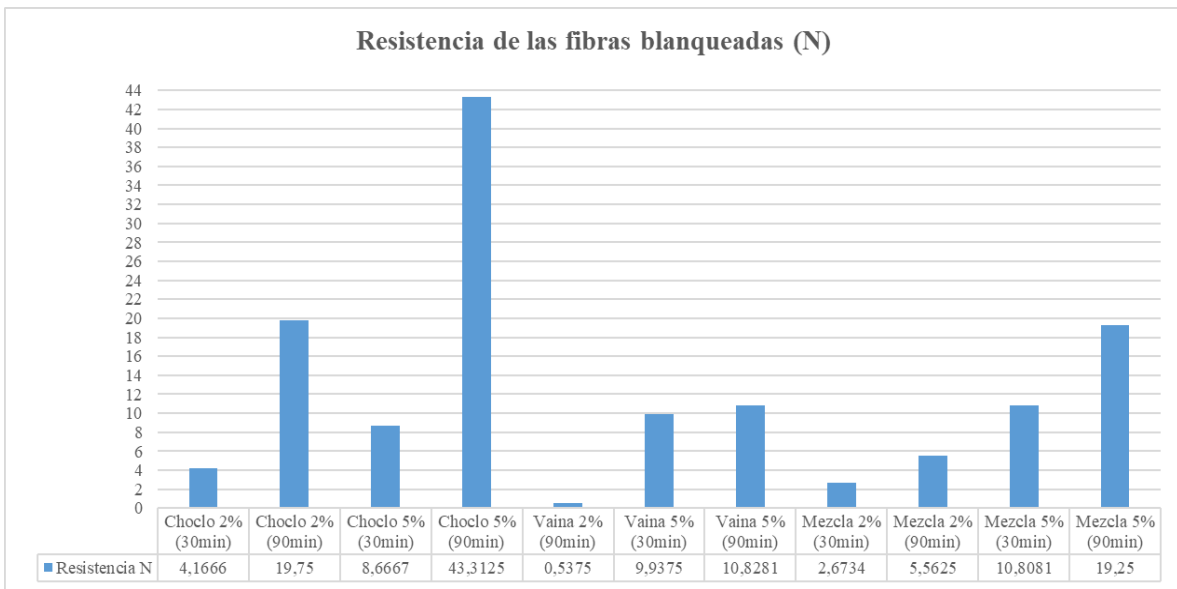


Ilustración 6-4: Gráfica de la resistencia de las fibras blanqueadas

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

En la Ilustración 18-4 se puede apreciar que la fibra que presentó una mayor resistencia después del proceso de blanqueamiento fue la fibra de choclo al 5% por 90 minutos, con lo cual se afirma la selección de este método con esta materia prima para la desarrollar las pruebas pertinentes.

En la tabla 9-4 se detalla los resultados de resistencia de las fibras una vez terminado el proceso de blanqueamiento, en función del tratamiento al que fueron expuestas las materias primas.

Tabla 9-4: Resistencia de las fibras sometidas al blanqueamiento

	Resistencia de fibras			
	2% (30min)	2% (90min)	5% (30min)	5% (90min)
	P1	P2	P3	P4
Choclo	4,1666	19,75	8,6667	43,3125
Vaina	0	0,5375	9,9375	10,8281
Mezcla	2,6734	5,5625	10,8081	19,25

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Nota: Los datos de resistencia se obtuvieron al dividir el valor del esfuerzo para la densidad lineal. Datos tomados de la tabla 8-4

4.2. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó en función a los resultados de resistencia detallados en tabla 9-4, en la cual se detalla la resistencia presentada por cada una de las fibras en función del tratamiento al que ha sido sometido.

A continuación, se presentan las condiciones de análisis propuestas para el desarrollo estadístico ANOVA aplicado a la presente investigación y se asume que las varianzas de cada uno de los tratamientos son iguales y se tomó un nivel de significancia igual a $\alpha=0,05$

- Hipótesis nula = Todas las medias de los valores de resistencia de cada tratamiento son iguales
- Hipótesis alterna = Las medias de los valores de resistencia de cada tratamiento no son iguales

En la tabla 10-4 presentada a continuación, se detalla el proceso de análisis de varianza realizado a los valores de resistencia en función del tratamiento aplicado.

Tabla 10-4: Tabla ANOVA: Tratamiento vs Resistencia

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	792,230057	3	264,076686	2,71483639
Dentro de las muestras	778,2	8	97,2716761	
Total	1570,4	11		
(Valor crítico) $F_{\alpha,k-1,N-k} =$				
	4,06618055			
p-valor=				
	0,11502808			

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Luego de haber realizado el análisis correspondiente, se obtiene como resultados que el p-valor determinado en la tabla 10-4 es menor al nivel de significancia $\alpha=0,95$, lo que conlleva a la aceptación de la hipótesis alterna. Las medias de los valores de resistencia para cada tratamiento no son iguales.

En la tabla 11-4 se presenta las medias para cada tratamiento, su desviación estándar y los intervalos de confianza al 95%. Los 4 tratamientos entre sí presentan una desviación estándar agrupada de 9,8628

Tabla 11-4: Tabla de medias

Tratamiento	N	Media	Desv. Est.	IC 95%
P1	3	2,28	2,11	(-10,85; 15,41)
P2	3	8,62	9,96	(-4,52; 21,75)
P3	3	9,804	1,077	(-3-327; 22,935)
P4	3	24,46	16,86	(11,33; 37,59)

Fuente: Minitab

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

En la ilustración 18-4 se puede visualizar la incidencia que presenta el tratamiento al que ha sido expuesto la materia prima en la resistencia de cada una de las fibras textiles. Al realizar el “Método de Tukey” para comparar los tratamientos se puede deducir que los tratamientos P3 y P2 presentan valores de resistencia significativos, por el contrario, P1 y P4 resultan con resistencias diferentes.

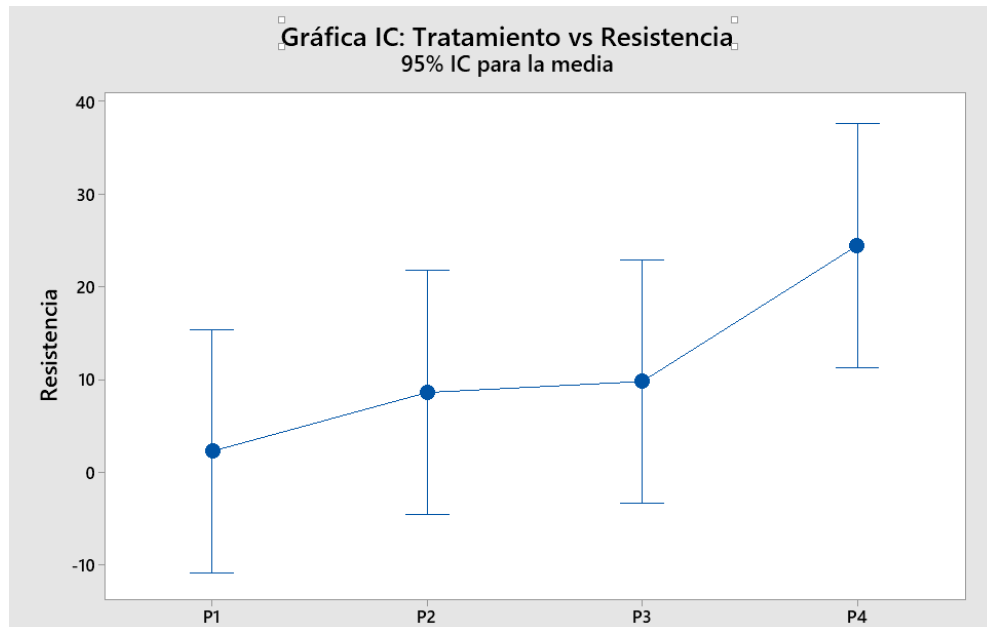


Ilustración 7-4: Gráfica IC: Tratamiento vs Resistencia

Fuente: Minitab

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

4.3. Discusión

En esta investigación se plantean tratamientos para la obtención de una fibra a partir de la celulosa extraída de residuos agrícolas que tienen mayor presencia dentro del mercado “Simón Bolívar de Riobamba”. Para indagar el tratamiento más eficaz se desarrolló un análisis de las propiedades mecánicas de la fibra ya que, el proceso de selección se basó en la fibra que presente una mayor carga de rotura, con el fin de obtener una fibra más resistente. Una vez finalizada la investigación se determinó que la fibra de choclo obtenida a partir del tratamiento P4 es la más factible, no solo por tener las fibras más resistentes sino también en su rendimiento. Zhapán & Mosquera (2019, p.57) en su trabajo de investigación seleccionan la fibra obtenida a partir del coco y determinaron que con 120,67 g de residuos seco se obtiene 19,61g de fibra, es decir el proceso de extracción presenta un

rendimiento igual al 16,25%, mientras que en esta investigación se determinó que con 2,8938 g de residuos seco de choclo se obtiene 0,3404g de fibra evidenciándose así un rendimiento de 11,76%. Como primer punto, el análisis del contenido de celulosa de las materias primas se sustenta en la aplicación del método de Klason, el cual también es utilizado en la investigación realizada por Serrano (2022, p.16), para su realización el autor utiliza la planta de cáñamo para extraer su celulosa. Esta propuesta desarrolla un procedimiento similar, en donde se ocupa una concentración de 2 y 10% de una base durante un tiempo corto de 30 minutos y prolongado de 75 minutos, como resultados se obtuvo 37,53% de celulosa extraída de esta planta. En la presente investigación se descartó el uso de NaOH al 10% debido a que, se evidenció una oxidación rápida de las fibras lo que produjo un rendimiento más bajo, por lo que se utilizaron concentraciones del 2 y 5% y se obtuvieron: del choclo (33,05%), del brócoli (72,39%) y de las vainas (35,63%), se tomaron estos datos de la tabla 1-4, con los porcentajes más altos de cada una de las materias primas utilizadas. Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las pruebas realizadas arroja un porcentaje diferente de celulosa, por lo que la concentración y tiempo de reacción alteran la celulosa que se obtiene.

Se puede demostrar también que el proceso de pretratamiento con una solución básica resulta esencial para ambas investigaciones, según Serrano (2022, p.37) quien utiliza el método de “Bredeman” el cual disminuye de forma notable el porcentaje de corteza pretratada y produce una solución de residuo de apariencia oscura, pero esto demuestra la pérdida de otras sustancias que inhibirían el proceso de hidrólisis alcalina, al igual que en esta investigación el pretratamiento evidenció la pérdida de suciedad e impurezas gracias a una reacción de saponificación.

Serrano (2022, p.33) plantea un proceso de blanqueo de las fibras realizado con una solución de H₂O₂ al 11%, el mismo que fue utilizado en el proyecto como se puede evidenciar en la ilustración 2-4, sin embargo, dicho procedimiento fue descartado, puesto que, durante el proceso de hidrólisis básica, el H₂O₂ por su actividad tensoactiva no permitía el contacto directo de las muestras con la solución y de igual forma se presentó mayor pérdida. Por este motivo se adoptó la utilización de otro método de blanqueamiento el cual no signifique pérdidas de biomasa durante su realización. Posterior al proceso de hidrólisis alcalina y mediante la aplicación de NaClO al igual que la investigación de Zhapán & Mosquera (2019, p-50), quienes expusieron las fibras durante 45 minutos según la materia prima y evidenciaron una pérdida del pigmento natural de las fibras más delicadas. En el presente estudio durante este proceso de blanqueo se afirma lo planteado por los autores ya que, al ser las hojas de choclo las más delicadas tardaron menos tiempo en decolorarse (40 minutos), mientras que las vainas de arveja al ser más gruesas fueron las que tardaron más tiempo (60 minutos).

El proceso de hilado al igual que la investigación de Zhapán & Mosquera (2019, p.51), se realizó de forma manual mediante un hilado por torsión, no sin antes haber realizado un escarmenado el cual se facilitó debido a las materias primas utilizadas por las autoras. Para la elección de la fibra se consideró su resistencia calculada con ayuda de la Máquina Universal para determinar las propiedades mecánicas de las fibras, y con ello se seleccionó la fibra de choclo con un tratamiento de 5% de NaOH por 90 minutos que obtuvo una resistencia de 43,31N, lo que se contrasta con los resultados de los autores antes mencionados quienes mediante las pruebas de resistencias determinaron que la fibra más resistente es la de coco con una resistencia de 1,56N y se obtuvo con una solución de 6% de NaOH por 240 minutos.

4.4. Comprobación de hipótesis

Luego de haber realizado la selección de la fibra con una mayor resistencia o carga de rotura se procede a realizar los métodos de ensayo para la identificación cualitativa de las fibras textiles presentes en la norma NTE INEN 2 527:2010 2010 01. Los procedimientos realizados, reactivos y materiales se encuentran detallados a profundidad en la norma.

4.4.1 Solubilidad de las fibras

El método busca determinar la solubilidad o insolubilidad que presenta la fibra al ser expuesta a diferentes reactivos fuertes y con propiedades corrosivas (INEN, 2010, p.7). El ensayo se realizó con los reactivos existentes en la base de reactivos de la Bodega de la Facultad de Ciencias estos fueron, H_2SO_4 , HCl, NaClO, CH_3-COOH y $CH_3-(CO)-CH_3$. En la tabla 9-4 se detallan los resultados.

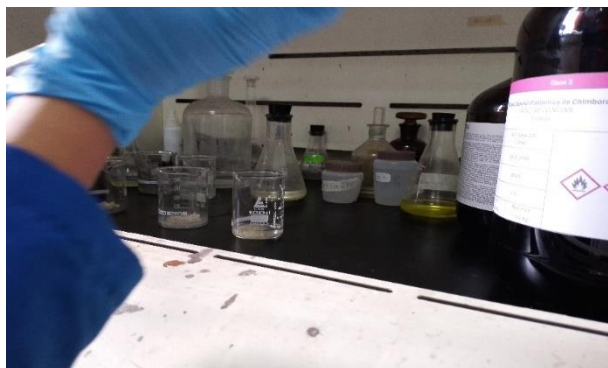


Ilustración 8-4: Prueba de solubilidad de la fibra

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

Tabla 12-4: Solubilidad de la fibra de choclo

	Ácido sulfúrico 6M	Ácido clorhídrico 7,75%	Hipoclorito de sodio 30%	Acetona	Ácido acético glacial
Soluble					
Insoluble	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023.

Los resultados son aceptados posterior a la comparación de los datos con los resultados detallados en la tabla A.4 de la norma estudiada. Ver ANEXO B.

4.4.2 Evaluación visual y microscópica

El método de ensayo de visualización se realizó a través de un microscopio con la finalidad de obtener una vista de la sección transversal y longitudinal de las fibras obtenidas, con la finalidad de compararlas con aquellas fibras que se usan en la industria.

Una vez finalizada la evaluación y como se puede observar en las ilustraciones 20-4 y 21-4, la fibra de choclo del T3 presentó propiedades visuales muy parecidas a las de la fibra de ramio en su sección longitudinal y transversal.

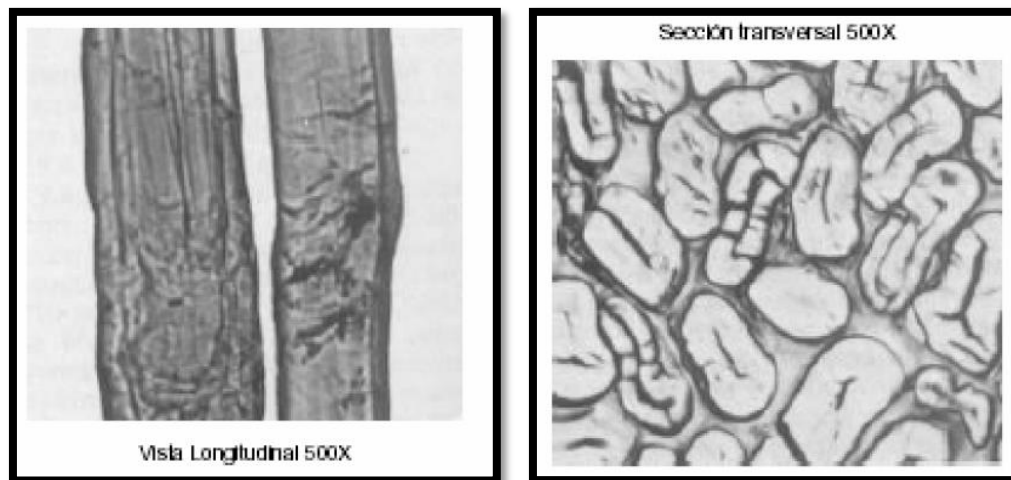


Ilustración 9-4: Vista longitudinal y transversal de la fibra de ramio

Fuente: INEN, 2010

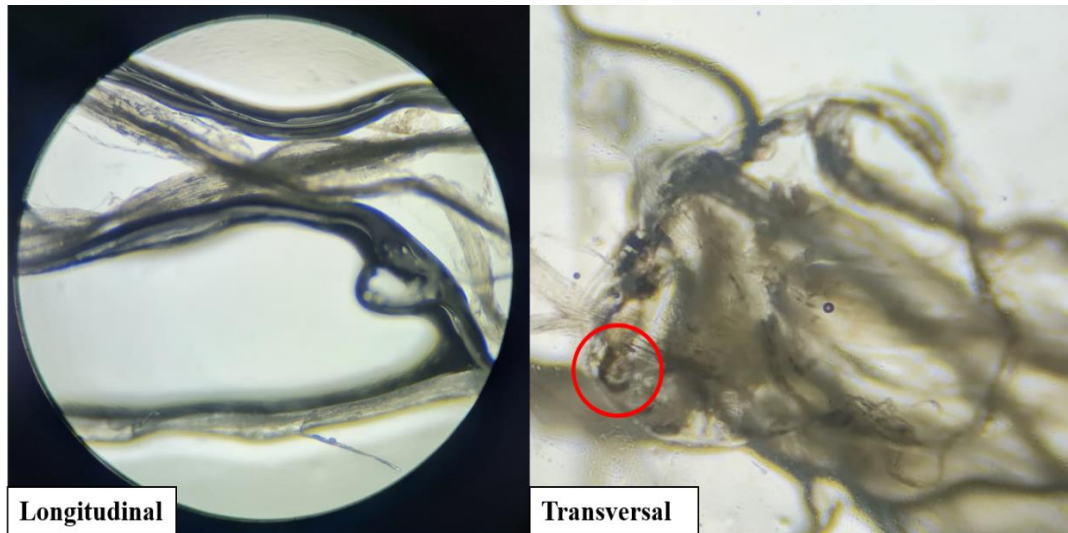


Ilustración 10-4: Vista microscópica longitudinal y transversal de la fibra de choclo T3

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

4.4.3 Prueba de coloración

La prueba de coloración de la fibra no mostró ningún resultado, ya que al momento de colocar el reactivo definido en la Norma NTE INEN 2 527:2010 2010-01, la fibra no presentó ningún cambio de color; como se observa en la ilustración 22-4.



Ilustración 11-4: Resultado prueba de coloración

Realizado por: Matute, K & Plaza, M, 2023

4.4.4 Comportamiento a la llama

Este método analiza el comportamiento que tienen las fibras cuando son expuestas a la llama directa (INEN, 2010, p.7), una vez realizadas todas las condiciones se obtuvieron los siguientes resultados:

- La fibra se funde al momento de acercarla a la llama y evita el encogimiento.
- Cuando la fibra entra en contacto con la llama empieza a arder y cuando se la aleja de la misma, persiste durante 5 segundos más.
- Al momento de apagarse la llama el olor del humo es muy parecido a papel quemado
- No presentan cenizas
- Los extremos de la fibra que han sido expuestos reflejan un color negro.

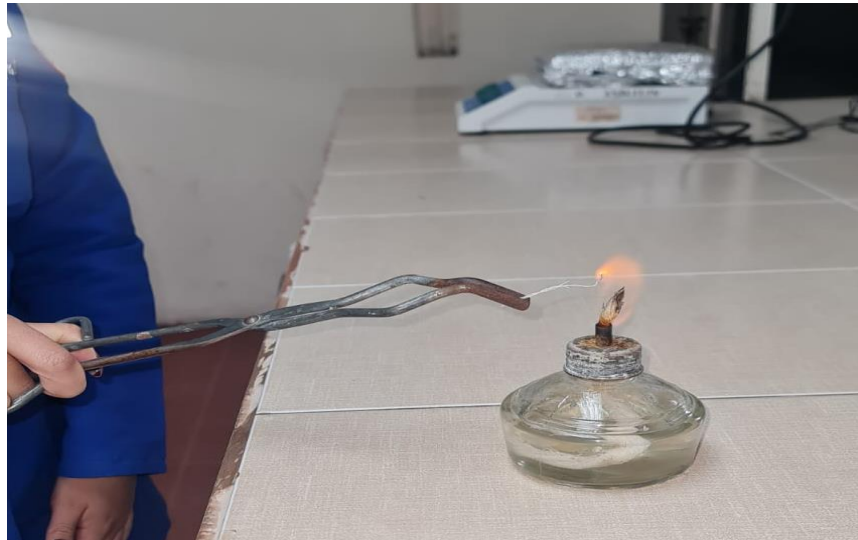


Ilustración 12-4: Comportamiento de la fibra a la llama

Realizado por: Matute, K. & Plaza, M., 2023

Los resultados del ensayo fueron comparados con la tabla A.3 de la norma donde se detalla cada una de los comportamientos de las fibras. Ver ANEXO C.

Tabla 13-4: Comportamiento a la llama

Fibra de Choclo	Se funde cerca de la llama	Se contrae y aleja de la llama	Arde con la llama	Se continua quemando al retirar la llama	Apariencia de la ceniza
	SI	SI	SI	SI	No presenta ceniza

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Matute, K. & Plaza, M., 2023.

4.4.5 Secado por torsión

La prueba de secado por torsión determina el sentido al que giran las fibras cuando están en un proceso de secado, las fibras de lino y ramio giran en sentido horario, y las del cáñamo y yute lo hacen en sentido anti horario (INEN, 2010, p.7). La fibra de choclo al momento de secarse se tuerce en sentido anti horario, igual que lo hacen las fibras de ramio.

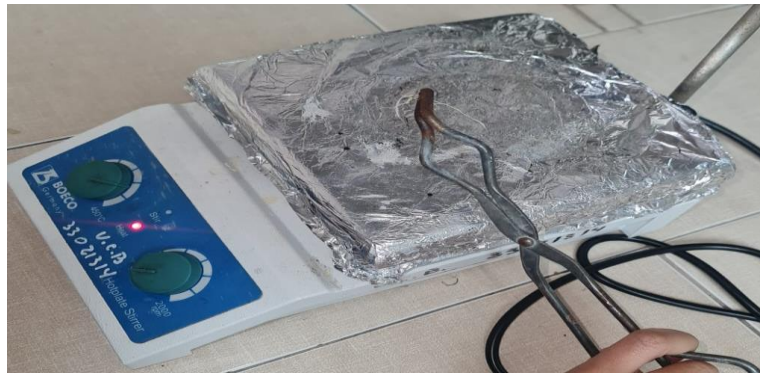


Ilustración 13-4: Método secado por torsión

Realizado por: Matute, K. & Plaza, M., 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se elaboró fibras textiles a partir de la extracción de celulosa de residuos orgánicos del choclo, brócoli y arvejas del Mercado Simón Bolívar de Riobamba, mediante la aplicación de un proceso de hidrólisis alcalina con NaOH al 98%, se realizaron cuatro tratamientos a diferentes concentraciones y tiempos de reacción. Para obtener el hilo se llevó a cabo un proceso de hilado mediante escarmenado y separación de la fibra la cual fue blanqueada con NaClO comercial. Luego de haber realizado las pruebas correspondientes, se determinó que la fibra obtenida al cumplir con las características de fibras comerciales, podría tener una aplicación dentro del sector textil.
- Se determinó las características químicas y físicas de los residuos orgánicos generados en el mercado Simón Bolívar. Las características químicas comprendidas por el porcentaje de celulosa y demás compuestos que comprenden la estructura química de la materia; y las características físicas comprendidas por tamaño, forma, color, textura, etc., las cuales fueron determinadas mediante bibliografía y un análisis visual, además se determinó el contenido de agua de cada materia utilizada en el estudio.
- Se propuso como método de extracción más eficiente el tratamiento P4 (Tratamiento con hojas de choclo mediante la aplicación de una concentración de hidróxido al 5% por 90 minutos), debido a que, al realizar el estudio de la resistencia de cada fibra obtenida, esta obtuvo una resistencia superior a las demás (43,31N). El rendimiento obtenido fue del 11,76%, debido a que con este tratamiento se determinó que con 2,8938g de residuos se obtiene 0,3404g de fibra.
- Se aplicó la tabla ANOVA y gráfica de Tukey, mediante estas se puede visualizar la diferencia entre los 4 tratamientos realizados, en el cual el P4 que ha sido seleccionado presenta mejores propiedades mecánicas que las demás, de acuerdo al análisis estadístico.
- Se analizaron las propiedades propuestas en la normativa NTE INEN 2 527:2010 2010-01 que deben cumplir las fibras usadas en el sector textil: la solubilidad, la evaluación visual y microscópica en donde se determinó que la fibra obtenida tiene una estructura similar a la del ramio comparándola con imágenes de la normativa, se evaluó el comportamiento a la llama y al secado que fue similar al cáñamo y el yute.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de NaClO comercial para el blanqueamiento de la fibra, dado que al usar H₂O₂ este reacciona por la presencia de clorofila y genera espuma la cual causa pérdidas de biomasa y la materia prima no permanece dentro de la solución lo que dificulta la extracción de la celulosa.
- Se recomienda utilizar el H₂O₂ posterior a la hidrólisis alcalina; caso contrario agregar glicerina a la solución para inhibir las propiedades tensoactivas del reactivo.
- Para realizar el pretratamiento de la materia prima se recomienda utilizar las hojas de choclo sin cortarlas, debido a que, esto permitirá la obtención de fibras de mayor longitud.
- Se recomienda el uso de telas para filtrar o papel filtro al momento de retirar el agua de tratamiento ya que esto evitará la pérdida de material.
- Se recomienda evitar el uso de las hojas de brócoli debido a que al contener menor cantidad de celulosa una vez finalizado el proceso el rendimiento es bajo por la pérdida de materia.

LISTA DE ABREVIATURAS

C: Tratamiento con hojas de choclo

V: Tratamiento con vainas de arveja

B: Tratamiento con tallos de brócoli

M: Tratamiento con mezcla

T1: Primer tratamiento realizado con 40 g de cada materia prima

T2: Segundo tratamiento realizado con 200 g de cada materia prima

T3: Tercer tratamiento realizado con 500 g de cada materia prima

P1: Primera prueba realizada en el tercer tratamiento con 2% de NaOH en 30 minutos

P2: Segunda prueba realizada en el tercer tratamiento con 2% de NaOH en 90 minutos

P3: Tercera prueba realizada en el tercer tratamiento con 5% de NaOH en 30 minutos

P4: Cuarta prueba realizada en el tercer tratamiento con 5% de NaOH en 90 minutos

NaOH: Hidróxido de Sodio

H₂O₂ : Peróxido de Hidrógeno

NaClO: Hipoclorito de Sodio

H₂SO₄: Ácido Sulfúrico

HCl: Ácido Clorhídrico

CH₃-COOH: Ácido Acético Glacial

CH₃-(CO)-CH₃: Acetona

N: Newton (medida de Resistencia)

BIBLIOGRAFÍA

AL-OQLA, F & SAPUAN, S. *Materials Selection for Natural Fiber Composites*. [En línea]. Elsevier Science & Technology, 2017. pp. 25. [Consulta: 08 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/search-results?query=Materials%20Selection%20for%20Natural%20Fiber%20Composites>

ALBRECHT, C., CERVILLA, N., SCAVUZZO, M., ZIZICH, N., & ZURLO, S. *Manual de Frutas y Hortalizas: Propiedades Físico-Químicas y Condiciones de Manipulación y Conservación*. [En línea]. Córdoba.: ResearchGate, 2019. [Consulta: 13 marzo 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/337496272_Manual_de_frutas_y_hortalizas_propiedades_fisico-quimicas_y_condiciones_de_manipulacion_y_conservacion

ARÉVALO, H. Evaluación de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum*) bajo condiciones de invernadero en Tumbaco-Pichincha. (Trabajo de titulación) (Ingeniería en Agroempresa). [En línea]. Universidad de San Francisco de Quito, Ciencias e Ingeniería. (Quito-Ecuador). 2020. pp. 10. [Consulta: 08 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2419>

BASU, P. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction // Practical Design and Theory*. 2°ed. USA. Elsevier. 2013. [Consulta: 31 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.iqytechnicalcollege.com/RE502-%20Biomass%20Gasification.pdf>

BRAVO, J., & CUZME, K. Análisis Sectorial de la Industria Textil Ecuatoriana y Diseño de un Modelo de Planificación Estratégica para la Empresa Modatex S.A. (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Administración de Empresas. (Guayaquil-Ecuador). 2012. pp. 71-72. [Consulta: 01 julio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4831/1/UPS-GT000421.pdf>

CAVIEDES, M. “Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador”. ACI. [En línea], 2019, (Ecuador) Vol. 11. p. 2. [Consulta: 19 abril 2023]. ISSN: 2528-7788. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/issue/view/92/128>

COREA, G., & MIRANDA, E. Evaluación de dos variedades de brócoli (Pirata y Green F. sprouting calabrense) y tres dosis de fertilización (18-46-0) en la Comarca Mombachito, Camoapa, Boaco. (Trabajo de Titulación) (Ingeniero Agrónomo). [En línea]. Universidad Nacional Agraria. (Nicaragua). 2007. pp. 17. [Consulta: 18 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2727/1/tnf30c797.pdf>

ESPINOZA, C; & SORHEGUI, R. “Análisis del sector textil ecuatoriano 2009 – 2013”. ECOCIENCIA [En línea]. 2016, (Ecuador) Vol.3, pp. 2-3. [Consulta: 08 febrero 2023]. ISSN: 1390-9320. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/1838071522/fulltextPDF/FEAF038920>

FLORES, M; & SOTO, G. “Integración de biopolímeros en la industria textil” Inventio. [En línea]. 2020, (México). 16(39), pp. 3. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN: 2007-1760. Disponible en: <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/34/5>

GOMEZ, A., & COBEÑA, E. Análisis Del Sector Textil Y Su Incidencia En La Industria Ecuatoriana En Medio De La Pandemia (Covid 19) Periodo 2015-2020. (Trabajo de titulación) (Ingeniería en Comercio Exterior). [En línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas. (Guayaquil-Ecuador). 2021. pp. 36-37. [Consulta: 18 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59400>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*. [En línea]. 6°ed-Vol. 4. México: McGrawHill, 2014. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

LARA, K. Evaluación Del Comportamiento De Los Microorganismos Eficientes Para Acelerar La Transformación De Los Desechos Sólidos Orgánicos Originados En El Mercado San Alfonso-Riobamba. (Trabajo de titulación) (Ingeniería en Biotecnología Ambiental). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. (Riobamba-Ecuador). 2018. pp. 19. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8929/1/236T0329.pdf>

LÓPEZ, D. Elaboración artesanal de hilo de la fibra de formio (Phormium tenax). (Trabajo de titulación) (Ingeniería Química). [En línea]. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería

Química y Agroindustria. (Quito-Ecuador). 2012. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5339/1/CD-4585.pdf>

LÓPEZ, E. “Impacto De La Industria Textil En La Contaminación Y Alternativas Para Disminuirlo” SANTOTO. [En línea]. 2022, (Colombia) Vol. 1, pp. 4-5. [Consulta: 16 febrero 2023]. doi: 10.5281/zenodo.6266046. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/358845246_IMPACTO_DE_LA_INDUSTRIA_TEXTIL_EN_LA_CONTAMINACION_Y_ALTERNATIVAS_PARA_DISMINUIRLO

MAGAP. *Plan Estratégico Institucional: 2017-2021.* [En línea]. Disponible en: https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/AM_068_PEI2.pdf

MARRADI, A. “Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia”. Paradigmas. [En línea]. 2013, (Italia) Vol. 5, pp. 17-20. [Consulta: 05 marzo 2023]. ISSN: 1909-4302. Disponible en: https://www.academia.edu/3695416/M%C3%A9todo_experimental_m%C3%A9todo_de_la_asociaci%C3%B3n_y_otros_caminos_de_la_ciencia

MONJE ÁLVAREZ, C. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa.* [En línea]. Colombia: Neiva. 2011. [Consulta: 11 marzo 2023]. Disponible en: <http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>

NANOLLOSE. *Investor Presentation.* [En línea]. 2022. pp. 2. [Consulta: 11 julio 2023]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjNwPG1poiAAxWrF1kFHbEZDQcQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fmedia.abnnewswire.net%2Fmedia%2Fen%2Fpresentations%2Frpt%2FASX-NC6-6A1080690.pdf&usq=AOvVaw3E_6wnwF_e8e0HC01wLhp8&opi=89978449

NTE INEN 2 527:2010. *Textiles. Identificación de Fibras. Ensayos Cualitativos.* [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2527.pdf>

PARRA, N. Desarrollo de un género textil no tejido de celulosa vegetal para productos indumentarios. (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (Ambato-Ecuador). 2022. pp. 18-19. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/3782/1/78216.pdf>

RÍOS, D. Caracterización de la patogenicidad de las principales enfermedades del suelo y que se transmiten por semilla en cultivo de haba (*Vicia faba* L.). (Trabajo de titulación) (Ingeniería Agronómica). [En línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. (Quito-Ecuador). 2007. pp. 2. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/872>

RIERA, M., MALDONADO, S., & PALMA, R. Residuos agroindustriales generados en el Ecuador para la elaboración de bioplásticos. Ingeniería Industrial. [En línea], 2018, (Chile). [Consulta: 01 julio 2023]. Disponible en: <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924/3686>

ROSS, C. *Qmilk Fabric Technology: From Waste Product to Luxury*. [blog]. USA: The Sustainable Fashion Collective, 2017. [Consulta: 03 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.the-sustainable-fashion-collective.com/2017/07/27/qmilk-fabric-technology-waste-product-luxury/>

SALGADO, G. Valorización Energética De Residuos Agrícolas: Cáscara De Plátano, Cascarilla De Arroz Y Bagazo De Caña Mediante Procesos De Biodigestión Y Combustión. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Mecánica). [En línea]. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. (Quito-Ecuador). 2020. pp. 12-13. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20707/1/CD%2010215.pdf>

SANTOS, C., & TOMÁS, F. Sustancias fitoquímicas de frutas y hortalizas, su posible papel beneficioso para la salud. Ediciones de Horticultura [En línea], 2001, (España). [Consulta: 01 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/18146>

SIGFITO. *Guía para la gestión de los residuos agrarios*. [blog]. Madrid: Fundación Global Nature, 2021. [Consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: <https://fundacionglobalnature.org/la-primera-guia-sobre-gestion-de-residuos-agrarios-reivindica-una-solucion-normativa/>

SERRANO, B. Obtención de fibras de celulosa a partir del líber de la planta cáñamo industrial (Cannabis Sativa L.) mediante tratamiento químico para uso textil. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Química). [En línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. (Quito-Ecuador). 2022. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/27671/1/FIQ-SA-SERRANO%20BRENDA.pdf>

SOLIS, N. “Percepción ciudadana sobre el sistema de recolección de desechos sólidos mediante ecotachos en el barrio San Alfonso, cantón Riobamba”. Kairós [En línea], 2021, (Ecuador) Vol. 4. pp. 2-4. [Consulta: 16 enero 2023]. ISSN No. 2631-2743. Disponible en: <https://kairos.unach.edu.ec/index.php/kairos/article/view/123>

TOSCANO, L., TORRES, R., VELÁZQUEZ, A., AMADO, M., CERVANTEZ, L., AYALA, A., MONTERO, G., & ROMERO, E. “Determinación simplificada del contenido de lignina en paja de trigo por método volumétrico y su caracterización química”. ResearchGate. [En línea], 2015. p. 3 [Consulta: 06 enero 2023]. DOI: 10.18682/cyt.v1i15.286. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288827268_Determinacion_simplificada_del_contenido_de_Lignina_en_paja_de_trigo_por_metodo_volumetrico_y_su_caracterizacion_quimica

ULLAGUARI, M., & VALAREZO, N. Fibras Textiles a partir de la Hoja de Piña. (Trabajo de titulación) (Diseño textil e indumentaria). [En línea] Universidad del Azuay, Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. (Cuenca-Ecuador). 2022. pp. 60-61. [Consulta: 13 marzo 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12120>

VALDIVIESO, A., SILUK, J., & MICHELIN, C. “Análisis Prospectivo Estratégico del Sector Textil Productivo Ecuatoriano para Incrementar la Competitividad en las Exportaciones”. SIGMA [En línea], 2022, (Ecuador). Vol. 9. [Consulta: 11 enero 2023]. Doi: <https://doi.org/10.24133/sigma.v9i02.2827>. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Sigma/article/view/2827>

VARGAS, A. Interacciones sonoro-espaciales en el mercado San Alfonso de Riobamba. (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] FLACSO, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Departamento de Antropología, Historia y Humanidades. (Quito-Ecuador). 2019. pp. 44-45.

[Consulta: 04 mayo 2023]. Disponible en:
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/15671/34/TFLACSO-2019AJVO.pdf>

VILLALBA, H. *Materiales. Fibras Textiles.* [En línea]. España: Tecnología Industrial 1, 2019.
[Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en:
https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales_fibras-textiles.pdf

ZHAPÁN, M., & MOSQUERA, J. Obtención De Fibras Textiles a Partir De Residuos Agrícolas. (Trabajo de titulación) (Diseño textil y moda). [En línea] Universidad Del Azuay, Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte. (Cuenca-Ecuador). 2019. [Consulta: 23 mayo 2023]. Disponible en:
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9144/1/14788.pdf>

ZULUAGA, P., CASTRO, C., OSORIO, R., GAÑÁN, P., VELÁSQUEZ, J., VÉLEZ, L., CORREA, C., & MOLINA, C. “Celulosa: Un polímero de siempre con mucho futuro”. Revista Colombiana de Materiales [En línea], 2017 (Colombia), p. 1 [Consulta: 13 abril 2023]. ISSN 2256-1013. Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/319361290_Celulosa_un_polimero_de_siempre_con_mucho_futuro



ANEXOS

ANEXO A: TABLA DE RESULTADOS PRUEBAS MECÁNICAS PARA LA FIBRA DE CHOCLO OBTENIDA A PARTIR DEL TRATAMIENTO P4

Nombre	Max_Despl	Max_Esfuerzo	Max_Deformacion	Rotura_Carga	Rotura_Despl
Acep./Rech.			0, 0		
Unidades	mm	N/mm2	%	N	mm
TR1-3	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Media	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Desviación Estandar	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Maximo	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Mínimo	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Mediana	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Media JIS	18,0553	17,5866	27,6075	2,19750	18,0783
Coef.Variacion	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3 Sigma	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

ANEXO B: SOLUBILIDAD DE LAS FIBRAS

TABLA A.4. Solubilidad de las fibras

	Ácido acético	Acetona	Hipoclorito de sodio	Ácido clorhídrico	Ácido fórmico	1,4 dioxano	m-xileno	Ciclohexanona	Dimetil - formamida	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico	m-cresol	Ácido fluorhídrico
Concentración (%)	100	100	5	20	85	100	100	100	100	59,5	70	100	50
Temperatura (°C)	20	20	20	20	20	101	139	156	90	20	38	139	20
Tiempo (min)	5	5	20	10	5	5	5	5	10	20	20	5	20
Acetato	S	S	I	I	S	S	I	S	S	S	S	S	I
Acrílico	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I	I	P	I
Anidex	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Aramida	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Azion	I	I	S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Algodón y lino	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I	I
Vidrio	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S
Modacrílica	I	SE	I	I	I	SP	I	S	SP*	I	I	P	I
Novolid	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I**
Poliámid (Nylon)	I	I	I	S	S	I	I	I	N	S	S	S	I
Nitrilo	I	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I	SP	I
Olefina	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I	I	I	I
Poliéster	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I
Rayón	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I
Saran	I	I	I	I	I	S	S	S	S	I	I	I	I
Seda	I	I	S	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I
Spandex	I	I	I	I	I	I	I	I	S	SP	SP	SP	I
Teflon	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Vinal	I	I	I	S	S	I	I	I	I	S	S	I	I
Vinyon	I	S	I	I	I	S	S	S	S	I	I	S	I
Lana	I	I	S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

S = Soluble	SE = Soluble excepto para una fibra modacrílica caracterizada por baja inflamabilidad e inclusión de líquidos visible en su sección transversal
I = Insoluble	N = Nylon 6 es soluble, nylon 6/6 es insoluble
P = Forma masa plástica	* = Soluble a 20 °C sin masa plástica
SP = Soluble o forma una masa plástica	** = Novolid se torna rojo

**ANEXO C: COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS FIBRAS AL ESTAR EN EXPOSICIÓN
DIRECTA A LA LLAMA**

TABLA A.3. Reacción a la llama

	Se funde cerca de la llama	Se contrae y aleja de la llama	Arde con la llama	Se continúa quemando al retirar la llama	Apariencia de la ceniza
FIBRAS NATURALES					
Celulosa	No	No	Si	Si	Gris clara
Lana	Si	Si	Si	Lentamente	Irregular, negra
Seda	Si	Si	Si	Lentamente	Bolita negra y blanda
FIBRAS MINERALES					
Asbestos	No	No	No	No	Teñido de negro
Metálicas	Si	Si	No	No	Bolita metálica
Vidrio	Si	Lentamente	No	No	Bolita dura y clara
FIBRAS ARTIFICIALES					
Acetato	Si	Si	Si	Si	Bolita de forma irregular dura y negra
Caucho	Si	Si	Si	No	Masa Irregular
Rayón	No	No	Si	Si	Ninguna
FIBRAS SINTÉTICAS					
Aramida	No	Si	Si	No	Bolita dura y negra
Acrílico	Si	Si	Si	Si	Bolita de forma irregular dura y negra
Azlon					
Nitrilo					
Olefina	Si	Si	Si	Si	Bolita dura de color tostado
Vinal					
Poliámidas (Nylon)	Si	Si	Si	Si	Bolita redonda, dura y gris
Poliéster	Si	Si	Si	Si	Bolita redonda, dura y negra
Modacrílicas	Si	Si	Si	No	Bolita irregular, dura y negra
Saran					
Vinyon					
Spandex	Si	No	Si	Si	Esponjosa negra o gris
Anidex	Si	No	Si	Si	Bolita irregular negra y quebradiza
Novolid	No	No	Puntualmente	No	Carbón



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 12 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Karolayn Nataly – Matute Angamarca María de los Ángeles – Plaza Zamora
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2046-DBRA-UPT-2023

