



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA TEXTIL

TEMA:

ELABORACIÓN DE HILO CON FIBRAS OBTENIDAS DEL
PSEUDOTALLO DE LA PLANTA DE PLÁTANO “MUSA
PARADISIACA”

AUTORA: ROSERO CASTRO JESSICA MARISOL

DIRECTOR: MSc. ELSA SULAY MORA MUÑOZ

IBARRA-ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004175079		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rosero Castro Jessica Marisol		
DIRECCIÓN:	Pimampiro – Barrio San Isidro-Calle Oriental y Ayacucho		
E-MAIL:	jmroseroc1@utn.edu.ec		
TELEFONO FIJO	(06)3016072	TELÉFONO CELULAR	0985682938

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	ELABORACIÓN DE HILO CON FIBRAS OBTENIDAS DEL PSEUDOTALLO DE LA PLANTA DE PLÁTANO “MUSA PARADISIACA”		
AUTOR (ES):	Rosero Castro Jessica Marisol		
FECHA:	03 de Julio de 2023		
PROGRAMA:	PREGRADO	X	POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil		
ASESOR/DIRECTOR:	MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz		

2. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá a defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de Julio de 2023.

LA AUTORA

A handwritten signature in blue ink that reads "Jessica Rosero". The signature is stylized with a large, sweeping flourish over the name.

Rosero Castro Jessica Marisol

C.C 1004175079



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por la egresada **ROSERO CASTRO JESSICA MARISOL**, para obtener el título de **INGENIERA TEXTIL**, cuyo tema es, **ELABORACIÓN DE HILO CON FIBRAS OBTENIDAS DEL PSEUDOTALLO DE LA PLANTA DE PLÁTANO “MUSA PARADISIACA”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe:

Ibarra, a los 3 días del mes de Julio de 2023

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

Director

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, porque él es luz en mis días de tinieblas, por enseñarme que la vida es más llevadera con su presencia, que está llena de momentos inesperados, mismos que llegan en el tiempo perfecto.

A mis padres Erazmo Rosero y Ercila Castro, por ser mi motor y gran orgullo, mi fortaleza e inspiración para seguir adelante, han inculcado en mí, valores y principios y me han enseñado que las metas que uno se propone, con esfuerzo y dedicación siempre serán posibles a pesar de los obstáculos que se presenten en el camino, sé que su sacrificio no será en vano. A mi esposo Felipe Guerra por el apoyo incondicional, por su comprensión, por motivarme a concluir esta meta tan anhelada. A mis hermanos Viviana, Jairo, Ronald, Wilmer, Daniela por sus consejos, por estar siempre presentes y poner en mí ese voto de confianza para lograr mi objetivo.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes en el transcurso de mi formación tanto personal como profesional.

Jessica Marisol Rosero Castro

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme vida y salud, por permitirme cumplir este propósito en mi vida, a mis queridos padres por el apoyo incondicional, a mi esposo y hermanos por ser un pilar de apoyo en instantes difíciles, por no permitir que me rinda, y que con palabras de aliento y consejos me alentaron a seguir adelante.

Mis más sinceros agradecimientos a todos los docentes de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, por sus enseñanzas, por su paciencia y por compartir su aprendizaje y experiencias en las aulas para nutrirnos de nuevos conocimientos, a la MSc. Elsa Mora por guiarme en el desarrollo de este trabajo de investigación, por su paciencia y gran amistad.

Jessica Marisol Rosero Castro

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del tema.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Importancia del estudio.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Características del sitio del proyecto.....	4
CAPÍTULO II.....	5
ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1. Estudios previos.....	5
2.2. Marco legal.....	7
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador.....	7
2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	8
2.3. Marco Conceptual.....	9
2.3.1. Historia de la planta de plátano.....	9

2.3.2.	Usos de la fibra de plátano	9
2.3.3.	Planta de plátano.....	10
2.3.4.	Características de la planta de plátano.....	10
2.3.5.	Clasificación botánica del plátano	15
2.3.6.	Fibra de plátano	15
2.3.7.	Características de la fibra de plátano.....	16
2.3.8.	Propiedades.....	18
2.3.8.1.	Propiedades químicas y térmicas	18
2.3.8.2.	Propiedades físicas y mecánicas	18
2.3.9.	Métodos y obtención	19
2.3.9.1.	Métodos Físicos	20
2.3.9.2.	Métodos Biológicos	21
2.3.9.3.	Métodos Químicos	22
2.3.10.	Obtención de la fibra de plátano	24
2.3.10.1.	Tipos de fibra de plátano	26
2.3.11.	Hilos de la fibra de plátano	29
2.3.11.1.	Características generales del hilo.....	29
2.3.12.	Resistencia a la tracción.....	32
CAPÍTULO III		34
METODOLOGÍA.....		34
3.1.	Enfoque de la investigación	34
3.2.	Tipo de Investigación	34
3.3.	Flujograma General.....	34
3.4.	Flujograma Muestral	35
3.4.1.	Obtención de la Fibra de Plátano.....	35
3.4.2.	Selección de las calidades de las fibras de plátano.....	36
3.4.3.	Caracterización de la fibra.....	37

3.4.3.1.	Observación al microscopio.....	37
3.4.3.2.	Sección longitudinal y transversal	37
3.4.3.3.	Resistencia de las fibras calidad dura y suave	38
3.4.4.	Caracterización del pseudotallo.....	40
3.4.4.1.	Oxidación del pseudotallo.....	41
3.4.5.	Obtención de las capas de pseudotallo	42
3.4.5.1.	Medición y peso de la capa del pseudotallo.....	42
3.4.5.2.	Oxidación de las capas del pseudotallo	43
3.4.5.3.	Flujograma de la elaboración del hilo.....	43
3.5.	Norma ISO 2062:2009 Determinación de Resistencia a la Tracción y Elongación Hilo.	44
3.6.	Testeo de los hilos de fibra de plátano	44
3.7.	Equipos de laboratorio	45
3.7.1.	Dinamómetro	45
3.7.1.1.	Características del dinamómetro.....	46
3.7.2.	Torsiómetro	47
CAPÍTULO IV		48
RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....		48
4.1.	Obtención de las fibras de plátano	48
4.1.1.	Método de obtención de la fibra de plátano	49
4.1.2.	Eliminación de lignina y parte malla de la capa del pseudotallo.	50
4.2.	Clasificación de las fibras de plátano.....	51
4.3.	Elaboración del hilo	52
4.3.1.	Determinación de la torsión del hilo de plátano	54
4.3.2.	Determinación del título para el hilo de plátano.....	56
4.3.3.	Resistencia a la tracción y elongación	56
4.4.	Tabla general de datos.....	60

4.4.1. Título de los hilos	60
4.4.2. Torsiones por metro.....	61
4.5. Evaluación de resultados	61
4.5.1. Test de normalidad	61
4.5.2. Discusión de resultados	62
CAPÍTULO V	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características del Sitio del Proyecto	4
Figura 2. Partes de la Planta de Plátano.....	11
Figura 3. Hojas de la musa paradisiaca	11
Figura 4. Flor de la Planta del Plátano.....	12
Figura 5. Fruto de la planta de Plátano	12
Figura 6. Pseudotallo del Plátano	13
Figura 7. Clasificación de los Métodos de Extracción	20
Figura 8. Fibras Obtenidas Mediante los Métodos, Físicos, Químico y Biológico.....	24
Figura 9. Corte del Pseudotallo del Plátano	25
Figura 10. Desfibrado del Pseudotallo del Plátano.....	25
Figura 11. Extracción de la Fibra de Plátano	26
Figura 12. Secado de la Fibra de Plátano	26
Figura 13. Fibra de Plátano de Tipo Suave	27
Figura 14. Fibra de Plátano Tipo Dura	27
Figura 15. Fibra de Plátano Tipo Malla.....	28
Figura 16. Fibra de Plátano de Tipo Pelo	28
Figura 17. Fibra de plátano.....	29
Figura 18. Flujograma General del Proceso	35
Figura 19. Proceso de Obtención de la Fibra de Plátano.....	36
Figura 20. Fibra de Plátano	36
Figura 21. Obtención de la Fibra de Plátano	37
Figura 22. Sección Longitudinal y transversal de la fibra dura.....	37
Figura 23. Sección longitudinal y transversal de la fibra suave	38
Figura 24. Pseudotallo de la planta del plátano, un día de corte	41
Figura 25. Oxidación del pseudotallo.....	41
Figura 26. Obtención de las capas del pseudotallo.....	42
Figura 27. Medición de la capa del pseudotallo	42
Figura 28. Oxidación de las capas del pseudotallo.....	43
Figura 29. Vista en el Microscopio de la Fibra de Plátano	44
Figura 30. Proceso para Análisis de los Hilos en el Laboratorio	45
Figura 31. Dinamómetro	46
Figura 32. Torsiómetro.....	47

Figura 33. Estado adecuado de las capas para extraer la fibra.	48
Figura 34. Método artesanal (Obtención de la fibra).....	49
Figura 35. Obtención de la fibra de plátano	49
Figura 36. Eliminación de la lignina	50
Figura 37. Vista de la parte malla.....	50
Figura 38. Obtención de las primeras capas del pseudotallo.....	51
Figura 39. Capas para obtener la fibra suave	51
Figura 40. Clasificación de fibras.....	52
Figura 41. Hilo de fibra de plátano.....	53
Figura 42. Proceso de escarmenado de las fibras	53
Figura 43. Hilo irregular	54
Figura 44. Determinación de torsiones del hilo de plátano	55
Figura 45. Ensayo de resistencia a la tracción.....	56
Figura 46. Hilo con rotura por acción de fuerza.....	58
Figura 47. Norma ISO 2062:2009 Resistencia a la tracción y elongación, hilo plátano....	59
Figura 48. Test de normalidad del ensayo	61
Figura 49. Test de varianza del ensayo	62
Figura 50. Resistencia a la tracción del hilo de plátano y abacá	63
Figura 51. Resistencia a la tracción de la fibra de plátano	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Líneas de Investigación	8
Tabla 2. Características Físicas del Pseudotallo del Plátano	14
Tabla 3. Características Químicas del Pseudotallo.....	14
Tabla 4. Distribución de Peso de una Planta de Plátano	15
Tabla 5. Porcentajes de Residuos de la Planta de Plátano.....	16
Tabla 6. Características Físicas de la Fibra de Plátano.....	17
Tabla 7. Composición Química del Pseudotallo de Plátano.....	18
Tabla 8. Propiedades Químicas y Térmicas de la Fibra de Plátano	18
Tabla 9. Características Físicas y Mecánicas de la Fibra de Plátano	19
Tabla 10. Comparación Cualitativa de los Métodos de Extracción	23
Tabla 11. Influencia de la Torsión en los Hilos.....	32
Tabla 12. Resistencia a la tracción, fibra calidad dura	39
Tabla 13. Resistencia a la tracción, fibra calidad suave	40
Tabla 14. Características del Dinamómetro	46
Tabla 15. Torsiones por metro del hilo de plátano	54
Tabla 16. Torsiones por metro del hilo de abacá.....	55
Tabla 17. Determinación del título del hilo de plátano	56
Tabla 18. Detalle del ensayo de resistencia a la tracción	57
Tabla 19. Resistencia a la tracción y elongación del hilo de plátano	58
Tabla 20. Resistencia a la tracción y elongación del hilo de abacá.....	59
Tabla 21. Tabla general de datos	60
Tabla 22. Datos obtenidos de los ensayos	63
Tabla 23. Datos obtenidos de la resistencia a la tracción de la fibra	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Obtención del pseudotallo de la planta del plátano</i>	71
Anexo 2. Obtención de las capas del pseudotallo del plátano.....	71
Anexo 3. Medición de longitud y peso de la capa del pseudotallo	72
Anexo 4. Eliminación de lignina de la capa del pseudotallo.....	72
Anexo 5. Vista de la parte malla de la capa del pseudotallo	72
Anexo 6. Obtención de la fibra de plátano mediante el método artesanal	73
Anexo 7. Secado de la fibra de plátano	73
Anexo 8. Vista al microscopio de la fibra de plátano.....	73
Anexo 9. Oxidación del pseudotallo del plátano.....	74
Anexo 10. Oxidación de las capas del pseudotallo	74
Anexo 11. Diferencia de secado de las capas del pseudotallo.....	74
Anexo 12. Determinación de las torsiones del hilo de plátano	75
Anexo 13. Hilo de plátano sin torsiones.....	75
Anexo 14. Ensayo de resistencia a la tracción.....	75
Anexo 15. Rotura del hilo de plátano en el dinamómetro	76
Anexo 16. Valor del peso del hilo de plátano para cálculo del título.....	76
Anexo 17. Análisis de los datos del hilo de plátano y abacá.....	77

RESUMEN

La presente investigación se basa en la elaboración del hilo con fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de plátano (*Musa paradisiaca*), se evalúa la resistencia a la tracción y elongación, mediante la norma ISO 2062:2009 en el dinamómetro James Heal 5 Modelo 1410 de la Carrera de Textiles.

Para el desarrollo de este estudio se procede a la obtención de la materia prima que proviene del pseudotallo, mediante el proceso artesanal: primeramente se selecciona el falso tallo que esté maduro, se efectúa el corte, asegurándose que sea limpio y recto para facilitar el proceso de obtención de la fibra, luego se separa las capas (vainas foliares) para la extracción de la materia prima, se elimina la hemicelulosa y la lignina raspando suavemente con la ayuda de un racla de madera a lo largo de la capa del pseudotallo para desprender las fibras sin romperlas. A continuación, se realiza el secado a temperatura ambiente de 21°C y 64% HR bajo sombra, se obtienen dos calidades que son: calidad dura y suave. Para el proceso del hilado se realiza la limpieza (escarmenado) para eliminar cualquier residuo de pulpa. Para formar el hilo se emplea un huso, se toma una cantidad de fibras y se extiende suavemente para alinear las hebras y proporcionarle torsión, obteniendo el hilo con un título de 0.82 Nm con 68 T/m. Posteriormente se realiza el análisis de la resistencia a la tracción y elongación, obteniendo una resistencia de 349,55 N y % de elongación de 8,07.

Los datos obtenidos son sometidos a un análisis en el software estadístico PAST 4, para comprobar la confiabilidad del estudio, obteniendo un p valor > 0.05 , considerando un 95% de confiabilidad de los datos de la resistencia a la tracción y elongación.

Palabras clave: Fibra de plátano, hilo de plátano, método, obtención, pseudotallo.

ABSTRACT

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
EMPRESA PÚBLICA "LA UEMEPRENDE E.P."



ABSTRACT

This research was based on the elaboration of yarn with fibers obtained from the pseudo stem of the banana plant (*Musa paradisiaca*); tensile strength and elongation were evaluated using the ISO 2062:2009 standard on the James Heal 5 Model 1410 dynamometer of the Textile Major.

For the development of this study, the raw material from the pseudo stem was obtained through the artisanal process: firstly, the false stalk that is ripe was selected, and the cut was made, making sure it was clean and straight to facilitate the process of obtaining the fiber; then the layers (leaf sheaths) were separated for the extraction of the raw material; hemicellulose and lignin were removed by gently scraping along the pseudo stem layer with a wooden scraper to loosen the fibers without breaking them. After that, drying was carried out at room temperature of 21°C and 64% RH under shade. Two qualities were obtained: hard and soft quality. For the spinning process, cleaning (scarfing) was performed to remove any pulp residue. A spindle was used to form the thread; a number of fibers were taken and gently spread to align the strands and provide a twist, obtaining the yarn with a heading of 0.82 Nm with 68 T/m. Subsequently, the tensile strength and elongation analysis was performed, obtaining a resistance of 349.55 N and an elongation % of 8.07.

The data obtained were subjected to analysis in PAST 4 statistical software, to check the reliability of the study, obtaining a p-value > 0.05, considering a 95% reliability of the tensile strength and elongation data.

Keywords: banana fiber, banana yarn, method, obtaining, pseudo stem.

Reviewed by
MSc. Luis Paspuezán Soto
CAPACITADOR-CAI
Julio 03, 2023

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del tema

En la actualidad la industria textil debe crear conciencia en los consumidores sobre los beneficios de las fibras naturales y fomentar la preferencia por productos biodegradables, se puede generar una mayor demanda de artículos con fibras naturales, lo que a su vez motivará a la industria a adoptar prácticas más sostenibles. Hay que destacar el hecho de que las fibras naturales son renovables y tienen menor impacto ambiental puede incentivar a las personas a elegir productos textiles beneficioso para el medio ambiente.

El uso desenfrenado de materia sintética en el sector textil, ha provocado un gran impacto ambiental a nivel global, debido al uso de químicos en los diferentes procesos, generalmente en la obtención de materia prima, las industrias optan por la producción y elaboración de artículos de fácil acceso, no comprenden el daño que causan al consumir productos tóxicos, que al ser liberados al ambiente causan grandes inconvenientes, como también los elementos sintéticos y los artículos que se elaboran con ellos, mismos que duran años en degradarse. Por ello se ve la necesidad de buscar nuevas alternativas para reducir la producción de estos materiales y optar por el reemplazo de lo sintético. El escaso aprovechamiento de recursos naturales, debido al desconocimiento de sus propiedades, hace que el sector textil prefiera adquirir géneros que tienen procesos y comercialización ya establecido en el mercado, sin tomar en cuenta el efecto negativo que ocasionan.

La producción de textiles requiere de grandes cantidades de agua y al terminar su uso presenta agentes tóxicos, por la amplia gama de productos químicos empleados en los procesos, por lo que la industria es altamente contaminante. Tomar conciencia es lo que lleva a los textiles a buscar nuevas opciones que se puedan potenciar e implementar en la elaboración de géneros, tomando conciencia ecológica, para su uso e innovar sin afectar al medio ambiente.

La fibra de plátano "*Musa paradisiaca*" se la obtiene del aprovechamiento del pseudotallo del plátano, al concluir la cosecha del fruto, los tallos son desechados a terrenos baldíos, quebradas y en la mayoría de casos transportado a incineradoras, generando más contaminación al ambiente. Para potenciar su uso es necesario conocer las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y elongación de fibras e hilos (Subagyo & Chafidz, 2018).

En la presente investigación, se analiza el método de obtención, elaboración del hilo, para fortalecer el conocimiento acerca de la importancia de la fibra de plátano y los artículos que se pueden elaborar con ella, para impulsar nuevos proyectos que contribuyan al desarrollo de la industria textil.

1.2. Antecedentes

Las fibras textiles tradicionales derivadas del pseudotallo de plátano no son tan conocidas ni utilizadas a gran escala como otras fibras naturales, como el algodón o el lino, existen antecedentes de su uso textil en diferentes culturas. La materia prima obtenida de la planta de plátano ha ganado popularidad en los últimos años debido a su sostenibilidad y sus propiedades beneficiosas. Al utilizar este producto se fomenta el uso eficiente de los recursos y se reduce la generación de residuos, lo que la convierte en una opción atractiva para diversas industrias y en especial a la textilería.

La fibra se obtiene a partir del tallo de la planta que pertenece a la familia de las Musáceas. Los plátanos son una fuente importante de alimento en muchas partes del mundo y la materia textil que se obtiene es un subproducto utilizado con fines diversos como:

Industria de la construcción: Se utiliza en la fabricación de paneles y materiales de construcción como tejas. Se mezcla con aglutinantes naturales como la arcilla o yeso, para crear paneles, que se emplean en la construcción de paredes, techos y muebles. Estos compartimientos son livianos, resistentes y tienen propiedades aislantes (Pedraza Abril, 2019).

Papel y embalaje: Se puede utilizar en la fabricación de papel y productos de embalaje. Las fibras finas y resistentes se mezclan con pulpa de madera y otros componentes celulósicos para producir papel ecológico y biodegradable (Mazzeo Meneses et al., 2010). También se emplea para la elaboración de envases y bolsas sostenibles, ya que es una alternativa amigable con el medio ambiente en comparación con los plásticos convencionales.

Artesanías: Se utiliza la materia prima en la elaboración de productos como: bolsos, sombreros, artículos de decoración, generalmente se producen en las organizaciones enfocadas en el sustento de las familias involucradas (Torres Guzmán, 2013).

Muebles: Principalmente se utiliza en la producción de muebles de descanso destinados al área de hotelería, mediante el uso de materiales compuestos (Tinajero Moreano, 2018).

Su aplicación a gran escala en la industria textil es limitada. Sin embargo, con un enfoque en la sostenibilidad y la búsqueda de alternativas más ecológicas, es posible que estas fibras encuentren un mayor reconocimiento y adopción en el futuro.

1.3. Importancia del estudio

La importancia de la obtención de la fibra y del hilo de plátano tiene varias razones:

Sostenibilidad: Es un recurso natural renovable y biodegradable. Utilizar esta materia prima en la industria textil puede reducir la dependencia de materiales sintéticos derivados del petróleo, lo que ayuda a disminuir el impacto ambiental.

Valorización de residuos agrícolas: La materia prima que se extrae de la planta de plátano, permite encontrar usos alternativos para los residuos generados por la industria bananera. Aprovechar estos residuos como materia prima para la producción de fibras textiles implica una gestión más eficiente de los recursos y una reducción de residuos agrícolas.

Beneficios económicos: La producción y comercialización de productos textiles a base del pseudotallo de plátano puede generar oportunidades económicas para las comunidades agrícolas y los países productores de plátano. Esto puede diversificar las fuentes de ingresos y mejorar las condiciones económicas de las regiones involucradas.

Propiedades textiles: Presenta características interesantes para su uso, puede ser mezclada con otros materiales para mejorar sus propiedades. Además, es resistente y puede teñirse fácilmente, lo que la hace adecuada para diferentes aplicaciones en la industria textil.

Innovación y desarrollo: El estudio de la fibra de plátano fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con su procesamiento y aplicación en textiles. Esto impulsa la innovación en la industria y abre nuevas oportunidades para la creación de productos sostenibles y de alta calidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Elaborar hilo con fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de plátano “Musa Paradisiaca”

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar la fundamentación teórica acerca de la fibra de plátano, obtención, proceso de hilado y características de los hilos.

- Obtener fibras de plátano mediante el método artesanal, clasificándolas de acuerdo con las diferentes calidades.
- Elaborar hilo con la calidad fibra dura y fibra suave, obtenidas del pseudotallo del plátano, a nivel de laboratorio.
- Evaluar la resistencia a la tracción y elongación del hilo obtenido de la fibra de plátano del pseudotallo, mediante la Norma ISO 2062:2009.

1.5. Características del sitio del proyecto.

El presente estudio pretende buscar nuevas alternativas para la industria textil, debido al gran auge de los artículos sintéticos, aunque ofrecen ciertas ventajas en términos de durabilidad, resistencia y fácil de cuidado, también pueden causar impactos negativos en el medio ambiente.

La investigación se desarrolla a partir de la obtención de las fibras de plátano, clasificándolas de acuerdo con su calidad; luego se procede a la elaboración del hilo en un taller artesanal en la localidad de San Roque provincia de Imbabura y posteriormente realizar el análisis de la resistencia a la tracción y elongación de acuerdo con la Norma ISO 2062:2009. El producto obtenido se analiza en el laboratorio en la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte ubicada en la ciudad de Ibarra, en donde se obtuvo valores de resistencia a la tracción y elongación.

Figura 1.

Características del Sitio del Proyecto



Fuente: (Google Maps, 2022).

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1. Estudios previos

Con el pasar del tiempo y la presencia de nuevas necesidades dentro de la población y el excesivo uso de recursos naturales no renovables, nace la necesidad de indagar alternativas e ideas, con el fin de generar artículos ecológicos, esto para no generar cantidades de basura y caudales contaminados que afectan al ecosistema.

Ecuador, al ser un principal exportador de banano a diferentes países, al final de cada producción del cultivo genera desperdicios, los mismos que pueden tener una segunda oportunidad de uso en diferentes industrias, tales como: los textiles, industria automovilística, la industria de la construcción (Tualombo Perdomo, 2015).

Al realizar una comparación entre elementos sintéticos y naturales, estas últimas ofrecen algunas ventajas como: bajo costo de producción, bajo peso, mejores acabados superficiales, tardan poco tiempo en degradarse, característica importante que se debe tomar en cuenta en la actualidad; como también se las puede encontrar con facilidad en el entorno y tomando en cuenta todos estos aspectos, se ha motivado su uso y aplicación en sectores que buscan innovar procesos y productos.

Mencionando algunas aplicaciones donde se emplea géneros biodegradables, está el refuerzo de materiales compuestos, donde, aprovechando ciertas propiedades y al combinar con otros productos, se obtiene artículos mejorados. Dentro de este campo de investigación se conoce la utilización de elementos de origen vegetal como el yute, kenaf, cáñamo, lino y ramio dentro de la industria automovilística, para conseguir el reemplazo de las fibras de vidrio y aramida (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

En las últimas décadas el uso de materia prima de origen natural, para el refuerzo de biocomposites se ha vuelto un tema interesante y por tanto se ha extendido considerablemente a través de los años y sigue progresando, pues cada día se relaciona la evolución, la investigación, con razones medioambientales y también la necesidad de reducir costos de producción de los materiales compuestos (Rahhali et al., 2016). “La fibra de plátano tiene aplicaciones en el refuerzo de compuestos. Por ejemplo, la adición de un 10 % de esta materia a un compuesto de PVC produce un aumento en la resistencia a la tracción para el compuesto final” (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

En consecuencia, debido a los cambios y tendencias, los investigadores y empresarios buscan nuevos elementos para estudiarlos y lograr encontrar un proceso y un producto que favorezca las necesidades de la sociedad, como es el caso de la fibra de plátano, que ha logrado llamar la atención de investigadores ya que su origen es natural-vegetal, misma que proviene de los residuos agrícolas de las plantaciones de banano y por tanto se convierte en una opción amigable con el ambiente al ser utilizada como hilo, refuerzo, producción de papel, entre otros productos (Tapia et al., 2006). El pseudotallo de la planta de plátano, posee principales componentes, como: celulosa, lignina y hemicelulosa. Para analizar sus posibles usos en la elaboración de productos, se toma en cuenta algunas propiedades mecánicas como: resistencia a la tracción y elongación, flexión, elasticidad. En algunas investigaciones se ha llegado a la conclusión que se usa para la elaboración de empaques de alta resistencia, artesanías, papel de impresión y también materiales compuestos (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

La India se destaca como uno de los principales productores y exportadores de algodón a nivel mundial y en los últimos años se ha presentado una dificultad, esto por la gran cantidad de agua que se emplea en el cultivo y procesos, por tal se buscan alternativas aprovechando los pseudotallo del plátano, ya que el país es un gran productor y exportador de banano; también estudian la extracción de material textil que se obtengan de desechos o de plantas que se cultiven con el mínimo uso de pesticidas y de recursos para que la obtención sea menos costosa que otras (Chandrasekhar, 2019).

La India y Filipinas son países que han mostrado interés por el estudio y desarrollo de fibras naturales y a partir de ello nacen algunas organizaciones o grupos que se dedican a la creación de nuevos artículos de recursos ecológicos, evitando en un gran porcentaje los sintéticos, en su mayoría haciendo referencia al uso de tejidos para indumentaria, accesorios, artículos para decoración de interiores. Los productos textiles realizados con fibra de plátano se combinan con otros materiales como algodón, fibra de piña, seda cruda, la mezcla se la realiza con el fin de aportar mayor resistencia, mejorar la manipulación de la materia, para adaptarse a diferentes necesidades en la industria textil (Chiappe, 2019).

Es importante tener en cuenta los métodos de obtención de la fibra de plátano pueden variar según la región, las técnicas utilizadas, método de obtención. Aunque no existen diferencias inherentes en la calidad, entre los métodos de extracción, hay aspectos relacionados con el procesamiento y la limpieza que pueden influir en la calidad final. Estos aspectos pueden variar dependiendo de la experiencia del productor, los recursos disponibles y los estándares de

producción aplicados. Los hilos deben poseer ciertas características para ser considerados de buena calidad y adecuados para su uso en la industria textil. Algunas de las características que se buscan en los hilos de fibra de plátano son:

Resistencia: Los hilos deben tener una buena resistencia para garantizar su durabilidad y capacidad de soportar la tensión y el desgaste durante su uso. La resistencia del hilo está relacionada con la calidad de la fibra y su estructura interna.

Flexibilidad: Los hilos de fibra de plátano deben ser lo suficientemente flexibles para permitir su manipulación durante el proceso de tejido. Una buena flexibilidad facilita la manipulación del hilo y asegura una mayor comodidad durante la confección de prendas o la producción de textiles.

Suavidad y uniformidad: Aunque la fibra de plátano puede tener una textura naturalmente más rígida en comparación con otras fibras, se busca obtener hilos que sean lo más suaves posible. Los hilos de fibra de plátano deben tener una uniformidad en su grosor y estructura para asegurar una apariencia homogénea en los textiles. Una buena uniformidad garantiza una distribución equitativa de las fibras y un aspecto estéticamente agradable en el tejido final.

Buena torsión: La torsión adecuada del hilo es esencial para garantizar su resistencia y evitar que se deshile durante el uso, deben poseer una torsión adecuada para asegurar una buena cohesión y resistencia en el tejido final.

Compatibilidad con otros hilos: Si se planea mezclar la fibra de plátano con otros tipos de hilos, es importante que sean compatibles en términos de torsión, resistencia y apariencia. Esto asegura una buena coherencia en la estructura del tejido final.

A continuación, se presenta algunos estudios con sus respectivas resistencias, los mismos que ya se encuentran en el ámbito textil por mucho tiempo y permanecen ahí, brindando materia para la elaboración de artículos. El algodón posee una resistencia de 645.14 cN, el poliéster de 1203.6 cN, el hilo conductor de 1288,86, cabe mencionar que la resistencia puede variar dependiendo el título, torsiones del hilo, como también los tratamientos que se le han brindado en su proceso de elaboración (Rosero Rodríguez, 2018).

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) menciona que:

“Una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el Sumak Kawsay; una sociedad que respeta, en todas sus dimensiones, la dignidad de las personas y las colectividades” (pág.08).

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Dentro de la Universidad Técnica del Norte se encuentra el Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica (CUICYT), donde este organismo tiene como objetivo principal formular e impulsar políticas de investigación científica y tecnológica con el fin de sistematizar la investigación de pregrado y posgrado para contribuir al desarrollo de la sociedad, y donde los proyectos de investigación deben estar relacionados con las siguientes líneas de investigación vigentes y aprobadas por el Honorable Consejo Universitario mismas que se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1.

Líneas de Investigación

Líneas de Investigación
1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible
2. Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
3. Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
4. Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
5. Salud y Bienestar Integral
6. Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas
7. Desarrollo Artístico, diseño y publicidad
8. Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
9. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico
10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2022).

La presente investigación se basa en la línea de investigación 9, ya que busca mejorar e innovar con productos sostenibles a nivel de laboratorio para que en un futuro se pueda

implementar el proceso dentro de una producción industrial y como también generar desarrollo socioeconómico.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Historia de la planta de plátano

Basándose en algunos estudios, se conoce que la planta de plátano es una de las plantas más antiguas del mundo, sus primeras huellas remontan alrededor de hace tres mil años, en algunos escritos de origen chino se lo conoce como la “fruta de los hombres sabios” (*musa sapiens*), debido a que es un alimento que contiene algunas características nutricionales (Tinajero Moreano, 2018).

El plátano tiene su origen en el sudeste de Asia, en esta región se desarrollaron las diversas variedades que se cultivan en todo el mundo. A lo largo de los siglos, se propagó a través de rutas comerciales y colonizaciones, incluyendo América. El cultivo se originó en las zonas tropicales del sudeste de Asia. Se cree que sus orígenes se encuentran en regiones como el noreste de India, el sur de China, Myanmar y las islas circundantes del Pacífico occidental. Estas áreas tropicales ofrecen condiciones climáticas y edáficas favorables para el crecimiento y desarrollo del plátano. Requiere temperaturas cálidas y constantes, generalmente entre 25 y 30 °C, y un clima húmedo con una precipitación anual adecuada, preferiblemente superior a los 1500 mm. Dado que el plátano es nativo de estas zonas tropicales, ha sido cultivado y consumido en Asia durante miles de años. Sin embargo, a lo largo de la historia, el cultivo se ha expandido a otras regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, como América Central y del Sur, el Caribe, África, Australia y algunas partes de Europa. Cada una de estas regiones tiene condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo del plátano, aunque las variedades cultivadas pueden variar según la región. Fray Tomás de Berlanga, el descubridor de las islas Galápagos trajo esta planta desde República Dominicana y desde allí se dispersó por el continente hasta llegar a Ecuador” (Tinajero Moreano 2018).

2.3.2. Usos de la fibra de plátano

En Ecuador, especialmente en la región de Manabí, se ha desarrollado una industria artesanal basada en el uso del pseudotallo de plátano para la fabricación de productos textiles, se recolectan después de la cosecha de los racimos de plátano y se someten a un proceso de desfibrado y tratamiento para obtener las fibras utilizadas en la producción textil. Estas fibras se utilizan para tejer diversos productos, como sombreros, cestas, bolsos, tapetes y otros

artículos de artesanía. La industria del pseudotallo de plátano en Ecuador no solo proporciona oportunidades económicas para las comunidades locales, sino que también promueve la sostenibilidad y el uso de materiales naturales y renovables. Además, se reduce los residuos agrícolas y promueve la valorización de los recursos disponibles (Tinajero Moreano, 2018).

2.3.3. Planta de plátano

El plátano es una planta herbácea, es decir, no posee un tallo leñoso, por lo que forma parte de la familia de las Musáceas, especie *Musa paradisiaca*. Su morfología se compone de un pseudotallo o falso tallo que puede alcanzar una longitud de 9 m y un diámetro de 0.4 m, se forma de varias capas o vainas foliares, que conservan la suficiente resistencia para mantener a la planta en posición vertical y en las capas es donde se encuentra la fibra (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

Según Pedraza Abril (2019) menciona que:

La planta de plátano también se la denomina una hierba perenne de gran tamaño, ya que las plantas de esta especie no desarrollan un tallo leñoso y se la considera una hierva ya que sus hojas o partes aéreas una vez que terminan su ciclo de producción estas caen al suelo, así mismo es una planta perenne puesto que de la base la planta surge un brote hijo, que es el que reemplaza al brote principal llamado madre, que es el tronco no leñoso pero en realidad lleva el nombre de pseudotallo (pág.38).

También al plátano se le conoce con algunos nombres como: banano, cambur, topocho o guineo, mismos que agrupan a cierto número de plantas herbáceas del género *Musa*. Generalmente el banano produce frutos en forma de racimos mismos que pueden contener alrededor de 30 a 70 unidades y en pocas ocasiones llegar a tener 100 unidades y mantener un peso alrededor de 50 kg, un característico color amarillo cuando se encuentra en la etapa de madurez, es carnosos, dulce y rico en carbohidratos, potasio, vitamina A y C (Abad Barahona et al., 2012).

2.3.4. Características de la planta de plátano

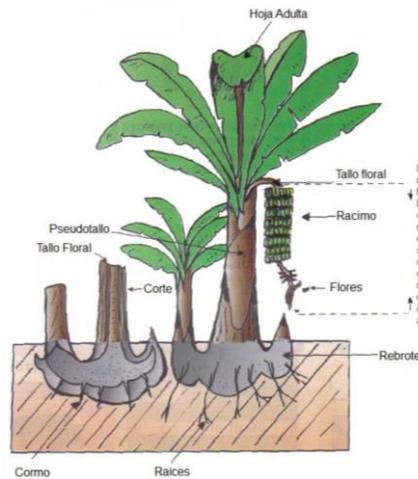
Según Carchi Maurat (2014) menciona que:

Es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia de las Musáceas. Tiene diversas características que la distinguen. Generalmente la planta del banano llega a medir de 2 a 5 m, como también puede alcanzar una altura de 8m incluyendo las hojas. Las partes de la platanera

son: las hojas, fruto, raquis, bellota y pseudotallo. Las plantas de banano poseen un sistema radicular formado por un eje, aquí se producen las raíces primarias y a partir de estas se desarrollan otras secundarias. (pág, 28 y 29).

Figura 2.

Partes de la Planta de Plátano



Fuente: (Carchi Maurat, 2014)

a) Hojas

“Las hojas están compuestas por un sistema foliar, y están conformadas por: las vainas foliares, las cuales se origina en el corno de la planta” (Delgado Loor, 2019). Las hojas generalmente son de gran tamaño y mantienen una disposición en forma de espiral alrededor de 2 a 4 metros de largo y alrededor de 50 cm de ancho, y son muy débiles en su parte final por lo que tienden a romperse fácilmente a causa del viento (Tinajero Moreano, 2018).

Figura 3.

Hojas de la musa paradisiaca



Fuente: El Autor.

b) Flores

Se producen durante la inflorescencia, que es el proceso donde aparecen las flores que con el pasar del tiempo se convierten en frutos, emergen o crecen en la parte alta de la planta, nace desde el rizoma y crece por el centro del pseudotallo en forma de espiga, el rizoma es el tallo subterráneo de la planta ya que crece debajo de la tierra, las flores nacen y alrededor de ellas se forma como una protección unas gruesas brácteas de color púrpura que luego caen para que forme el fruto (Delgado Loor, 2019).

Figura 4.

Flor de la Planta del Plátano



Fuente: (Manrique Carvajal & Rivera Galvis, 2012).

c) Fruto

Es oblongo, es decir es más largo que ancho y durante el crecimiento este tiende a doblarse geométricamente, y según su peso hace que el péndulo se doble y este efecto ayuda a la formación del racimo, mismo que puede tardar alrededor de 80 a 180 días en desarrollarse.

Figura 5.

Fruto de la planta de Plátano



Fuente: El Autor

d) Raquis

Según Pedraza Abril (2019) menciona que:

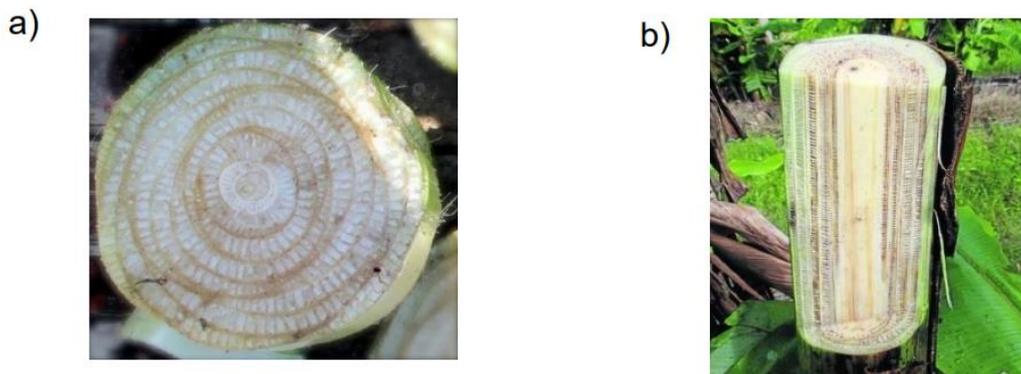
Es el pequeño tallo que tiene como principal función ser el soporte, primeramente de la inflorescencia y del fruto, el raquis puede estar cubierto por brácteas (hojas que protegen al raquis), además posee algunas cicatrices indicadoras donde están unidas las brácteas, que se denominan módulos (pág.39).

e) Pseudotallo

Es un falso tallo que se forma por un conjunto de cacetas o vainas foliares que se encuentran superpuestas y apretadas entre sí, en forma de espiral, su principal función es sostener el racimo que tiene un peso aproximado de 50 Kg y es la parte más resistente de la planta. Tiene una estructura carnosa formada principalmente por agua, cumple con la función de absorber la humedad y distribuirla por toda la planta. Cuando el pseudotallo se encuentra en la etapa de crecimiento mantiene un color blanco, pero al mantener el contacto con la luz solar se torna a un color verde-amarillento, su aspecto es brillante con pigmentaciones de color marrón. Por cada planta crecen de 4 a 5 hijos, que durante el ciclo de cultivo solo producen una vez (Delgado Loo, 2019).

Figura 6.

Pseudotallo del Plátano



Nota. En las siguientes figuras se puede observar: a) Vista transversal del corte del pseudotallo del plátano; b) Vista vertical del corte del pseudotallo. **Fuente:** (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021)

Características Físicas del Pseudotallo

Las variaciones en estas características dependen de la variedad de plátano y las condiciones de cultivo. En la Tabla 2, se enumeran algunas de ellas.

Tabla 2.

Características Físicas del Pseudotallo del Plátano

Parámetro	Rango del pseudotallo
Altura	2-5 m
Diámetro	40-60 cm
Peso (Aproximado)	21,5-40 kg

Fuente: Adaptada de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Características Químicas del Pseudotallo

La composición química del pseudotallo de plátano puede variar dependiendo de varios factores, como la variedad, el estado de madurez y las condiciones de crecimiento. Además, las proporciones de estos componentes pueden influir en las características físicas y las propiedades textiles.

Tabla 3.

Características Químicas del Pseudotallo

Parámetro	Pseudotallo de Plátano (%)
Humedad	15,86-96,7
Celulosa	30-60
Hemicelulosa	15-30
Lignina	15-20
Cenizas	10,7

Fuente: Adaptada de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Según Hernández Balcázar (2020) menciona que:

El pseudotallo de banano es considerado materia prima de papel, cuerdas, redes de pesca, refuerzos estructurales, fibras textiles, entre otros. Para calcular el volumen del desecho se debe tener en cuenta que una planta de banano al momento de su cosecha tiene un peso

aproximado de 100 kg, tal como se puede observar en la Tabla 4 los cuales están divididos de la siguiente manera (pág. 33).

Tabla 4.

Distribución de Peso de una Planta de Plátano

Distribución de peso de una planta de banano			
Peso (kg)	Hojas y Raquis	Pseudotallo	Fruto
	17	50	33

Fuente: Adaptado de (Hernández Balcázar, 2020).

2.3.5. Clasificación botánica del plátano

Según algunas fuentes, una de las variedades de mayor producción de banano en el Ecuador es la *Musa cavendishi*, posee alrededor del 70% de los cultivos en el país, los frutos obtenidos de esta variedad se consumen directamente. A lo largo del tiempo se han conocido algunas variedades de plátano, entre las más conocidas es la banana de color rosada y enana que se le conoce como Curraré; también hay la variedad conocida como Lacatán o *Musa acuminata*, esta tiene la capacidad de resistencia a una fusariosis y su fruto mantiene una característica ya que es aplastado por el extremo; una variedad que soporta mayormente el maltrato del transporte es la Gros Michel o también banano de seda, su color es verde amarillo; y la variedad de banana que es de aspecto enano, un característico color amarillo y pulpa blanda, es la Cavendish.

La variedad de plátano de menor producción en el país es la *musa paradisiaca*, ya que se encuentran cultivos de alrededor del 30% en el territorio ecuatoriano, sus frutos son comestibles después de ser sometidos a procesos de cocción o asado, que en algunas zonas del país se le conoce con el nombre de verde, se podría decir que estos son los verdaderos plátanos llamados así en España (Tinajero Moreano, 2018). “Destacan varios tipos de la variedad Cavendish en el país como el Lacatan o Filipino, Poyo, Valery, Robusta, Giant Cavendish, Cavendish Enano y Grand Nain” (Carchi Maurat, 2014).

2.3.6. Fibra de plátano

La industria textil tanto a nivel nacional como a nivel mundial se ve en la necesidad de innovar, buscar nuevos materiales textiles, que sean económicos y que brinden las mismas propiedades que las ya existentes en el mercado, tomando como base los procesos ya estudiados

y que a partir de los mismos tener la posibilidad de obtener fibras de origen natural-vegetal, como por ejemplo la fibra de plátano, que recientemente se encuentra en el mercado y que en algunos países ya se la emplea para la producción de artículos textiles, considerándola como alternativa para reemplazar los géneros de origen sintético y artificial, que por sus procesos contribuyen a la contaminación.

El porcentaje de residuos del pseudotallo puede variar dependiendo del método de cosecha y procesamiento utilizado, así como de las prácticas de gestión de residuos en diferentes regiones, como se observa en la Tabla 5. En nuestro país se la destina principalmente al uso artesanal, en otros países se ha elaborado hilos, tejidos e inclusive algunas prendas, accesorios, cortinas y muebles, esto demuestra que es apropiada para el uso dentro del campo textil (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

La fibra de plátano, el sisal y el abacá son fibras naturales con diferentes características y aplicaciones. Cada una tiene su propia resistencia, textura y origen, lo que las hace adecuadas para diferentes usos en la industria textil y otros sectores, hoy en día en el país no se explota al 100%, solamente a un nivel artesanal, pero puede ser procesada y así obtener un material textil funcional en la industria, para obtener hilos, tejidos y muchos productos más, que en otros países ya se están elaborando (Subagyo & Chafidz, 2018).

Tabla 5.
Porcentajes de Residuos de la Planta de Plátano

Análisis	Hojas (%)	Pseudotallo (%)	Raquis (%)
Cenizas	16,10	28,30	23,10
Extracto Etéreo	2,30	9,60	1,50
Proteína Cruda	12,30	5,30	3,30
Fibra Cruda	34,20	35,30	53,90

Fuente: Adaptada de (Hernández Balcázar, 2020).

2.3.7. Características de la fibra de plátano

Según Torres Montalvo & Vera Morán (2015), mencionan las siguientes características:

El aspecto es casi similar a la obtenida de bambú y del ramio, pero debido a su fineza y entallabilidad se considera mejor a la de plátano.

- La composición química es celulosa, hemicelulosa, y lignina.
- Se considera una fibra altamente fuerte, resistente y de peso ligero.

- Tiene alargamiento más pequeño.
- Posee un aspecto algo brillante dependiendo del proceso de extracción.
- Absorción de la humedad.
- Es bio-degradable y no tiene ningún efecto negativo sobre el ambiente, puede ser categorizada.

Se debe mencionar que la planta de banano posee un sistema de raíces poco profundas, debido a que no se considera un árbol, ya que posee un falso tallo formado por vainas foliares, se desarrollan formando una estructura de forma vertical llamada pseudotallo o falso tallo como generalmente se lo conoce. Para mantener una fibra con buena calidad, hay que tomar en cuenta la durabilidad de la misma y esto según el Centro de Estudios de Fibras Naturales de la Universidad de Islam, del departamento de Química, menciona que el almacenamiento en condiciones físicas adecuadas puede ser alrededor de 3 meses, caso contrario pasado este tiempo empieza a presentar pérdida considerable de resistencia (Hernández Balcázar, 2020).

a) Características físicas

Tabla 6.

Características Físicas de la Fibra de Plátano

Características Físicas	
Rizado	Cuando se humedece
Propiedades ópticas	Fina, brillante, de color abano claro
Propiedades térmicas	Variabilidad en debilitamiento y distorcionamiento con el tratado al vapor
Propiedades eléctricas	Aislamiento y resistencia
Propiedades mecánicas	(Tracción, torsión, y tensión) es muy resistente y fuerte
Resistencia al agua	El agua salada no le afecta
Acción a la intemperie	(Luz solar) Blanquea-Cambio de coloración

Fuente: Adaptada de (Torres Guzmán, 2013).

2.3.8. Propiedades

Es de origen natural, compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, como se observa en la Tabla 7; “la celulosa es un polímero natural, biodegradable y renovable, que se puede utilizar en muchas aplicaciones como materiales de refuerzo, textiles y materias primas de papel” (Hernández Balcázar, 2020).

Tabla 7.

Composición Química del Pseudotallo de Plátano

Compuesto	(%)
Celulosa	49.33
Hemicelulosa	12.04
Lignina	13.88
Cenizas	4.95
Humedad	12.43

Fuente: Adaptada de (Subagyo & Chafidz, 2018).

2.3.8.1. Propiedades químicas y térmicas

Tabla 8.

Propiedades Químicas y Térmicas de la Fibra de Plátano

Parámetro	Fibra de Plátano
Celulosa	50 – 75%
Hemicelulosa	6 - 30%
Lignina	12 – 18%
Pectinas	3 – 5%
Materiales solubles en agua	3 – 5%
Ceras	3 – 5%
Cenizas	1 – 8%
Conductividad Térmica	0,55 w/ m * K

Nota. La cantidad de lignina que posee le atribuye protección UV y resistencia a la intemperie. **Fuente:** Adaptado de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

2.3.8.2. Propiedades físicas y mecánicas

Según Moreno Saenz & Neusa Rey (2021), en su tema de investigación mencionan que:

Su apariencia es similar a la fibra natural del bambú y ramio, pero su finura y flexibilidad es mejor que cualquier otra. La longitud es relativa al uso que se le vaya a dar. Así mismo posee características de alta resistencia, buen brillo, peso ligero y gran absorción a la humedad y no se degrada fácilmente (pág. 39).

Tabla 9.

Características Físicas y Mecánicas de la Fibra de Plátano

Parámetro	Fibra de plátano
Elasticidad	19,8 N/tex
Resistencia a la tracción	0,47N/tex o 72MPa
Deformación de ruptura	1,9%
Longitud	1cm – 3m
Diámetro	0,18mm – 0,20mm
Densidad	0,298 g/cm ³
Elongación	5.9%

Fuente: Adaptado de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Las fibras que se obtiene del pseudotallo del plátano mantiene una resistencia a la tracción similar a las de yute (0,31 N/Tex) y al cáñamo (0,47 N/Tex).

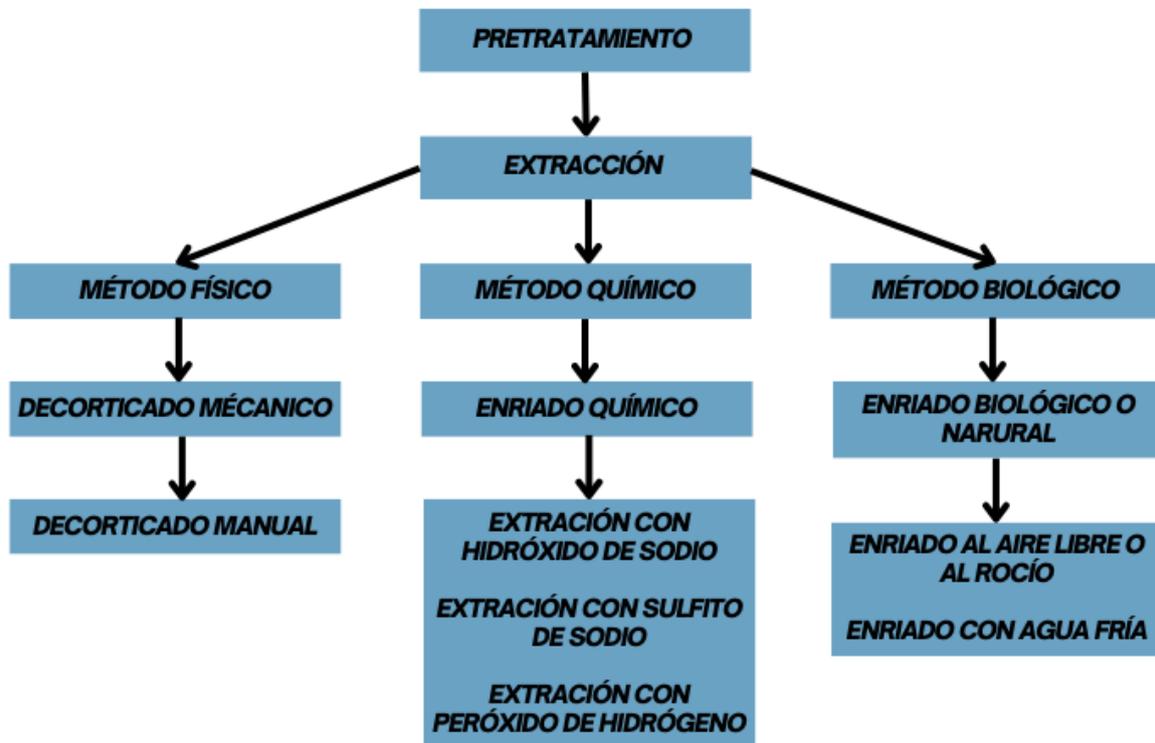
2.3.9. Métodos y obtención

Para la obtención de la fibra de banano se conocen algunos procesos, entre ellos el más empleado es el método manual, o también llamado extracción de desfibrado mecánico, además se utilizan para conseguir fibras de origen vegetal de tallos y hojas, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa la clasificación de los métodos de extracción.

Dependiendo del método que se emplea para la obtención, primeramente se debe realizar un pretratamiento a la materia prima, en este caso al pseudotallo, que consiste en retirar impurezas que se adhieren en anteriores áreas como en el cultivo, verificar que se encuentre en buenas condiciones, una recomendación es que una vez que se realice el corte del pseudotallo se proceda inmediatamente al siguiente paso, para evitar que se oxide al mantenerse expuesto al ambiente, a continuación, mediante prensas se debe eliminar la humedad que contengan las vainas foliares y por último dejar secar la materia prima a temperatura ambiente o caso contrario someter a 80°C por alrededor de 45 minutos (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Figura 7.

Clasificación de los Métodos de Extracción



Nota. En la figura se detallan los métodos de extracción de la fibra de manera general.

Fuente: Adaptado de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

2.3.9.1. Métodos Físicos

a) Decorticado mecánico

Se lo realiza mediante el empleo de una máquina compuesta por varios rodillos, que ayuda a separar las fibras del pseudotallo, el rodillo alimentador es el encargado de distribuir la materia en dirección de los rodillos dentados que su principal función es separar las fibras de la capa en un determinado tiempo (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

b) Decorticado manual

Comúnmente se lo conoce como método artesanal, es decir se emplea la habilidad de las personas para conseguir las fibras, por lo tanto, emplea más tiempo y trabajo, la herramienta principal es un cuchillo dentado para realizar una maniobra de raspado y así obtener las fibras. En nuestro país se utiliza este proceso por las asociaciones de mujeres emprendedoras que elaboran artesanías con la fibra de plátano.

2.3.9.2. Métodos Biológicos

Enriado

Se lo realiza mediante la utilización de recursos biológicos y químicos es decir, se realiza la separación de las fibras de la capa del pseudotallo por medio de la descomposición, sumergiendo en agua, también se hace uso de microorganismos que se encargan de descomponer los tejidos que rodean a la fibra, pueden ser bacterias y hongos (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

Otra definición para el enriado según (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021) donde menciona que:

El enriado puede ser un proceso natural, debido a la acción de microorganismos, como también de forma artificial con el uso de sustancias químicas como: ácidos o bases para lograr una separación de las fibras e impurezas sin afectar su calidad. Este método funciona mediante la acción de los microorganismos (hongos, bacterias) que han sido añadidos en el transcurso de la descomposición, estos se expanden por toda la materia prima y mediante la producción de enzimas las mismas que degradan los componentes no celulósicos, logrando la extracción de la fibra (pág. 43).

a) Enriado al aire libre o al rocío

Consiste en exponer el pseudotallo a la acción del aire y la humedad ambiente durante un tiempo determinado, con el fin de alcanzar la descomposición de materiales no deseados, como gomas, ceras y pectinas, por acción de los microorganismos como las bacterias y hongos. Se lo realiza tomando en cuenta que las fibras estarán expuestas a los microorganismos del entorno y por tanto sus propiedades se verán afectadas debido a que no se puede realizar un control constante de la humedad y temperatura. El enriado al aire libre o al rocío puede llevar entre 21 a 42 días. Es recomendable realizar pruebas y evaluaciones periódicas de las fibras durante el enriado para determinar cuándo han alcanzado la calidad y las propiedades deseadas. Esto puede involucrar la realización de pruebas de flexibilidad, suavidad y eliminación de sustancias no deseadas para determinar cuándo las fibras están listas para ser procesadas (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

b) Enriado con agua fría

Según Moreno Sáenz & Neusa Rey (2021) menciona que el enriado con agua fría:

Emplea grandes cantidades de agua, consiste en sumergir los pseudotallo en corrientes de agua o en ríos, también se utiliza microorganismos que actúan y liberan las fibras, puede tardar entre 7 a 14 días. Las fibras que se obtienen son de mejor calidad en comparación a las que se obtienen en el enriado al aire libre, este proceso afecta al ambiente, debido a las grandes cantidades de agua que se emplea y por tanto a su contaminación (pág. 43).

La desventaja de este método es el consumo de agua y por tanto se genera agua contaminada o residual, el enriado con agua fría necesitan de control, por tanto se necesita de una persona capacitada en conocer los parámetros necesarios para llevar a cabo el proceso, entre ellos está el tiempo, condiciones climáticas y calidad de fibra (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

c) Enriado enzimático

En el caso del enriado enzimático, se utilizan enzimas específicas, como las pectinasas y las celulasas, que actúan sobre las pectinas y las hemicelulosas presentes en el pseudotallo. Estas enzimas ayudan a descomponer estas sustancias no celulósicas en componentes más solubles, lo que facilita su eliminación durante el proceso de lavado posterior. El tiempo promedio es de 6 días para obtener una fibra con homogeneidad en su longitud y resistencia a la tracción (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

2.3.9.3. Métodos Químicos

Consiste en realizar un enriado químico, con el uso de soluciones alcalinas o ácidas diluidas, se consigue la separación de las fibras de la capa del pseudotallo, se pueden optar por diferentes tiempos y concentraciones para conseguir obtener la calidad de fibra que se desea (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Enriado químico

Se emplea productos como la sosa cáustica, jabones, carbonato de sodio y ácidos; por tanto, se tiene un mayor impacto ambiental que se ve afectado por la contaminación del agua que se emplea en el desarrollo del enriado (Cifuentes Sánchez & Cifuentes Rivera, 2019).

a) Extracción con hidróxido de sodio (NaOH)

Según Moreno Sáenz & Neusa Rey (2021) menciona que:

Se debe realizar dos baños diferentes, donde el primero consiste en un baño de impregnación y el segundo un baño de deslignificación. Estos baños consisten en soluciones

acuosas de hidróxido de sodio a concentraciones de 25, 31 o 50 g/l. El tiempo promedio de deslignificación es entre 10 a 30 min, mientras que en el baño de impregnación es de 10 a 20 min (pág. 45).

b) Extracción con sulfito de sodio (Na₂SO₃)

El baño consiste en soluciones acuosas de sulfito de sodio de concentración 15, 30 y 50% sobre el peso del material seco. Para la extracción de las fibras es muy importante tomar en cuenta la regulación del pH de la mezcla, el cual debe estar entre 9 y 12. El tiempo de inmersión del baño de deslignificación varía entre los 60, 120, 180 y 240 min (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

c) Extracción con peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

“Consiste en soluciones de peróxido de hidrógeno en ácido acético, a concentraciones de 24, 37.5 y 50% en peso del total de la solución. El tiempo de inmersión del baño de deslignificación varía entre 60, 120, 180 y 240 min” (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Tabla 10.

Comparación Cualitativa de los Métodos de Extracción

	Biológico			Mecánico		Químico
Método	Enriado al aire libre	Enriado en agua fría	Enriado Enzimático	Decortinado Mecánico	Decortinado Manual	Enriado Químico
Tiempo	Alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio
Calidad	Bajo	Media	Alta	Alta	Bajo	Alta
Impacto Ambiental	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

Fuente: Adaptada de (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

Una vez revisado los diferentes procesos de obtención se considera que el método físico es el más empleado, ya que no usa agentes químicos ni biológicos para la extracción y por tanto se obtiene una fibra de mejor calidad. En cuanto al procedimiento químico se deduce que se obtiene una fibra con buenas propiedades químicas, esto debido a los productos utilizados que permiten la conservación. Y por último en el método biológico no emplea agentes químicos, sin embargo, emplea más tiempo y la calidad de la materia prima no es tan favorable en caso de realizar un uso industrial. Las diferencias de cada uno de los métodos de extracción se pueden

observar en la Tabla 10, donde plantea los parámetros importantes para considerar en el transcurso del procedimiento (tiempo, calidad, impacto ambiental).

Figura 8.

Fibras Obtenidas Mediante los Métodos, Físicos, Químico y Biológico.



Nota. En la figura se observa las fibras obtenidas en los diferentes métodos de extracción: a) Físico o Decorticado Manual, b) Químico o Enriado Químico, c) Biológico o Enriado Enzimático. **Fuente:** (Moreno Sáenz & Neusa Rey, 2021).

2.3.10. Obtención de la fibra de plátano

Se la obtiene a partir del pseudotallo del plátano, también conocido como falso tallo, se compone por capas o por un conjunto de vainas foliares que se encuentran apretadas entre sí en forma de espiral, cumple con la función de sostener al racimo de banano que al término de la cosecha, este es cortado y desechado, el pseudotallo contiene fibras naturales en su estructura, la producción de fibra de plátano a partir del pseudotallo ofrece una alternativa sostenible a las fibras sintéticas y puede contribuir a la promoción de prácticas más ecológicas en la industria textil (Delgado Loor, 2019).

Para la obtención hay que considerar algunas recomendaciones como por ejemplo que el pseudotallo este limpio y no tenga cortes ya que esto va afectar al momento de la extracción, debido a la presencia de manchas provocadas por la oxidación del medio ambiente, otra recomendación es que la fibra debe ser extraída y procesada inmediatamente, mucho mejor si es el mismo día, debido a que si pasa más tiempo se deshidrata por el alto contenido de agua que tiene la fibra, 80% (Abad Barahona et al., 2012).

Primeramente, se debe realizar la obtención de la materia prima, es decir el pseudotallo de la planta.

Figura 9.

Corte del Pseudotallo del Plátano



Fuente: El Autor.

a) Desfibrado

Consiste en el corte del pseudotallo adecuado para continuar con su descomposición capa por capa, este proceso se lo realiza de forma manual.

Figura 10.

Desfibrado del Pseudotallo del Plátano



Fuente: (Torres Guzmán, 2013).

b) Extracción

Cuando ya se ha obtenido las capas necesarias del pseudotallo, se procede a clasificar las calidades de la fibra, esto dependerá de las capas que se han obtenido en el anterior proceso. Estas calidades pueden ser: dura, suave, malla y pelo.

Figura 11.

Extracción de la Fibra de Plátano



Fuente: (Chiappe, 2019).

c) Secado

Se puede realizar de dos formas y de eso va a depender el color final que se obtenga en la fibra. Puede secarse en días con sol intenso la fibra tiene un color claro beige casi similar al de la cabuya, en cambio si la fibra se seca en días nublados y expuesta por más tiempo (3 a 4 días), se obtiene un color café, y estos tonos servirán para combinarlos en los productos que se vayan a elaborar (Abad Barahona et al., 2012).

Figura 12.

Secado de la Fibra de Plátano



Fuente: (Torres Montalvo & Vera Morán, 2015)

2.3.10.1. Tipos de fibra de plátano

Una vez que se realizó el proceso de extracción se obtienen los siguientes tipos de fibras:

- Suave: de fácil manejo y manipulación, esta fibra se la obtiene de la segunda capa del pseudotallo.

Figura 13.

Fibra de Plátano de Tipo Suave



Fuente: (Chiappe, 2019).

- Dura: esta fibra es la más usada ya que es resistente y puede soportar combinaciones con algunos químicos, se la extrae de la cuarta capa del pseudotallo.

Figura 14.

Fibra de Plátano Tipo Dura



Fuente: (Armas Ruiz et al., 2016)

- Malla: su forma y textura son muy peculiares ya que se parece mucho a una malla es por ello su nombre, es una especie de entramado y se la obtiene de la tercera capa del pseudotallo.

Figura 15.

Fibra de Plátano Tipo Malla



Fuente: (Armas Ruiz et al., 2016)

- Pelo: Es la fibra más fina, es difícil de obtenerla y tratarla, es por ello que los artesanos la usan muy poco, se la obtiene de la última capa del pseudotallo (Torres Montalvo & Vera Morán, 2015).

Figura 16.

Fibra de Plátano de Tipo Pelo



Fuente: (Torres Guzmán, 2013).

Terminado el proceso de extracción y clasificación de las fibras del pseudotallo del plátano, se continúa con el secado, esto va a depender mucho del clima, es decir, si está un día soleado este actúa sobre la fibra y la torna de un color beige, en cambio si el procedimiento se lleva a cabo en un día nublado, el material tiene que estar expuesto por más tiempo y esto no garantiza que pueda secarse por completo obteniendo tonos diferentes.

2.3.11. Hilos de la fibra de plátano

Según Alarcón Villarroel (2018), menciona que:

Se denomina hilo al conjunto de fibras textiles, continuas o discontinuas, que se enlazan entre sí, alcanzando una determinada longitud y diámetro, que es directamente empleado para la fabricación de tejidos y para el cosido de estos. Si son fibras de filamento continuo se las denomina hilo continuo, Y si se trata de fibras discontinuas formarán la denominada hilaza (pág, 09).

Los hilos elaborados con la fibra de plátano, hoy en día se está convirtiendo en una tendencia a nivel del mercado textil, favoreciendo y disminuyendo la contaminación que la industria genera. Considerando que la fibra de plátano en países como la India se la emplea para la elaboración de diversos hilos y tejidos, con varios pesos y grosor, esto va a depender mucho de la parte del vástago del plátano de donde se extrae la fibra, es decir, se puede obtener una fibra de mayor diámetro; en cambio, las vainas interiores las que se encuentran en el núcleo del pseudotallo dan como resultado la obtención de fibras suaves y finas (Hendriksz, 2017).

Figura 17.

Fibra de plátano



Fuente: El Autor

2.3.11.1. Características generales del hilo

Para que se considere un hilo, este debe mantener ciertas características como: composición, grosor, elasticidad, resistencia a la tracción, regularidad, mismas que de acuerdo con estándares se representa con unidades normalizadas internacionalmente y que ayudan a diferenciar los hilos y que estos puedan obtener un nombre con el que se lo conozca dentro del mercado textil.

a) Composición

Para conocer la composición de un hilo se puede realizar mediante la utilización de un microscopio, como también se puede hacer uso de reactivos específicos, que ayuden a detectar la presencia de componentes determinados de los hilos (Alarcón Villarroel, 2018).

b) Título

“El título o número de un hilo, es la relación existente entre una longitud determinada de hilo y su peso, o viceversa”(Solé Cabanes, 2012). El grosor puede ser afectado por la higroscopicidad, la cantidad de cabos, e incluso factores como el aplastamiento o estiramiento, y no por eso cambia su título.

Generalmente conocemos dos grupos o sistemas de titulación que son: Sistema Directo y Sistema Indirecto; donde:

En el sistema directo se mantiene la longitud y varía el peso, y en cuanto mayor es el grosor mayor es el número, manteniendo una relación directa. Encontramos numeraciones como: Tex, Ktex, Dtex, y Dennier. Cuando se habla de sistema directo, se refiere a título.

En cambio, en el sistema Indirecto es donde el peso se mantiene fijo y la longitud varía, este sistema se ve representado por el Nm (Número métrico) y Ne (Número Inglés), que son los más empleados dentro de este sistema y se los puede diferenciar tomando en cuenta que donde más elevado es el número, más fino es el hilado o fibra. Cuando nos referimos a un sistema indirecto se habla de número de hilo (Solé Cabanes, 2012).

c) Elasticidad

Se refiere a la capacidad para estirarse y volver a su forma original cuando se le aplica una fuerza. La flexibilidad depende de las propiedades del material del que está elaborado el hilo, y de su estructura y espesor.

d) Resistencia a la tracción

Según Alarcón Villarroel (2018), afirma que:

“Su medida se expresa en el epígrafe longitud de rotura, que significa la longitud máxima que un hilo puede alcanzar para que, suspendido por uno de sus extremos, se rompa por su propio peso” (pág. 09).

La resistencia a la tracción de un hilo, se refiere a la capacidad para estirarse y volver a su forma original cuando se le aplica una fuerza. Es una medida de la fuerza máxima que el hilo puede soportar y puede variar según el material y la estructura.

e) Elongación

Es el cambio de longitud que se produce cuando se le aplica una fuerza de tracción. Es una medida de la deformación del hilo con respecto a su longitud original. Se expresa en porcentaje

Característica conocida también como estiramiento, esta medida se la puede realizar en el equipo denominado dinamómetro, donde elongación o estiramiento, se refiere a la capacidad que posee un hilo para sufrir un estiramiento sin romperse. Para saber si el hilo o la fibra es de buena calidad, hay que tomar en cuenta que una elongación menor del 5% confirma una mala calidad, una elongación aceptable es alrededor del 8% y muy buena alrededor del 12% (Quitama Pastaz, 2020).

f) Regularidad

Se entiende como regularidad a las variaciones que puede presentar un hilo estéticamente, es decir puede presentar partes gruesas y delgadas debido a la presencia de impurezas, nudos, neps, y si no se controla esto puede causar irregularidades en los tejidos (Alarcón Villarroel, 2018).

g) Torsión

Según Solé Cabanes (2012) menciona que:

La torsión se logra girando el hilo alrededor de su propio eje, lo que causa que las fibras se entrelacen entre sí. La cantidad de torsión aplicada al hilo puede variar dependiendo del tipo de hilo y del uso final. La elección del sentido de torsión depende de la aplicación y de las propiedades que se desean en el hilo final. La torsión aumenta la resistencia del hilo, ya que las fibras entrelazadas soportan mejor las fuerzas de tensión (pág. 51). La torsión influye sobre los hilos en: resistencia, elasticidad, suavidad, forma de la sección, regularidad.

El objetivo principal de dar torsión es aumentar su resistencia, y de esta manera el hilo pueda soportar las tensiones que se le presenten en procesos posteriores, puede ser la hilatura y su preparación, por lo que el hilo debe tener un nivel adecuado de torsiones para obtener mayor resistencia a la tracción. La cantidad de torsiones que se le vaya a otorgar va a depender de: la longitud de la fibra, título final, grado de resistencia que se requiere y el uso del producto

(Lockuán Lavado, 2012). En la Tabla 11 se puede observar acerca de la influencia que genera la torsión en los hilos, independientemente del material del que estén elaborados.

Tabla 11.

Influencia de la Torsión en los Hilos

Resistencia	A mayor torsión, mayor resistencia
Elasticidad	A mayor torsión, mayor elasticidad
Aspecto	A mayor torsión menor diámetro aparente del hilo (por la mayor compacidad)
Tacto del tejido	Una torsión ligera proporciona telas de superficie suave, mientras que los hilos muy torcidos producen tejidos de superficie dura
Arrugabilidad del tejido	A mayor torsión en el hilo, menor propensión de la tela a arrugarse
Contracción	Los hilos elaborados muy torcidos encogen mucho más

Fuente: Adaptada de (Lockuán Lavado, 2012).

Dentro de la Hilatura se conoce dos tipos de sentido de torsión que son S (sentido antihorario) y Z (sentido horario), mismos que anteriormente se le conocía por medio de los términos de torsión derecha y torsión izquierda, pero este generaba mayor confusión (Lockuán Lavado, 2012).

Según Quitama Pastaz (2020), indica que los sentidos están relacionados íntimamente con el sentido de giro del huso por lo que menciona que:

Se debe considerar la intensidad de torsión que se expresa como coeficiente de variación, en la industria se sabe que los hilados elaborados con fibras de diferentes longitudes alcanzan una resistencia máxima a diferentes coeficientes de torsión, de ahí viene la importancia de definir un coeficiente de torsión adecuado para cada caso en particular (pp. 29-30).

2.3.12. Resistencia a la tracción

Según Solé Cabanes (2012) define a la resistencia a la tracción y elongación de los hilos como:

La carga máxima que soportan antes de romperse. La carga de rotura también conocida como resistencia media R_m se obtiene mediante pruebas de resistencia en el dinamómetro. Para poder comparar y generalizar esta expresión, al igual que ocurre con el resto de los materiales (madera, metales, etc), se referencia esta carga con respecto a la sección de estos.

En el caso de los hilos la sección sería sustituida por su parámetro afín, la finura, es decir se relaciona la carga de rotura con respecto al título del hilo (Tenacidad) (pág. 53).

La resistencia a la tracción es una característica que se evalúa no solo en hilos o fibras, también en varios materiales. En los hilos se hace referencia a su título, tomando en cuenta la relación longitud-peso del material que se va a ensayar, mediante la aplicación de una fuerza constante para que se genere una rotura en el hilo y así obtener los datos en cuanto a la resistencia a la tracción, misma que su unidad de medida es en Newtons (N), como también pueden ser de acuerdo con las unidades de medida que se hayan normalizado en el equipo de trabajo denominado dinamómetro.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En esta investigación se presenta la elaboración del hilo a partir de la obtención de la fibra de plátano y determinar la resistencia a la tracción y elongación a nivel de laboratorio.

3.1. Enfoque de la investigación

La metodología que se emplea para llevar a cabo la investigación se basa en algunas etapas consecutivas: la primera etapa consiste en el planteamiento y planificación de la investigación y como resultado se determina un enfoque cuantitativo, donde se establece el respectivo título y torsiones que se ajustan al tipo de fibra, una vez que se obtiene el hilo se procede al testeo y análisis, para la obtención de datos de la resistencia a la tracción y elongación y a partir de ello formular las conclusiones y recomendaciones.

3.2. Tipo de Investigación

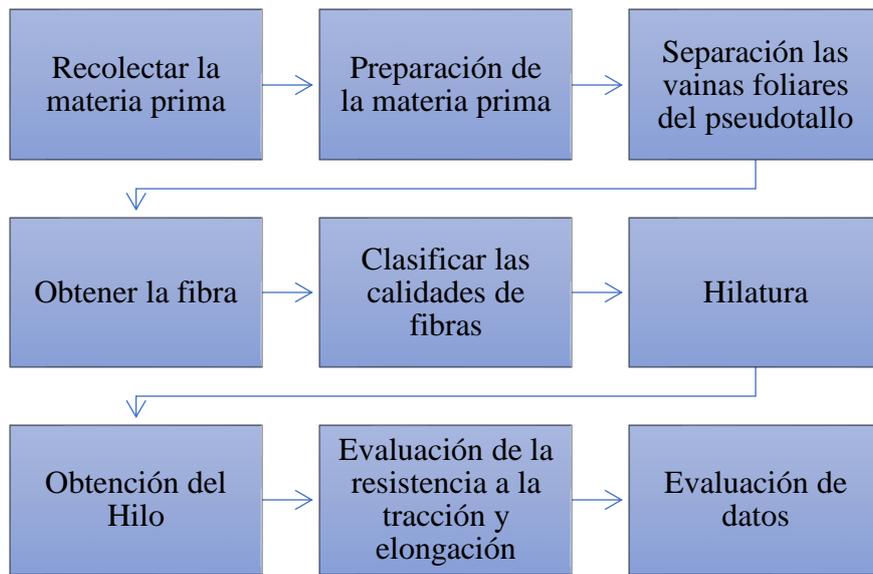
Para desarrollar el proyecto se emplea la investigación cuantitativa – experimental, a partir de la hipótesis, se presentan mayor o menor resistencia a la tracción y elongación al elaborar el hilo con 100% fibra de plátano.

3.3. Flujograma General

En el siguiente flujograma se presenta los procesos generales que se van a realizar durante el cumplimiento de cada uno de los objetivos del proyecto.

Figura 18.

Flujograma General del Proceso



Fuente: El Autor

3.4. Flujograma Muestral

3.4.1. Obtención de la Fibra de Plátano

El primer paso es recolectar los pseudotallo de plátano maduro, tamaño adecuado y libre de enfermedades, los tallos madre poseen la mudez y por tanto más resistencia para la extracción y así reducir el desperdicio de fibra al momento de realizar el método de obtención, a continuación, se describe el proceso de obtención de la fibra:

- a. Selección del pseudotallo. Se elige un pseudotallo maduro de la planta del plátano que tenga un tamaño adecuado y esté libre de enfermedades.
- b. Corte y preparación. El pseudotallo se corta en secciones manejables, se elimina las hojas externas.
- c. Raspado. Se raspa cuidadosamente la capa externa para eliminar la lignina y hemicelulosa y obtener las fibras.
- d. Extracción de la fibra. Se obtiene los diferentes tipos de fibra, de cada una de las capas que conforman el pseudotallo.
- e. Secado. Las fibras limpias se extienden para secarse bajo sombra.

Figura 19.

Proceso de Obtención de la Fibra de Plátano



Fuente: El Autor

En la Figura 19, se observa el proceso de obtención de la fibra, es importante tomar en cuenta los siguientes parámetros: tiempo y ambiente, para evitar la oxidación del pseudotallo y por consecuencia la descomposición de la fibra.

Figura 20.

Fibra de Plátano



Fuente: El Autor

3.4.2. Selección de las calidades de las fibras de plátano

Una vez que se obtiene las fibras de las diferentes vainas foliares, se procede a clasificar las calidades: dura, malla, suave y pelo. Para la elaboración del hilo se procede a elegir la calidad dura.

Figura 21.

Obtención de la Fibra de Plátano



Fuente: El Autor.

3.4.3. Caracterización de la fibra

3.4.3.1. Observación al microscopio

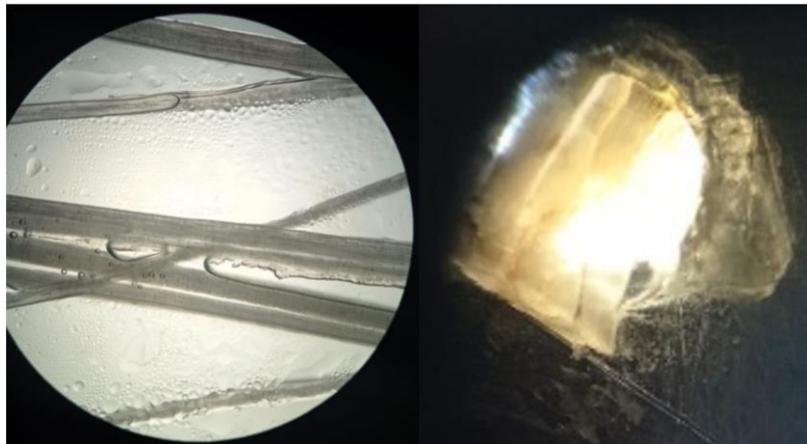
Se realiza la vista longitudinal y transversal por medio del microscopio, de la fibra de calidad dura y suave, donde no se observa diferencia entre ambas calidades.

3.4.3.2. Sección longitudinal y transversal

- **Fibra Dura**

Figura 22.

Sección Longitudinal y transversal de la fibra dura

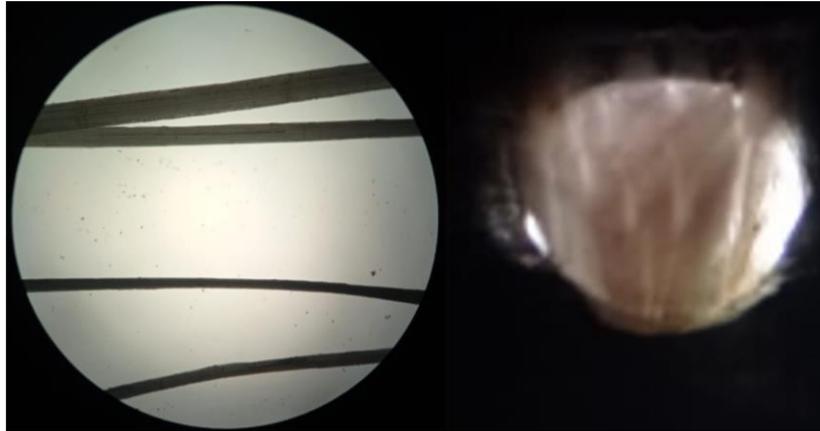


Nota. En la Figura 22 se observa la sección longitudinal y la sección transversal de la fibra de calidad dura en el microscopio. **Fuente:** El Autor

- **Fibra suave**

Figura 23.

Sección longitudinal y transversal de la fibra suave



Nota. En la Figura 23 se observa la sección longitudinal y sección transversal de la fibra suave, donde se aprecia características similares a la fibra dura. **Fuente:** El Autor.

3.4.3.3. Resistencia de las fibras calidad dura y suave

La resistencia de las fibras puede variar según su calidad y características específicas. Para verificar la diferencia de la resistencia a la tracción entre las calidades dura y suave, se sigue los siguientes pasos, según la Norma ISO 2062:2009:

- a. Preparación de las muestras: se selecciona las fibras de tamaño y forma similares.
- b. Montaje de las muestras: Sujeta cada muestra en el dinamómetro.
- c. Establecimiento de las condiciones de prueba. La velocidad de ensayo es de 50 mm/min, detección de la rotura 20% y separación de las mordazas 100mm
- d. Realización de la prueba. La máquina registrará la fuerza aplicada y la deformación de la muestra a medida que se va estirando.
- e. Registro de datos: Durante la prueba, registra los datos de fuerza y deformación en intervalos regulares.

En la Tabla 12, se observan los datos obtenidos luego de analizar 20 probetas de la fibra de plátano de calidad dura, para evaluar la resistencia a la tracción las muestras deben estar acondicionadas a $21^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $65\% \text{ HR} \pm 5$, por lo mínimo 24 horas.

Tabla 12.*Resistencia a la tracción, fibra calidad dura*

Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	637,77	1,92
2	650,67	1,77
3	1961,35	3,34
4	550,31	3,09
5	1722,75	3,34
6	702,87	3,02
7	313,71	2,07
8	114,31	0,6382
9	687,49	2,6
10	1269,91	3,6
11	528,83	1,34
12	2412,91	4,17
13	780,82	2,93
14	1757,02	4,09
15	1112,96	4
16	1128,36	3
17	5195,29	5,59
18	3803,03	3,08
19	5790,77	4,34
20	2830,36	4,94
Media	1697,57	3,14

Fuente: El Autor

En la Tabla 13, se presenta los datos de 20 probetas obtenidos en el dinamómetro de la calidad suave.

Tabla 13.*Resistencia a la tracción, fibra calidad suave*

Probeta	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
1	929,28	3,73
2	366,1	1,99
3	387,81	1,98
4	244,91	1,33
5	770,32	2,51
6	248,44	1,34
7	165,7	0,8474
8	126,91	0,826
9	508,49	3,25
10	448,52	2,01
11	701,56	1,92
12	1297,75	4,09
13	580,25	1,24
14	399,63	1
15	1583,09	1,83
16	510,01	2,85
17	252,71	1,25
18	1331,52	2,07
19	341,16	1,58
20	185,14	1,34
Media	568,96	1,95

Fuente: El Autor

3.4.4. Caracterización del pseudotallo

El pseudotallo o falso tallo de la planta del plátano, debe tener algunas consideraciones o precauciones durante el proceso de corte y extracción de cada una de sus capas (vainas foliares) y la obtención de la fibra, esto para evitar alteraciones en las características de la fibra, mismas que pueden ser causadas por la presencia de organismos o impurezas que provocan la oxidación (pudrición) al falso tallo como también a sus capas y como consecuencia a la fibra.

Figura 24.

Pseudotallo de la planta del plátano, un día de corte



Fuente: El Autor

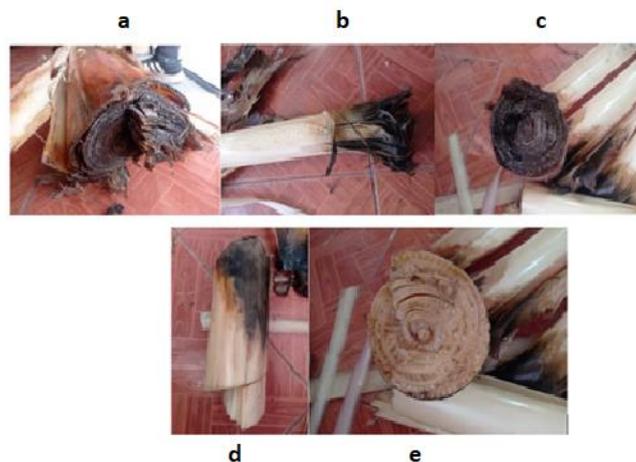
Una vez que se ha seleccionado el pseudotallo se procede al corte, haciendo uso de herramientas como cuchillo, tener precaución al momento del corte ya que una fisura causa oxidación y problemas a la hora de separar las capas y en la extracción de la fibra. La longitud depende del corte que se realiza al pseudotallo.

3.4.4.1. Oxidación del pseudotallo

La oxidación del pseudotallo se presenta entre 2 y 10 días posterior al corte. En la Figura 25 se presenta la oxidación del tallo a los 4 días donde: a) El pseudotallo esta completo y presenta oxidación a los extremos. b) Presenta un cuadro de descomposición una vez que se ha separado algunas capas. c) y d) Se observa que la oxidación avanza tanto longitudinal como internamente. e) El pseudotallo posee una pudrición donde se aprecia un aspecto gris y un líquido viscoso.

Figura 25.

Oxidación del pseudotallo



Fuente: El Autor.

3.4.5. Obtención de las capas de pseudotallo

Una vez obtenido el pseudotallo, se continua con la separación de las capas, se mantiene bajo sombra y baja temperatura, para evitar la descomposición, se debe mantener entre 2 a 3 días.

Figura 26.

Obtención de las capas del pseudotallo



Fuente: El Autor

3.4.5.1. Medición y peso de la capa del pseudotallo

La medida puede variar dependiendo de la longitud de corte, el peso aproximado de una de las capas del pseudotallo que se obtuvo para el desarrollo de la investigación mide 150 cm con un peso de 1,09 kg (el peso varía dependiendo de los días de almacenamiento, humedad y temperatura).

Figura 27.

Medición de la capa del pseudotallo



Fuente: El Autor

3.4.5.2. Oxidación de las capas del pseudotallo

Para evitar la oxidación, se debe proceder a la extracción de la fibra entre 2 o 3 días, el pseudotallo debe estar en un ambiente fresco y seco, ya que toman un color marrón, pierde hidratación, y se distingue la presencia de microorganismos, que deterioran la fibra.

Figura 28.

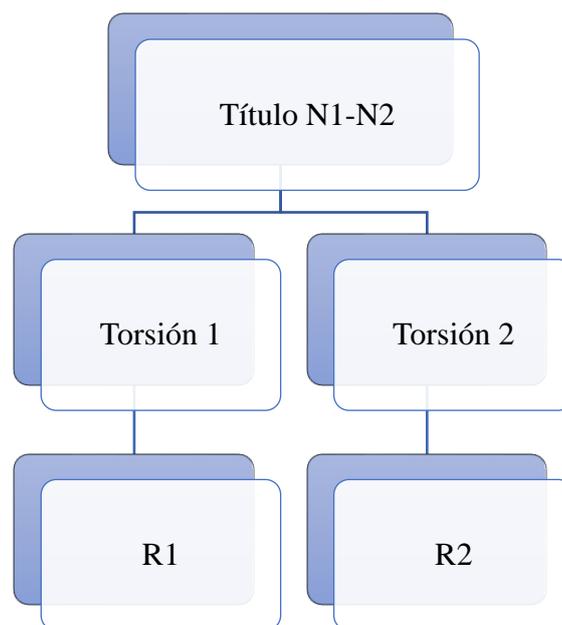
Oxidación de las capas del pseudotallo



Fuente: El Autor

3.4.5.3. Flujograma de la elaboración del hilo

Considerando que no se adquirió fibra suave en el proceso, se procede a la elaboración del hilo con la calidad dura. El procedimiento de elaboración del hilo de fibra de plátano es semejante a la fibra de cabuya, donde se inicia con el escarmenado o peinado, que consiste en paralelizar las fibras con el fin de eliminar las impurezas. Para el hilado: se realiza el proceso de estirar y torcer el material sobre su propio eje.



Nota. En el flujograma las abreviaturas que se aprecian corresponden a: N1(Título del hilo de plátano), N2(Título del hilo de abacá), R1(es el resultado obtenido del hilo de plátano), R2 (resultado obtenido del hilo de abacá). **Fuente:** El Autor

3.5. Norma ISO 2062:2009 Determinación de Resistencia a la Tracción y Elongación Hilo.

El análisis de laboratorio se realiza mediante la Norma ISO 2062:2009 Determinación de resistencia a la tracción y elongación, con el fin de sustentar los datos que se obtienen en el trabajo de investigación, para ello se sigue los siguientes pasos:

- a) Acondicionar las probetas, como mínimo 24 horas antes de realizar el análisis, 21°C y 65 HR, según la norma ISO 139.
- b) La distancia entre las mordazas del dinamómetro puede variar entre dos longitudes de calibre: la longitud habitual de 500 mm y una longitud de 250 mm que solo se puede utilizar si:
 - La extensión del instrumento es insuficiente para adecuar una muestra de 500 mm.
- c) Si se requieren valores medios, se tomarán 10 paquetes de la muestra global, distribuidos como lo más uniformemente posible entre los casos y entre los niveles en cada caso.
- d) Realizar la medición en el equipo.

3.6. Testeo de los hilos de fibra de plátano

Figura 29.

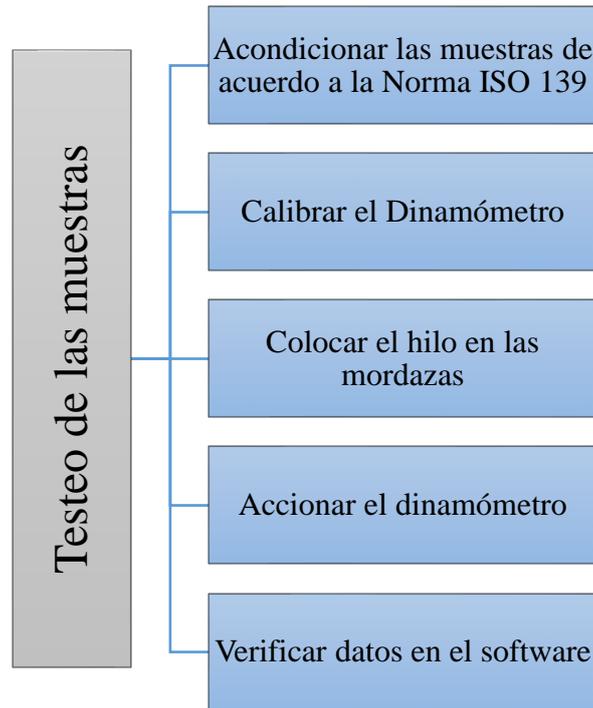
Vista en el Microscopio de la Fibra de Plátano



Fuente: El Autor

Figura 30.

Proceso para Análisis de los Hilos en el Laboratorio



Fuente: El Autor.

3.7. Equipos de laboratorio

Durante el desarrollo del presente proyecto se hará uso de equipos normalizados de laboratorio a fin de conseguir la información y sustentar la teoría del escrito, en cuanto al análisis de la resistencia a la tracción y elongación se hará uso del equipo denominado dinamómetro Titan 5 Modelo 1410, mismo que se encuentra en los laboratorios de la Planta Académica Textil para el respectivo análisis del hilo elaborado con la fibra de plátano.

3.7.1. Dinamómetro

Es una herramienta de laboratorio que se utiliza para realizar pruebas de resistencia a la tracción a hilos y demás material textil como tejidos de punto o plano, donde los materiales y en este caso los hilos son sometidos a una serie de análisis de tracción a una velocidad de elongación predeterminada por la norma en uso, donde se determina la carga de rotura y de alargamiento en la rotura de hilos individuales, en este caso la tenacidad a la rotura será la relación de la fuerza de rotura del hilo respecto a su masa lineal, se expresa en newton (N) o centinewton (cN) (Lockuán Lavado, 2012).

Figura 31.

Dinamómetro



Fuente: El Autor

3.7.1.1. Características del dinamómetro

Tabla 14.

Características del Dinamómetro

CARACTERÍSTICAS DEL DINAMÓMETRO				
	Tipo		Capacidad	Calibración
CRE (Constan trate of extensión); la variación del alargamiento del espécimen permanece constante.	CRL (Constan trate of loading); la variación de la carga aplicada al espécimen se mantiene constante.	CRT (Constan trate of traverse); la variación del desplazamiento de la mordaza (mordaza inferior) se mantiene.	Se refiere a capacidad al rango de medición del dinamómetro, es decir, la diferencia que se mantiene entre el valor mayor y el valor menor obtenido o que puede leer el equipo.	Antes de utilizar el equipo se debe tomar en cuenta ciertos parámetros o calibraciones para su uso correcto, por ejemplo: calibrar la fuerza, el alargamiento, velocidad de tracción, todas las calibraciones basándose en la normativa que rige el laboratorio.

Fuente: Adaptada de: (Lockuán Lavado, 2012).

3.7.2. Torsiómetro

Es un equipo de laboratorio textil, que tiene como objetivo determinar el número de vueltas (torsiones) que conforman los hilos, sea este de uno, dos o más cabos. “Las unidades de medición es igual, al número de vueltas (torsiones) por unidad, de longitud (centímetros, pulgadas, metros, etc.)”(Chicaiza Cañarejo, 2022).

Este aparato tiene como objetivo determinar las vueltas de torsión del hilo, la cantidad de torsión en términos de vueltas por unidad de longitud y la alteración de la longitud del material distorsionado.

Figura 32.

Torsiómetro



Fuente: El Autor

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta los datos y resultados obtenidos durante el análisis que se realizó en los diferentes equipos de laboratorio como: torsiómetro y dinamómetro cada uno de los procesos con sus respectivas probetas, tomadas de distintas partes de la muestra como indica la norma.

4.1. Obtención de las fibras de plátano

Se selecciona el pseudotallo maduro, considerándose un pseudotallo en condiciones óptimas para la extracción de la fibra. Una vez realizado el corte al pseudotallo, se lo debe mantener entre 4 a 15 días sin desglosar, bajo sombra, en un ambiente fresco y seco para evitar la oxidación. Las vainas foliares una vez separadas tienen entre 2 a 3 días de almacenamiento en las mismas condiciones que el pseudotallo, luego de este tiempo las capas pierden hidratación, se oxidan tomando un color marrón dificultando la obtención de fibras.

Figura 33.

Estado adecuado de las capas para extraer la fibra.



Fuente: El Autor

Para la obtención de las fibras mediante el método artesanal, se debe tener precaución con las herramientas a emplear, deben estar en buenas condiciones para evitar la rotura de las fibras y como consecuencia generar desperdicio de la fibra.

Figura 34.

Método artesanal (Obtención de la fibra)



Fuente: El Autor

4.1.1. Método de obtención de la fibra de plátano

Se realiza la obtención de la fibra de cada una de las capas del pseudotallo, con la ayuda de una madera en una superficie plana (no debe tener fisuras), se elimina la lignina y un % de agua que contiene la capa y con mucha precaución para no romper las fibras, una vez eliminadas las impurezas (lignina, hemicelulosa) de la capa del pseudotallo queda las fibras con un porcentaje de humedad y algunas impurezas.

Figura 35.

Obtención de la fibra de plátano



Nota: En la figura se observa: a) Mediante el uso de un racle de madera y haciendo un movimiento con fuerza se elimina la lignina. b) Con la ayuda de la punta de un cuchillo se separan las fibras de la capa del pseudotallo. **Fuente:** El Autor

4.1.2. Eliminación de lignina y parte malla de la capa del pseudotallo.

La eliminación de la lignina se da al momento de la obtención de la fibra, se elimina impurezas, agua, y también fibras con poca resistencia.

Figura 36.

Eliminación de la lignina



Fuente: El Autor

La vista de la parte malla de la capa del pseudotallo se da cuando se realiza un corte longitudinal a la capa, también se puede obtener fibras de esta parte, pero al ser menos resistentes y con el método artesanal estas se rompen y no se logra su obtención.

Figura 37.

Vista de la parte malla



Fuente: El Autor

4.2. Clasificación de las fibras de plátano

Para la obtención de las distintas calidades de fibra, en primer lugar, se debe separar las capas del pseudotallo, las primeras capas proporcionan la fibra dura y las capas que se encuentran al interior otorgan la calidad suave. Y las últimas capas, las que se encuentran en el núcleo del pseudotallo no proveen fibra debido que, al realizar el proceso de obtención, estas sufren rompimiento, son delicadas y quebradizas haciendo imposible la extracción.

Figura 38.

Obtención de las primeras capas del pseudotallo



Fuente: El Autor

Figura 39.

Capas para obtener la fibra suave



Fuente: El Autor

Se debe tomar en cuenta que al ejecutar el proceso artesanal solamente fue posible realizar la obtención de fibra dura, debido a que esta calidad es más resistente al momento de la eliminación de la lignina y la hemicelulosa, en cambio las capas que se encuentran más internamente del pseudotallo son más delicadas y a la mínima fricción con los materiales de extracción de las fibras se cortan o se quiebran y por tanto se dificulta el procedimiento, es por ello que se realizó la elaboración del hilo únicamente con la fibra de calidad dura.

Figura 40.

Clasificación de fibras



Fuente: El Autor

4.3. Elaboración del hilo

La elaboración del hilo se realiza con la calidad dura, una vez que las fibras están secas se proceder al hilado, después de someter las hebras de hilo de plátano a un proceso de torsión y estiramiento adicional para mejorar su resistencia y durabilidad. Esto se realiza mediante el giro de los hilos en sentido S para compactar las fibras.

Figura 41.

Hilo de fibra de plátano



Fuente: El Autor

Para la elaboración del hilo se realiza el peinado para eliminar las impurezas que se encuentran adheridas y darle una flexibilidad para el hilado, el método para hilar se lo realiza de manera artesanal, con un procedimiento similar al hilado de la cabuya y el abacá. Que consiste en realizar el escarmenado o peinado y el hilado.

Figura 42.

Proceso de escarmenado de las fibras



Fuente: (Masabalín Soxo, 2019)

El hilo obtenido es muy irregular, contiene partes finas y gruesas, partes donde las fibras se enmarañan y forman nudos.

Figura 43.

Hilo irregular



Fuente: El Autor

4.3.1. Determinación de la torsión del hilo de plátano

En la Tabla 15 se presenta el número de probetas que se analizó para la determinación de la cantidad de torsiones por metro (T/m) del hilo de plátano, se realiza una comparación con las torsiones del hilo de abacá.

Tabla 15.

Torsiones por metro del hilo de plátano

# Probeta	T/m
1	71.5
2	65.4
3	90.1
4	78.0
5	71.7
6	64.5
7	67.6
8	63.1
9	51.9
10	56.3
Promedio	68.01

Fuente: El Autor

Para realizar una comparación se evaluó con un hilo de abacá con título de 0.9 Nm y con 55.96 T/m con el hilo obtenido de la fibra de plátano, mismos que visualmente son similares, en cuanto a resistencia tiene cierta similitud, e inclusive desde la obtención del pseudotallo, la principal diferencia es que el abacá no produce frutos y sus hojas son de mayor tamaño, posee más brillo que la fibra de plátano.

Tabla 16.

Torsiones por metro del hilo de abacá

# Probeta	T/m
1	50.1
2	65.4
3	38.2
4	48.5
5	54.8
6	65.0
7	53.8
8	66.2
9	51.7
10	65.9
Promedio	55.96

Fuente: El Autor

Figura 44.

Determinación de torsiones del hilo de plátano



Fuente: El Autor

4.3.2. Determinación del título para el hilo de plátano

Para el análisis de este ensayo, se procede a la obtención de 5 probetas del hilo de plátano, como se puede observar en la Tabla 17, se tomaron muestras de 1 metro de longitud y el título se obtuvo en el Sistema Indirecto, unidad Nm.

Tabla 17.

Determinación del título del hilo de plátano

# Probeta	Peso en 1m (g)	Media aritmética (g)	Título (Nm)
1	1.0532		
2	1.1580		
3	1.3424	1.2125	0.82
4	1.1011		
5	1.4078		

Fuente: El Autor

4.3.3. Resistencia a la tracción y elongación

El ensayo se realizó en el equipo dinamómetro Heal. Modelo: Titán 5 de laboratorio de la Carrera de Textiles, los detalle del ensayo se observan en la Tabla 18, empleando la Norma ISO 2062:2009 Determinación de la resistencia a la tracción y elongación, se emplea 10 probetas del hilo de plátano, como nos indica la norma, las muestras son acondicionadas a una temperatura ambiente de 21°C y 65% HR (Humedad relativa).

Figura 45.

Ensayo de resistencia a la tracción



Fuente: El Autor

Tabla 18.*Detalle del ensayo de resistencia a la tracción*

Detalles del ensayo	
Equipo	Dinamómetro James Heal. Modelo: Titán 5
Nombre de la prueba	Rotura
Referencia:	Crudo
Material:	Plátano
Probetas:	10
Plan de Mordazas:	T15
Separación de mordazas:	250,00 mm
Ganancia de control de fuerza	25
Celda de carga:	1000 N
Versión:	5.0.10.0
Firmware:	V2.7
Configuración del procedimiento	
Detección de rotura:	20 %
Pretensión:	0,05 N
Velocidad:	250,00 mm/min

Fuente: El Autor

En la Tabla 18 se observa el detalle del ensayo de resistencia a la tracción y elongación que se realizó al hilo de plátano y abacá, donde se procedió a tomar 10 probetas de cada muestra, según lo descrito en la norma se sugiere tomar las probetas de diferentes partes de la muestra para la obtención de datos más confiables.

En la Tabla 19 se especifica el ensayo de resistencia del hilo de plátano, se realiza a cada muestra, mostrando la fuerza máxima aplicada, el % de elongación obtenido y el tiempo en segundos que tarda el hilo en romperse. De todos los datos se obtiene un número promedio.

Tabla 19.

Resistencia a la tracción y elongación del hilo de plátano

Probeta	Fuerza máxima (N)	Extensión (%)	Tiempo de rotura (s)
1	310,84	9,18	0:05
2	280,97	8,43	0:05
3	276,77	8,59	0:05
4	220,51	6,52	0:03
5	349,7	8,69	0:05
6	316,35	7,44	0:04
7	389,38	8,36	0:05
8	560,49	8,03	0:12
9	350,91	7,35	0:04
10	439,56	8,08	0:05
Media	349,55	8,07	0:05
Desviación típica	96,28	0,7749	0:02
Límites de confianza	±68,86	±0,5542	±00:01
Coefficiente de Variación	27,55%	9,60%	41,54%

Fuente: El Autor

Figura 46.

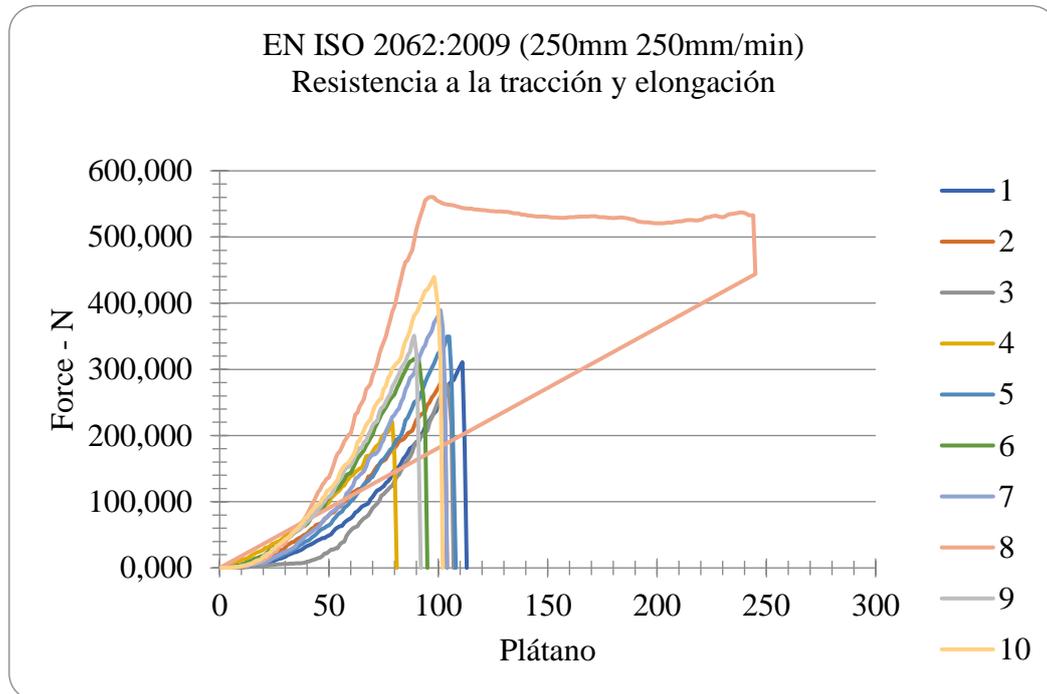
Hilo con rotura por acción de fuerza



Fuente: El Autor

Figura 47.

Norma ISO 2062:2009 Resistencia a la tracción y elongación, hilo plátano



Nota. En la figura 39 se observa la variación del ensayo de resistencia a la tracción de cada una de las probetas del hilo de plátano, cada una de las probetas presenta cierta variación en la resistencia, esto debido a que el método de hilado es artesanal y por tanto los hilos presentan irregularidades. **Fuente:** El Autor

Tabla 20.

Resistencia a la tracción y elongación del hilo de abacá

Probeta	Fuerza máxima (N)	Extensión (%)	Tiempo de rotura (s)
1	232,91	8,2	0:05
2	269,72	7,08	0:04
3	194,61	6,26	0:03
4	192,17	5,01	0:03
5	358,65	5,96	0:03
6	261,77	7,34	0:04
7	220,5	6,35	0:03
8	284,36	6,2	0:03

9	280,4	7,02	0:04
10	245,31	7,18	0:04
Media	254,04	6,66	0:04
Desviación típica	49,3	0,888	0:00
Límites de confianza	±35,26	±0,6351	±00:00
Coefficiente de Variación	19,40%	13,33%	12,43%

Fuente: El Autor

4.4. Tabla general de datos

En la Tabla 21, se presenta los promedios: del título, torsiones, resistencia a la tracción. Los datos del hilo de plátano se los obtuvo una vez elaborado el hilo en el taller artesanal y una vez obtenido el hilo, se procede a determinar el título, torsiones y la resistencia con el fin de realizar una comparación con un hilo de abacá, obteniendo así los siguientes datos.

Una vez que se ha obtenido los datos, se procede al análisis en el software Past 4, para comprobar la confiabilidad de los ensayos.

Tabla 21.

Tabla general de datos

Medias Aritméticas Hilos de Plátano	
Título	0.82 Nm
Torsiones	68.01 T/m
Resistencia	349,55 N
Medias Aritméticas Hilos de Abacá	
Título	0.9 Nm
Torsiones	55.96 T/m
Resistencia	254,04 N

Fuente: El Autor

4.4.1. Título de los hilos

En base a los títulos del hilo de plátano y de abacá, se trabajó en el Sistema Indirecto, unidad Nm (Número Métrico), se define que a mayor número más fino es el hilo, obteniendo como resultado que el hilo elaborado con fibras de plátano posee un título de 0.82 Nm y el de abacá 0.9 Nm, considerando que los hilos fueron elaborados de manera artesanal.

4.4.2. Torsiones por metro

En el ensayo de torsiones por metro (T/m), al realizar el análisis de los datos obtenidos, se llegó a la conclusión de que a más torsiones más resistente puede llegar a ser el hilo, en el caso expuesto con el hilo de plátano se tiene 68.01 T/m y el de abacá posee 55.96 T/m , donde existe una variación de resistencia considerable entre ambos hilos, pero en torsiones es una mínima variación, por tanto se puede decir que a más torsiones, se obtiene mayor resistencia y por ende se tiene una relación directamente proporcional entre ambas características.

4.5. Evaluación de resultados

La evaluación de los resultados se analizó en el software estadístico PAST 4 para verificar su confiabilidad.

4.5.1. Test de normalidad

En la Figura 47, se observa el análisis de los datos de resistencia a la tracción y elongación de los hilos de plátano y abacá, donde se comprueba que el p valor es normal, tomando en cuenta que un valor > 0.05 se considera una distribución estándar de los datos y por tanto los ensayos son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95%.

Figura 48.

Test de normalidad del ensayo

Tests for normal distribution

	Título (Nm)	Tpm	Resistencia a la tracc
N	2	2	2
Shapiro-Wilk W	1	1	1
p(normal)	1	1	1
Anderson-Darling A	0,2505	0,2505	0,2505
p(normal)	0,2267	0,2267	0,2267
p(Monte Carlo)	1	1	1
Lilliefors L	0,2602	0,2602	0,2602
p(normal)	0,7765	0,7765	0,7765
p(Monte Carlo)	1	0,0437	0,1186
Jarque-Bera JB	0,3333	0,3333	0,3333
p(normal)	0,8465	0,8465	0,8465
p(Monte Carlo)	0,8987	0,8912	0,8922

Nota: En la tabla se observa la validación de los datos obtenidos, donde se presentan valores mayores a 0.05 por lo tanto, son confiables en un 95%. **Fuente:** Software PAST 4

En la Figura 49 se detalla el análisis de la resistencia a la tracción y elongación, torsiones por metro y título del hilo de plátano y abacá.

Figura 49.

Test de varianza del ensayo

Univariate statistics

	Título (Nm)	Tpm	Resistencia a la tr
N	2	2	2
Min	0,82	55,96	254,04
Max	0,9	68,01	349,55
Sum	1,72	123,97	603,59
Mean	0,86	61,985	301,795
Std. error	0,04	6,025	47,755
Variance	0,0032	72,60125	4561,08
Stand. dev	0,05656854	8,520637	67,53577
Median	0,86	61,985	301,795
25 prcnil	0,82	55,96	254,04
75 prcnil	0,9	68,01	349,55
Skewness	0	0	0
Kurtosis	-2,75	-2,75	-2,75
Geom. mean	0,8590693	61,69149	297,9928
Coeff. var	6,577737	13,74629	22,37803

Fuente: Software PAST 4

4.5.2. Discusión de resultados

Los datos obtenidos en cada uno de los ensayos indican cierta diferencia entre la calidad suave y dura.

Se concluye que, en el análisis de resistencia a la tracción y elongación de las fibras dura y suave, la de calidad dura es más resistente presentando un valor de 16,9 N. Una vez analizadas las fibras, se procede a la elaboración del hilo de plátano y a continuación se procede al análisis del hilo y se obtienen algunos datos como determinación del título, torsiones y resistencia a la tracción, estos datos se obtienen tanto del hilo de plátano como del hilo de abacá.

Tomando en cuenta que en un inicio a simple vista los hilos tienen algunas similitudes. En la determinación de las torsiones de los hilos se obtuvo los siguientes datos, hilo de plátano posee 68.01 T/m y el hilo de abacá obtuvo 55.96 T/m, donde el hilo de plátano mantiene una diferencia de 12 T/m, concluyendo que necesita más torsiones para su hilado.

En el ensayo de resistencia a la tracción se obtuvo que el hilo de plátano posee una resistencia promedio de 349,55 N, una resistencia mínima de 220,51 N y una máxima de 560,49 N, estos valores se los presenta en la Tabla 19. La resistencia del hilo de abacá es de 254,04 N, obteniendo como resultado que el hilo de plátano es 27% más resistente que el hilo de abacá, haciendo alusión que mantienen un título similar.

Tabla 22.

Datos obtenidos de los ensayos

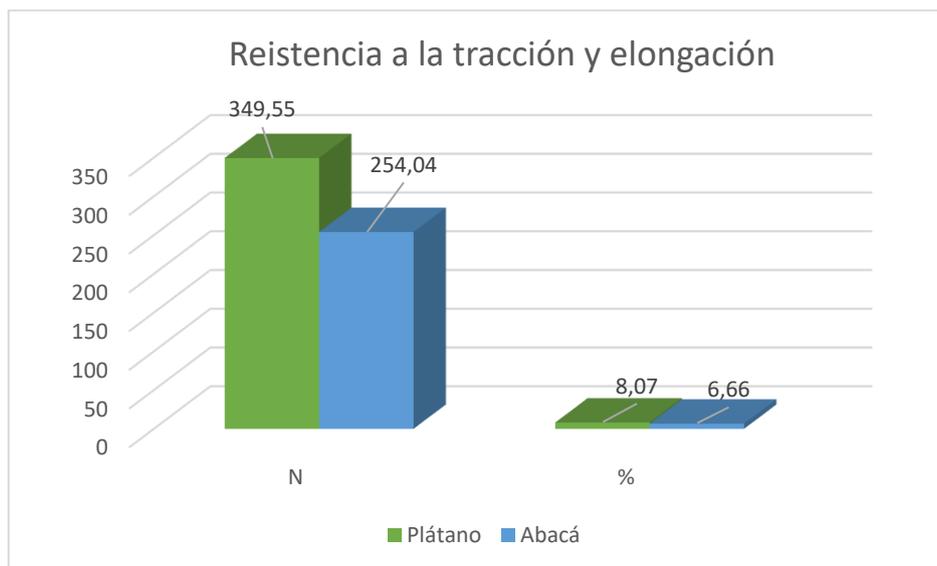
	Resistencia (N)	Torsiones (T/m)	Título (Nm)
Plátano	349,55	68.01	0.82 Nm
Abacá	254,04	55.96	0.9 Nm

Fuente: El Autor

En la Tabla 22, se puede observar la diferencia de los datos de resistencia a la tracción del hilo de plátano y el hilo de abacá, donde el hilo de plátano posee mayor resistencia en comparación al abacá.

Figura 50.

Resistencia a la tracción del hilo de plátano y abacá



Fuente: El Autor

Según los datos de la Tabla 22, el hilo de plátano presenta mayor resistencia que el hilo de abacá en un 27%. En torsiones el hilo de plátano necesita alrededor del 17% más de torsiones y se llega a la conclusión de que a más torsiones mayor resistencia, siendo una relación directamente proporcional. Tomar en cuenta que el hilo se elaboró de manera artesanal, por lo tanto, el hilo es irregular.

Tabla 23.

Datos obtenidos de la resistencia a la tracción de la fibra

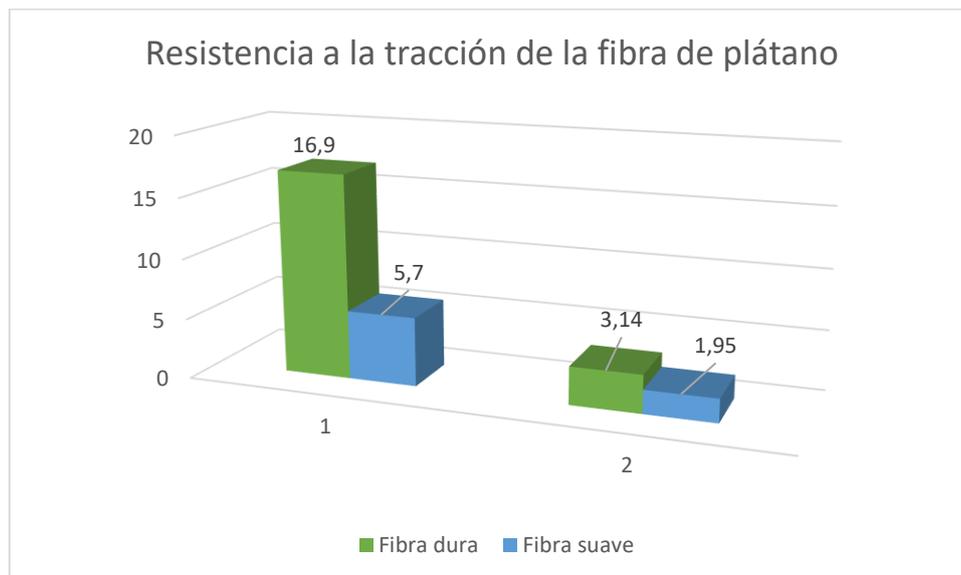
Tipo Fibra	N	%
Fibra dura	16,9	3,14
Fibra suave	5,7	1,95

Fuente: El Autor

En la Figura 51 se presenta los análisis de los resultados de resistencia a la tracción obtenidos de las calidades de la fibra (dura y suave), luego de realizar el ensayo con las diferentes probetas se llega a la conclusión que la calidad dura es más resistente que la suave, existe poca diferencia en el % de elongación.

Figura 51.

Resistencia a la tracción de la fibra de plátano



Fuente: El Autor

Según los resultados obtenidos la fibra dura presenta una resistencia 16,9 N y la suave una resistencia de 5,7 N y al comparar los resultados obtenidos se determina que la calidad dura presenta un 33% más resistente que la suave, sabiendo que las fibras obtenidas son de las primeras capas del pseudotallo y la fibra suave de las capas internas del pseudotallo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación, se realizó con el fin de obtener las fibras del pseudotallo del plátano y elaborar el hilo mediante el método artesanal, llegando a las siguientes conclusiones.

5.1. Conclusiones

- Según la revisión de fuentes bibliográficas se establece el proceso de obtención de la fibra de plátano: selección del pseudotallo, separar las capas, extraer las fibras, acondicionar y secar, escarmenado de las fibras, elaboración del hilo y almacenaje.
- Se concluye que el uso de la fibra de plátano se considera una alternativa sostenible en comparación a las fibras sintéticas, debido a que el pseudotallo es un subproducto de la planta de plátano, por lo que su uso contribuye a la utilización eficiente de los recursos.
- Al realizar la obtención de la fibra se concluye que la capa externa del pseudotallo proporciona la fibra de calidad dura y de la parte interna se obtiene la calidad suave.
- Al elaborar el hilo mediante el método artesanal, como resultado se obtiene un hilo con el título promedio de 0,82 Nm con 68.01 T/m.
- Para concluir, en esta investigación, se obtiene la resistencia a la tracción y elongación según el procedimiento de la Norma ISO 2062:2009 la resistencia de 349,55 N y una elongación de 8,07% para el hilo de plátano y para el hilo de abacá se obtiene 254,04 N y 6,66% respectivamente.
- En función de los resultados obtenidos, se concluye que el hilo de plátano con título 0,82 Nm posee mayor resistencia a la tracción en un 27 % y 17% de elongación con respecto al hilo de abacá. Ver Tabla 22.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda seleccionar los pseudotallo maduros para obtener una fibra de calidad.
- Se recomienda realizar cortes limpios al pseudotallo, para evitar dañar la fibra y facilitar el proceso posterior, proteger de la luz solar directa y de la humedad para evitar la oxidación.
- Para extraer las fibras de la capa, se recomienda hacer cortes rectos, no estropear la capa.
- El secado de las fibras realizar en un lugar ventilado, evitando la exposición directa al sol, ya que puede debilitar la fibra.
- Para la elaboración de los hilos, se recomienda seguir investigando un proceso para estandarizarlo y así obtener hilos más homogéneos y de buena calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Barahona, K. D., Mogrovejo Guerrero, X. D., & Rojas Zapata, F. (2012). Experimentación Y Posibles Aplicaciones De La Fibra De Banano En El Campo Textil [Universidad del Azuay]. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. <http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/handle/cidap/1602>
- Alarcón Villarroel, D. F. (2018). *Construcción de un desfibrador de pabalo a base de aire comprimido* [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19112>
- Armas Ruiz, D., Ruiz Galarza, S., Piován, M., Carrión Matamorros, L., & Narváez Muñoz, C. (2016). *Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo*. 20, 21–31. <https://www.redalyc.org/journal/614/61447568003/html/>
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. *Registro Oficial 449 de 20 Oct. 2008*, 1–136. <https://www.cosedo.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Carchi Maurat, D. E. (2014). *Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas provenientes del cultivo de Banano para obtener Nanocelulosa* [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5292/1/tesis.pdf>
- Chandrasekhar, A. (2019). *El banano, una alternativa al algodón*. <https://www.swissinfo.ch/spa/el-banano--una-alternativa-al-algodón/44818646>
- Chiappe, S. (2019). Musa Fibra de plátano [Universidad de los Andes]. In *Universidad de los Andes*. <http://hdl.handle.net/1992/45661>
- Chicaiza Cañarejo, C. J. (2022). *Determinación del porcentaje de torsión del primero y Segundo paso de retorcido en la fabricación del hilo de fantasía frisé, en relación del número de efectos del hilo*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11923>
- Cifuentes Sánchez, W. G., & Cifuentes Rivera, E. (2019). *Propuesta de aprovechamiento de la fibra de plátano en la región del Ariari Departamento del Meta* [Universidad Pontificia Bolivariana]. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4925/Propuesta aprovechamiento fibra de plátano.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4925/Propuesta%20aprovechamiento%20fibra%20de%20plátano.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Delgado Loor, N. A. (2019). *Comportamiento mecánico de una teja tipo elaborada con mortero hidráulico y prototipo con adición de fibra de tallo de banano* [Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2777>
- Google Maps. (2022). *Google Maps*. <https://www.google.com.ec/maps/place/Ingenieria+Textil+UTN/@0.3779989,-78.125554,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xaccdd8e286efad45!8m2!3d0.3779989!4d-78.1233653?hl=es>
- Hendriksz, V. (2017). *Innovación en Textiles Sustentables: Banana Fibre*. <https://fashionunited.es/noticias/moda/innovacion-en-textiles-sustentables-banana-fibre/2017090824373>
- Hernández Balcázar, M. A. (2020). *Propuesta De Fibras Biodegradables Que Sirvan Como Insumos En La Industria Textil* [Universidad EIA]. https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2572/HernandezMaria_2020_PropuestaFibrasBiodegradables.pdf?sequence=1
- Lockuán Lavado, F. E. (2012). *La Industria Textil Y Su Control De Calidad. III*, 1–276.
- Manrique Carvajal, A. M., & Rivera Galvis, D. A. (2012). *Aprovechamiento de los Residuos del Pseudotallo del banano común (Musa sp AAA) y del Bocado (Musa spAA) para la extracción de fibras textiles*. [Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/6284458M285.pdf>
- Masabalín Soxo, M. E. (2019). *Diseño de bolsos con técnicas de tejidos en fibra de cabuya*. 1–202.
- Mazzeo Meneses, M., León Agatón, L., Mejía Gutiérrez, L. F., Guerrero Mendieta, L. E., & Botero, J. D. (2010). *Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas*. 128–139. <https://educacioningenieria.org/index.php/edi/article/view/14>
- Moreno Sáenz, D. A., & Neusa Rey, J. S. (2021). *Evaluación para la obtención de una fibra textil a partir de pseudotallo de plátano* [Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8317/1/6161797-2021-1-IQ.pdf>
- Pedraza Abril, C. G. (2019). *Caracterización de la fibra del pseudo tallo de plátano como*

- refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Quitama Pastaz, A. B. (2020). *Análisis de resistencia a la tracción de hilos retorcidos 100% algodón en relación a su título, torsiones y doblados* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10964>
- Rahhali, A., Carrillo, F., Macanás, J., Cañavate, J., & Colom, X. (2016). *Materiales compuestos termoplásticos cargados con residuos biogénicos de base proteínica: influencia del tamaño de partícula*. 1–10. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/308401/398419>
- Rosero Rodríguez, A. I. (2018). *Análisis de las propiedades físicas y conductibilidad de los hilos para la elaboración de un tejido inteligente* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8153>
- Solé Cabanes, A. (2012). Hilatura del algodón. *Hilatura de Algodón*, 1–64.
- Subagyo, A., & Chafidz, A. (2018). Banana Pseudo-Stem Fiber: Preparation, Characteristics, and Applications. In *Banana Nutrition - Function and Processing Kinetics* (p. 13). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82204>
- Tapia, C., Paredes, C., Simbaña, A., & Bermúdez, J. (2006). Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 19, 113–120. <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/210/153>
- Tinajero Moreano, A. A. (2018). “*Diseño experimental de mobiliario para el sector de ecoturismo empleando los desechos del pseudotallo del banano de las plantaciones de Mindo*” [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15363>
- Torres Guzmán, K. P. (2013). *Expperimentacion Tecnologica De La Fibra De Banano Aplicada En El Diseño De Objetos*. <http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.D3DCF140&lang=es&site=eds-live>
- Torres Montalvo, A. E., & Vera Morán, A. J. (2015). *Análisis de la utilización del tallo del banano como fuente de fibra, para potencializar la producción de artesanías del cantón El Triunfo y su futura exportación*.

http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17209/1/TESIS_FINAL.pdf

Tualombo Perdomo, S. A. (2015). *Desarrollo de un material compuesto a partir de fibras naturales para la utilización en viviendas* [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/11168>

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Universidad Técnica del Norte*.
<https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>

ANEXOS

Anexo 1.

Obtención del pseudotallo de la planta del plátano



Fuente: El Autor

Anexo 2.

Obtención de las capas del pseudotallo del plátano



Fuente: El Autor

Anexo 3.

Medición de longitud y peso de la capa del pseudotallo



Fuente: El Autor

Anexo 4.

Eliminación de lignina de la capa del pseudotallo



Fuente: El Autor

Anexo 5.

Vista de la parte malla de la capa del pseudotallo



Fuente: El Autor

Anexo 6.

Obtención de la fibra de plátano mediante el método artesanal



Fuente: El Autor

Anexo 7.

Secado de la fibra de plátano



Fuente: El Autor

Anexo 8.

Vista al microscopio de la fibra de plátano



Fuente: El Autor

Anexo 9.

Oxidación del pseudotallo del plátano



Fuente: El Autor

Anexo 10.

Oxidación de las capas del pseudotallo



Fuente: El Autor

Anexo 11.

Diferencia de secado de las capas del pseudotallo



Fuente: El Autor

Anexo 12.

Determinación de las torsiones del hilo de plátano



Fuente: El Autor

Anexo 13.

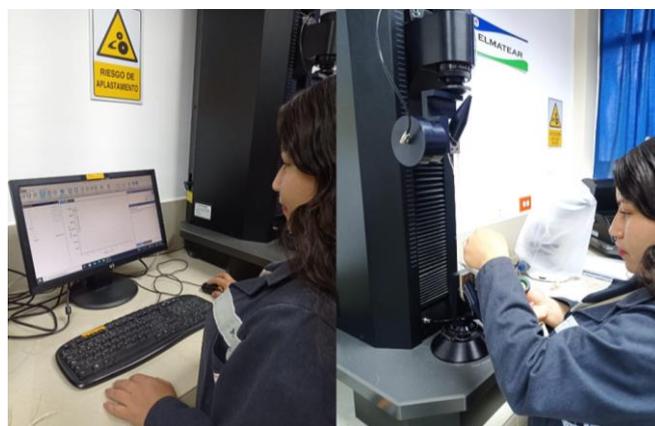
Hilo de plátano sin torsiones



Fuente: El Autor

Anexo 14.

Ensayo de resistencia a la tracción



Fuente: El Autor

Anexo 15.

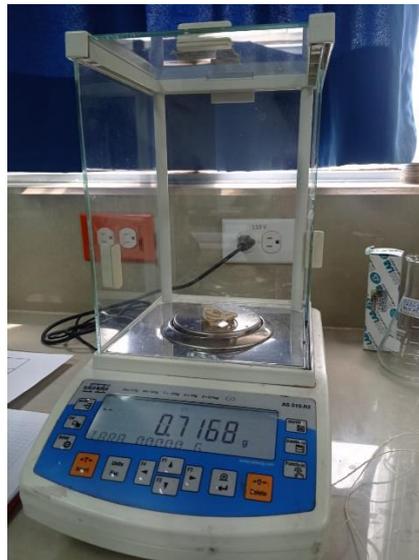
Rotura del hilo de plátano en el dinamómetro



Fuente: El Autor

Anexo 16.

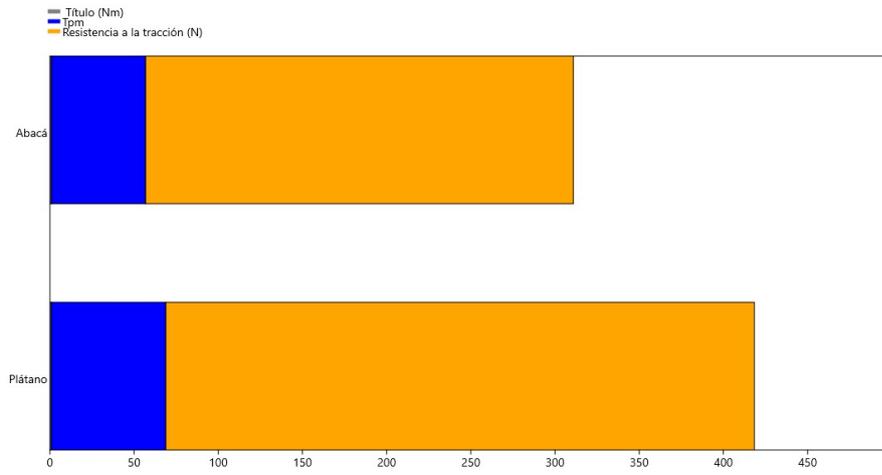
Valor del peso del hilo de plátano para cálculo del título



Fuente: El Autor

Anexo 17.

Análisis de los datos del hilo de plátano y abacá



Fuente: Software PAST 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA TEXTIL



Ibarra, 12 de febrero del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

CERTIFICO

Que la señorita ROSERO CASTRO JESSICA MARISOL, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004175079, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado: ELABORACIÓN DE HILO CON FIBRAS OBTENIDAS DEL PSEUDOTALLO DE LA PLANTA DE PLÁTANO "MUSA PARADISIACA", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **DINAMÓMETRO TITÁN 5 MODELO 1410** – Determinación de resistencia a la tracción y elongación Norma ISO 2062:2009
- **BALANZA ELECTRÓNICA**
- **TORSIÓMETRO**

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



firmado electrónicamente por:
FAUSTO EDMUNDO
GUALOTO MAFLA

ING. GUALOTO FAUSTO M.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX