



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL CULTIVO DE BANANO  
(*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) EN LA  
PRODUCCIÓN ARTESANAL DE FIBRA TEXTIL**

**AUTORAS:**

**DELGADO MOREIRA MARÍA ISABEL  
VIDAL ZAMBRANO DIANA BEATRIZ**

**TUTOR:**

**ING. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, MG. C.A.**

**CALCETA, OCTUBRE DE 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Delgado Moreira María Isabel y Vidal Zambrano Diana Beatriz, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.



---

**María Isabel Delgado Moreira**



---

**Diana Beatriz Vidal Zambrano**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**Carlos Ricardo Delgado Villafuerte** certifica haber tutelado el proyecto **APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) EN LA PRODUCCIÓN ARTESANAL DE FIBRA TEXTIL**, que ha sido desarrollado por **Delgado Moreira María Isabel y Vidal Zambrano Diana Beatriz**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López.

---

**Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte Mg. C.A**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que han aprobado el trabajo de titulación **APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) EN LA PRODUCCIÓN ARTESANAL DE FIBRA TEXTIL**, que ha sido propuesta, desarrollado y sustentada por **Delgado Moreira María Isabel y Vidal Zambrano Diana Beatriz**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

Ing. José Reyna Bowen, PhD.  
**MIEMBRO**

---

Ing. Jonathan Chicaiza Intriago, MSc.  
**MIEMBRO**

---

Blga. María Fernanda Pincay Cantos, MSc.  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

Las autoras de este trabajo de investigación agradecen a Dios, por ser fuente infinita de fortaleza.

A nuestros padres, a quienes debemos todo lo que somos.

A nuestros familiares, por ser un apoyo constante de motivación, y

A nuestras amigas Virginia y Yomaly, su amistad ha sido formidable.

**María Isabel Delgado Moreira**

**Diana Beatriz Vidal Zambrano**

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a quienes nunca dejan de luchar por cumplir sus sueños. Y, por supuesto, a quienes impulsan la persistencia, como mi amado esposo Ronald Leonel Zambrano Marquez, sin usted no estaría redactando estas líneas.

Porque siempre serán mi mayor inspiración, dedico este trabajo a Reina Isabel Moreira Lucas y Ramón Aquilino Saltos Moreira, mis amados padres.

A mi hermano José Sebastián Saltos Moreira, seremos grandes ingenieros.

Con todo mi amor dedico este trabajo a mis abuelitos Pascuala y Sebastián.

Para mis mejores amigas Diana, Virginia y Yomaly.

Charlie, este trabajo también es para ti.

Dedico también este trabajo, a los estudiantes que se esfuerzan al máximo, sé que no es el camino más sencillo; sin embargo, puedo asegurarles que vale la pena.

**María Isabel Delgado Moreira**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a mis apreciados padres, Dolores Isabel Zambrano Bravo y José del Carmen Vidal Marcillo, que son lo más importante de mi vida, mi pilar fundamental que Dios me ha dado.

También dedico este trabajo a mis abuelitos que significan todo para mí, aunque algunas ya no están en este mundo, sus recuerdos continúan en mi mente y mi corazón.

A mis hermanos y hermanas quienes me han apoyado en todo momento.

Para mis mejores amigas Isabel, Virginia y Yomaly que han formado parte en esta importante etapa de mi vida.

**Diana Beatriz Vidal Zambrano**

## CONTENIDO GENERAL

|   |          |
|---|----------|
| DERECHOS DE AUTORÍA .....                                   | ii       |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....                                | iii      |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....                                | iv       |
| AGRADECIMIENTO.....   | v        |
| DEDICATORIA.....  | vi       |
| DEDICATORIA.....  | vii      |
| CONTENIDO GENERAL.....                                      | viii     |
| CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS .....                         | xi       |
| RESUMEN .....   | xiii     |
| ABSTRACT .....  | xiv      |
| <b>1      CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>                 | <b>1</b> |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema .....         | 1        |
| 1.2. Justificación .....                                    | 2        |
| 1.3. Objetivos.....   | 3        |
| 1.3.1. Objetivo general.....                                | 3        |
| 1.3.2. Objetivos específicos.....                           | 3        |
| 1.4. Hipótesis .....  | 4        |
| <b>2      CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>              | <b>5</b> |
| 2.1. Industria textil.....                                  | 5        |
| 2.1.1. Fibra textil.....                                    | 5        |
| 2.1.1.1. Tipos de fibra textil .....                        | 5        |
| 2.1.1.2. Propiedades de las fibras textiles.....            | 6        |
| 2.1.1.2.1. Propiedades físicas.....                         | 6        |
| 2.1.1.3. Fabricación de textiles con fibras naturales ..... | 7        |
| 2.2. Banano.....  | 8        |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.2.1.   | Cultivo del banano en Ecuador.....   | 9  |
| 2.2.1.1. | Contaminación al suelo generado por los residuos del pseudotallo de banano.....  | 10 |
| 2.3.     | Obtención de fibras naturales a base de residuos agrícolas.....  | 11 |
| 2.3.1.   | Fibra de banano.....   | 11 |
| 2.3.1.1. | Extracción artesanal de fibra de banano .....  | 13 |
| 2.4.     | Estimación económica .....   | 13 |
| 2.4.1.   | Costo unitario.....  | 13 |
| 2.4.1.1. | Costo de producción .....  | 14 |
| 3        | CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....   | 15 |
| 3.1.     | Ubicación .....  | 15 |
| 3.2.     | Duración.....  | 15 |
| 3.3.     | Métodos .....  | 16 |
| 3.4.     | Técnicas.....  | 17 |
| 3.5.     | Factores en estudio.....   | 18 |
| 3.6.     | Diseño experimental .....  | 18 |
| 3.7.     | Unidad experimental .....  | 18 |
| 3.8.     | Variables a medir .....  | 19 |
| 3.8.1.   | Variable independiente .....   | 19 |
| 3.8.2.   | Variable dependiente.....  | 19 |
| 3.9.     | Manejo del experimento.....  | 19 |
| 3.9.1.   | Fase I. Determinación de las propiedades físicas de la fibra del pseudotallo de las especies <i>Musa sapientum</i> , <i>Musa paradisiaca</i> y <i>Musa acuminata</i> para su posible utilización como materia prima de la industria textil19 |    |
| 3.9.1.1. | Actividad 1. Recolección de pseudotallos .....   | 19 |
| 3.9.1.2. | Actividad 2. Procesamiento artesanal de la fibra.....  | 19 |
| 3.9.1.3. | Actividad 3. Análisis de las propiedades físicas de la fibra de  |    |

|   |   |    |
|---|---|----|
|   |   | x  |
|   | pseudotallo .....   | 20 |
|   | 3.9.1.4. Actividad 4. Procesamiento de los resultados de los análisis   | 23 |
|   | 3.9.2. Fase II. Identificación de la especie con mejores propiedades físicas  | 23 |
|   | 3.9.2.1. Actividad 5. Comparación de las propiedades físicas de <i>Musa sapientum</i> , <i>Musa paradisiaca</i> y <i>Musa acuminata</i> con otras fibras vegetales textiles   | 23 |
|   | 3.9.3. Fase III. Estimación económica del costo del proceso de extracción artesanal de la fibra del pseudotallo de banano para su posterior explotación   | 24 |
|   | 3.9.3.1. Actividad 6. Presentación de un presupuesto general de la extracción artesanal de fibra de banano .....  | 24 |
| 4 | CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 25 |
|   | 4.1. Determinación de las propiedades físicas de la fibra del pseudotallo de las especies <i>Musa sapientum</i> , <i>Musa paradisiaca</i> y <i>Musa acuminata</i> para su posible utilización como materia prima de la industria textil ..... | 25 |
|   | 4.1.1. Longitud .....   | 25 |
|   | 4.1.2. Espesor .....  | 28 |
|   | 4.1.3. Forma de la sección transversal .....  | 30 |
|   | 4.1.4. Densidad lineal .....  | 32 |
|   | 4.1.5. Resistencia .....  | 34 |
|   | 4.1.6. Elongación .....   | 36 |
|   | 4.2. Identificación de la especie con mejores propiedades físicas .....   | 38 |
|   | 4.3. Estimación económica del costo del proceso de extracción artesanal de la fibra del pseudotallo de banano para su posterior explotación .....   | 40 |
|   | 4.4. Validación de la hipótesis planteada .....   | 41 |
| 5 | CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 42 |
|   | 5.1. Conclusiones .....   | 42 |
|   | 5.2. Recomendaciones .....  | 43 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA.....   | 44 |
| 7 | ANEXOS.....   | 52 |

## CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 2.1.</b> Composición química de la fibra de banano .....  | 12 |
| <b>Tabla 3.1.</b> Ficha de observación en la que se detallaron las propiedades físicas de la fibra .....                       | 17 |
| <b>Tabla 3.2.</b> Descripción de la conformación de cada unidad experimental .....   | 18 |
| <b>Tabla 3.3.</b> Lista de las propiedades físicas de diversas fibras vegetales empleadas en la industria textil.....          | 23 |
| <b>Tabla 4.1.</b> Ficha de observación empleada en la extracción artesanal de fibra de banano (anexo 1).<br>.....              | 25 |
| <b>Tabla 4.2.</b> Prueba de normalidad aplicada a los datos de longitud de las especies en estudio.....                        | 26 |
| <b>Tabla 4.3.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de longitud de las especies en estudio .....        | 26 |
| <b>Tabla 4.4.</b> ANOVA de las especies en estudio (longitud).....   | 27 |
| <b>Tabla 4.5.</b> Tukey HSD de los valores de longitud.....  | 27 |
| <b>Tabla 4.6.</b> Prueba de normalidad aplicada a los datos de espesor de las especies en estudio .....                        | 28 |
| <b>Tabla 4.7.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de espesor de las especies en estudio .....         | 28 |
| <b>Tabla 4.8.</b> ANOVA del espesor correspondiente a las especies en estudio .....  | 29 |
| <b>Tabla 4.9.</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD del espesor. ....   | 29 |
| <b>Tabla 4.10.</b> Prueba de normalidad aplicada a los datos de densidad lineal de las especies en estudio.<br>.....           | 32 |
| <b>Tabla 4.11.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de densidad lineal de las especies en estudio..... | 32 |
| <b>Tabla 4.12.</b> Resultados del ANOVA aplicado a la densidad lineal de las especies en estudio.....                          | 32 |
| <b>Tabla 4.13.</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD de la densidad lineal.....   | 33 |
| <b>Tabla 4.14.</b> Prueba de normalidad aplicada a los datos de resistencia de las especies en estudio.                        | 34 |
| <b>Tabla 4.15.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de resistencia de las especies en estudio .....    | 34 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 4.16.</b> Resultados del ANOVA aplicado a la resistencia de las especies en estudio.....                         | 34 |
| <b>Tabla 4.17.</b> Prueba de Tukey HSD del parámetro resistencia.....   | 35 |
| <b>Tabla 4.18.</b> Prueba de normalidad aplicada a los datos de elongación de las especies en estudio.....                | 36 |
| <b>Tabla 4.19.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de elongación de las especies en estudio..... | 36 |
| <b>Tabla 4.20.</b> Resultados del ANOVA aplicado al parámetro elongación.....   | 36 |
| <b>Tabla 4.21.</b> Prueba de Tukey HSD aplicada al parámetro elongación.....  | 37 |
| <b>Tabla 4.22.</b> Resumen de los parámetros analizados en cada tratamiento.....  | 39 |
| <b>Tabla 4.23.</b> Resultados del análisis de costo de producción.....  | 40 |

## FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 2.1.</b> Tipos de fibras naturales.....  | 6  |
| <b>Figura 2.2.</b> Características de las fibras textiles.....   | 6  |
| <b>Figura 2.3.</b> Aspecto de la sección transversal de las fibras textiles.....   | 7  |
| <b>Figura 2.4.</b> Principales características del pseudotallo del banano.....   | 8  |
| <b>Figura 2.5.</b> Planta de banano y sus partes.....  | 9  |
| <b>Figura 2.6.</b> Clasificación de la fibra de banano.....  | 12 |
| <b>Figura 2.7.</b> Proceso de extracción artesanal de fibra de banano.....   | 13 |
| <b>Figura 3.1.</b> Ubicación geográfica del lugar donde se realizó el proyecto.....  | 15 |
| <b>Figura 3.2.</b> Diagrama del proceso de la operación para la extracción artesanal de la fibra de pseudotallo de banano..... | 20 |
| <b>Figura 4.1.</b> Gráfico de cajas de la longitud correspondiente a las especies en estudio.....                              | 26 |
| <b>Figura 4.2.</b> Gráfico de cajas correspondiente al espesor de las especies en estudio.....                                 | 28 |
| <b>Figura 4.3.</b> Sección transversal de <i>Musa paradisiaca</i> .....  | 30 |
| <b>Figura 4.4.</b> Sección transversal de <i>Musa sapientum</i> .....  | 30 |
| <b>Figura 4.5.</b> Sección transversal de <i>Musa acuminata</i> .....  | 31 |
| <b>Figura 4.6.</b> Gráfico de cajas de la densidad lineal de las especies en estudio.....                                      | 33 |
| <b>Figura 4.7.</b> Representación gráfica de los valores de resistencia de cada especie.....                                   | 35 |
| <b>Figura 4.8.</b> Gráfico de cajas de la elongación correspondiente a las tres especies en estudio.....                       | 37 |
| <b>Figura 4.9.</b> Diagrama natural de las fibras correspondientes a las tres especies en estudio.....                         | 39 |

## RESUMEN

El cultivo de banano genera una notable cantidad de residuos que carecen de un manejo apropiado. Por lo que esta investigación tuvo como propósito evaluar las propiedades de la fibra de pseudotallo del banano (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) para su utilización como materia prima en la industria textil. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos, que estuvieron conformados por las especies en estudio y se realizaron cinco repeticiones por cada tratamiento. La extracción de la fibra fue artesanal mediante los siguientes pasos: corte, limpieza y transporte de pseudotallo, extracción de fibra, peinado, secado y almacenamiento, evaluándose las propiedades físicas de la fibra obtenida. En el análisis estadístico se determinó que la especie con mayor rendimiento fue *Musa sapientum*, cuya fibra posee una longitud promedio de 123.34 cm, un rendimiento del 44.08%, elongación del 7.93%, un promedio de resistencia igual a 30.52 MPa y la densidad lineal más alta igual a 0.070 dtex, en comparación con las especies *M. paradisiaca*, y *M. acuminata*. La forma de la sección transversal de las especies estudiadas es circular siendo *M. acuminata* la especie con mayor uniformidad en la disposición de filamentos, se comprobó que las especies evaluadas mostraron similitud en longitud y espesor con abacá, ramio y sisal. En cuanto al costo de producción, la extracción artesanal de fibra de banano requiere una inversión aproximada de \$5.33. En definitiva, la fibra de las especies estudiadas presenta condiciones favorables para su utilización en la industria textil.

**Palabras clave:** fibra de banano, propiedades físicas, extracción artesanal, estimación económica.

## ABSTRACT

Banana cultivation generates a remarkable amount of residues that lack proper management. Therefore, this research aimed to evaluate the properties of the banana pseudostem fiber (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* and *Musa acuminata*) for its use as raw material in the textile industry. A completely randomized design was applied with three treatments, which were made up of the species under study and five repetitions were carried out for each treatment. The fiber extraction was artisan through the following steps: cutting, cleaning and transport of the pseudostem, fiber extraction, combing, drying and storage, evaluating the physical properties of the fiber obtained. In the statistical analysis, it was determined that the species with the highest yield was *Musa sapientum*, whose fiber has an average length of 123.34 cm, a yield of 44.08%, elongation of 7.93%, an average resistance equal to 30.52 MPa and the highest linear density equal to 0.070 dtex, in comparison with the species *M. paradisiaca*, and *M. acuminata*. The shape of the cross section of the studied species is circular, with *M. acuminata* being the species with the greatest uniformity in the arrangement of filaments. It was found that the evaluated species showed similarity in length and thickness with abaca, ramie and sisal. Regarding the cost of production, the artisanal extraction of banana fiber requires an approximate investment of \$ 5.33. In short, the fiber of the species studied presents favorable conditions for its use in the textile industry.

**Keywords:** banana fiber, physical properties, artisanal extraction, economic estimation.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el manejo inadecuado de subproductos agrícolas, que se generan en millones de toneladas a diario, presenta consecuencias ambientales negativas como acumulación de materia orgánica y proliferación de bacterias, así como también importantes implicaciones sociales y económicas al perder la oportunidad de generar ingresos mediante el aprovechamiento de estos recursos (Pilco et al., 2018; Desai et al., 2016; Snehal et al., 2014).

El banano es un producto altamente comercializado y con el crecimiento gradual de su producción, hay un aumento directamente proporcional en la generación de residuos (Diniz et al., 2014; Chávez y Rodríguez, 2016). De acuerdo con las prácticas de gestión del cultivo, el pseudotallo se elimina inmediatamente después de la cosecha, generando aproximadamente tres toneladas de residuos, por cada tonelada de racimo cosechado, resultando una proporción de desperdicio de aproximadamente 3:1 (Universidad Politécnica de Madrid, 2016; Diniz et al., 2014).

Según estadísticas de producción del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador (MAGAP, 2017) el banano representa el 16% del total de superficie sembrada, siendo la tercera plantación más producida; mientras que en Manabí el banano es el segundo producto en producción representando el 19% de los cultivos. Según el MAGAP (2017) con una producción de 307143 t de banano en Manabí, se habrían generado más de 900 t de residuos (incluyendo sólo el pseudotallo). Por lo que, sin una práctica adecuada de gestión de estos subproductos, se perderá una gran cantidad de productos valiosos sin explotar (Haro et al., 2017; Kumar et al., 2018).

En el cantón Chone, se cultivan aproximadamente 1049 ha de banano que representan alrededor de 2000 t de producción, por tanto, todo el subproducto generado puede aprovecharse (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Chone, 2019). Sin embargo, no existen estudios que describan las propiedades físicas de la fibra de banano producida en este cantón.

Por lo expuesto, se plantea la siguiente interrogante: ¿La fibra del banano (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) que se genera en el cantón Chone posee propiedades físicas adecuadas para ser utilizadas como materia prima en la industria textil?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde lo económico, los residuos de banano son un recurso que no se explota eficientemente, al cosechar el fruto, la planta es cortada y dejada en el campo ya que es considerada un desecho (Haro et al., 2017). La abundancia de los subproductos de banano los convierte en un recurso renovable, que se puede convertir en materia prima y que, asimismo, tiene la capacidad potencial de ser fácilmente biodegradable, lo que a su vez tiene una aceptación ambiental positiva y mayor viabilidad comercial (Padam et al., 2014).

En lo social, es importante que la utilización de subproductos agrícolas de bajo costo se incluya en todas las industrias posibles para lograr un desarrollo tecnológico sostenible (Reddy y Yang, 2005). Esto logra convertirse en una fuente adicional de ingresos para los agricultores y las industrias de procesamiento sin afectar la fertilidad del suelo y reducir el agotamiento de los recursos no renovables (Kumar et al., 2018; Padam, et al., 2014).

En cuanto a lo legal, tales contribuciones se respaldan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9: construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación y 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (Organización de Naciones Unidas [ONU], 2016).

En el principio ambiental 3 (Desarrollo Sostenible) del Código Orgánico del Ambiente (COA), donde se especifica que este desarrollo es el proceso mediante el cual, de manera dinámica, se articulan los ámbitos económicos, social, cultural y ambiental para satisfacer las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras; así como también, en el COA Art. 245 numerales 2 y 9, se establece que, todas las

instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas están obligadas a optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas; y minimizar y aprovechar los desechos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017).

Así mismo, en el eje dos que corresponde a la Economía al Servicio de la Sociedad, del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida, objetivo 5: impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017).

Desde lo metodológico, Abad et al. (2012) certifican que la fibra de banano posee alta resistencia, buen brillo, peso ligero y gran absorción de humedad, propiedades que la convierten en postulante ideal en aplicaciones textiles. Por otro lado, Armas et al. (2016) señalan que la obtención y extracción de fibras naturales es más fácil y presenta costos reducidos en comparación a fibras obtenidas artificialmente.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las propiedades de la fibra de pseudotallo del banano (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) para su utilización como materia prima en la industria textil.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades físicas de la fibra del pseudotallo de las especies (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*).
- Identificar la especie con mejores propiedades físicas.
- Estimar económicamente el costo del proceso de extracción artesanal de la fibra del pseudotallo de banano para su posterior explotación.

## 1.4. HIPÓTESIS

La fibra del pseudotallo de *Musa sapientum* presenta mejores propiedades físicas en comparación a *Musa paradisiaca* y *Musa acuminata* en función de la materia prima artesanal textil.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. INDUSTRIA TEXTIL**

Definida por su fragmentación y heterogeneidad, la industria textil incluye principalmente pequeñas y medianas empresas, algunas de ellas altamente especializadas en procesos específicos; entre los factores de su complejidad, debe destacarse la gran cantidad de materias primas utilizadas en la fabricación de fibras (algodón, lana, materiales sintéticos, etc.) y la diversidad de procesos de producción necesarios para obtenerlos (Bullón et al., 2017).

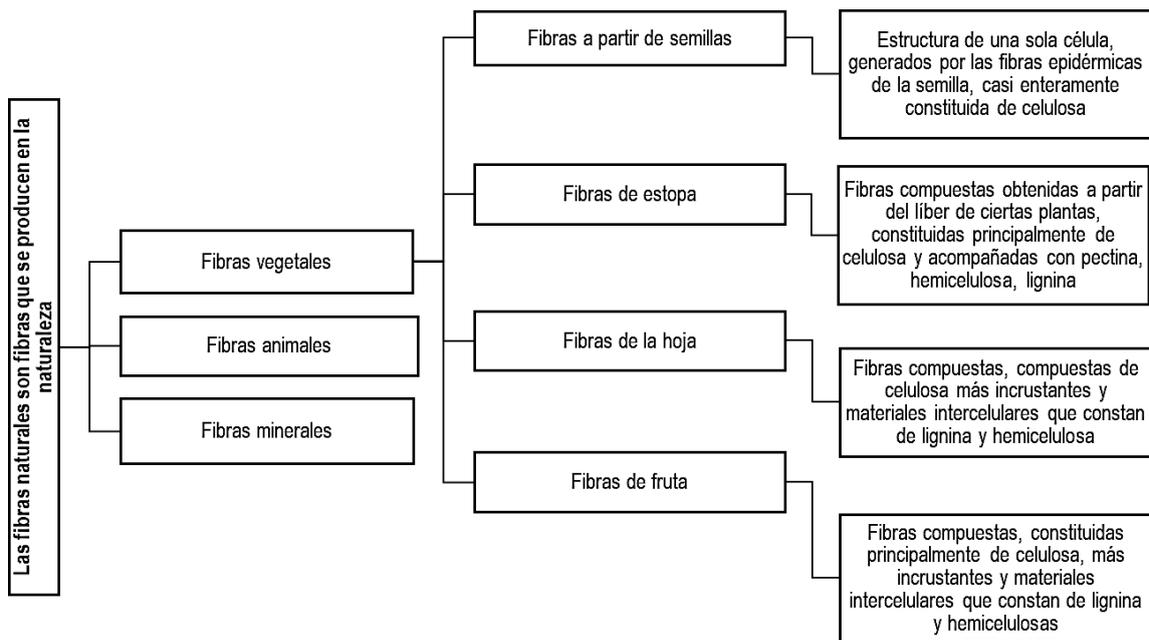
La industria textil se puede clasificar de varias maneras según el proceso de producción, los productos finales obtenidos, en el caso específico de los tejidos, el proceso comienza con la recolección de fibras naturales o la producción artificial o sintética (Ibujés y Benavides, 2017).

#### **2.1.1. FIBRA TEXTIL**

La fibra textil es un término genérico para varios tipos de materia que forman los elementos básicos de los tejidos y otras estructuras textiles (Chang et al., 2020). Eichhorn et al. (2019) definen la fibra textil como un material elaborado principalmente a partir de fuentes naturales o sintéticas, este material se convertirá en la confección de hilados y tejidos textiles, puede ser en forma de un cabello flexible como un mechón o como la unidad visible más pequeña de producción textil.

##### **2.1.1.1. TIPOS DE FIBRA TEXTIL**

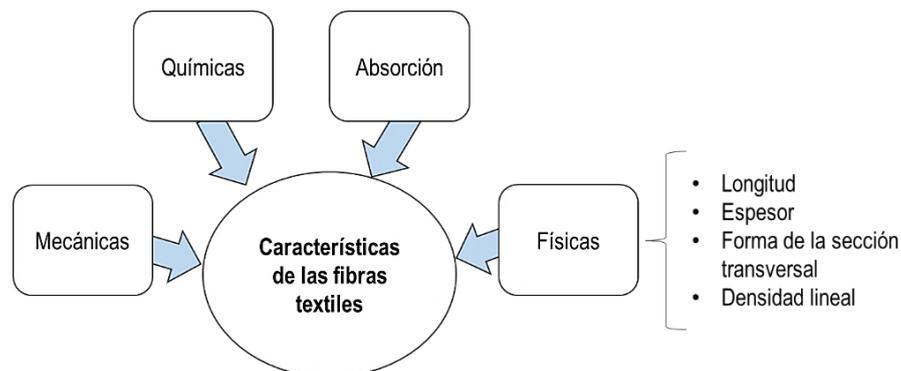
Según el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2017) las fibras pueden ser naturales y artificiales, atendiendo básicamente a su procedencia. Los tipos de fibras naturales se especifican a continuación:



**Figura 2.1.** Tipos de fibras naturales.  
Fuente: INEN (2017).

### 2.1.1.2. PROPIEDADES DE LAS FIBRAS TEXTILES

Al igual que diversos materiales, las fibras textiles poseen una serie de características que las definen, mismas que se resumen en la figura 2.2 (Carrera, 2017).

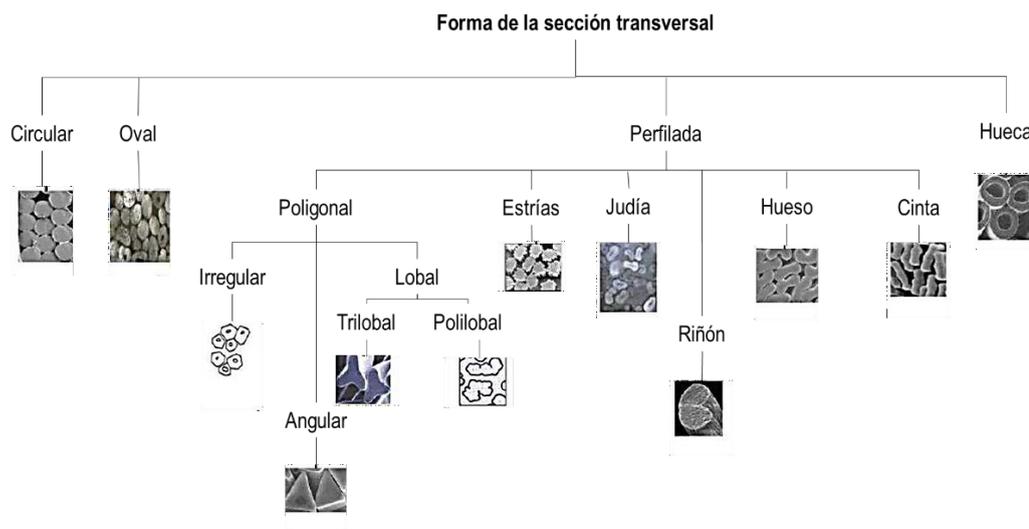


**Figura 2.2.** Características de las fibras textiles.  
Fuente: Carrera (2017).

#### 2.1.1.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

De acuerdo con Carrera (2017); Alonso (2015) esta propiedad consta de los siguientes parámetros:

- **Longitud:** Corresponde a la medida o extensión de la fibra de un extremo a otro.
- **Espesor:** También se denomina grosor o diámetro; parámetro relacionado al diámetro de la fibra, se expresa en micras y es un indicador de la calidad de la fibra.
- **Forma de la sección transversal:** Esta propiedad influye en otros parámetros como el volumen, brillo y textura de la fibra.



**Figura 2.3.** Aspecto de la sección transversal de las fibras textiles.  
Fuente: Carrera (2017).

- **Densidad lineal:** Corresponde a la masa por unidad de longitud de la fibra textil.
- **Resistencia:** La resistencia a la tensión se refiere a la cantidad de carga que un haz de fibra puede soportar hasta que se estira y se rompe.
- **Elongación:** Es la capacidad de la fibra recuperar sus propiedades elásticas después de habersele aplicado una carga constante; está relacionada a la fuerza de rotura, que describe el incremento en la longitud de la muestra sobre el largo original y es expresada en porcentaje.

### 2.1.1.3. FABRICACIÓN DE TEXTILES CON FIBRAS NATURALES

Bullón et al. (2017) refieren que la industria textil y de la confección incluyen actividades tales como:

- **Tratamiento de materias primas:** Preparación o producción de diversas fibras textiles, y la fabricación de hilos a través del hilado.
- **Producción de tejidos de punto y tela:** Incluye las actividades de acabado, destinadas a dar a los tejidos las propiedades visuales, físicas y estéticas que demandan los consumidores (blanqueamiento, impresión, tintura, impregnación, revestimiento, plastificación, etc.).
- **Transformación de tejidos en productos:** Tales como prendas de vestir o ropa, alfombras y otros revestimientos textiles para superficies, textiles para el hogar (ropa de cama, mantelería, ropa de baño, ropa de cocina, cortinas, etc.) y textiles técnicos o industriales.

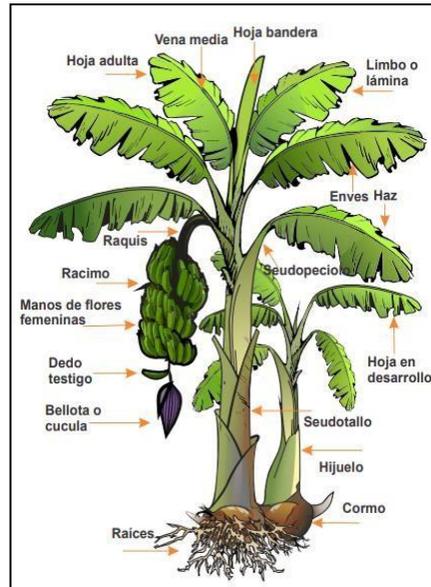
## 2.2. BANANO

El banano es una megaforbia, pues no tiene tejidos leñosos y las partes aéreas de la planta madre caen al suelo después de la temporada de crecimiento; es perenne porque una de las ramas que crecen en la base de la planta, el hijo, continúa el proceso de producción (Vézina et al., 2020). El pseudotallo de banano está formado por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas y presenta características importantes que se resumen en la figura 2.4:



**Figura 2.4.** Principales características del pseudotallo del banano  
Fuente: Vézina et al. (2020).

La morfología de la planta de banano se presenta en la figura 2.5:



**Figura 2.5.** Planta de banano y sus partes  
Fuente: Torres (2012).

### 2.2.1. CULTIVO DEL BANANO EN ECUADOR

Ecuador ingresó al comercio de banano en 1910; sin embargo, el país no se convirtió en un exportador importante de banano en el mercado mundial hasta después de la Segunda Guerra Mundial en 1948; cuando el entonces presidente Galo Plaza inició un programa para fomentar el desarrollo de la industria bananera que incluía créditos agrícolas del gobierno, construcción de puertos y una carretera costera, regulación de precios y asistencia para el control de enfermedades, dicho apoyo gubernamental, combinado con factores ambientales favorables y los salarios de los trabajadores bananeros significativamente más bajos que en otras regiones ayudaron a Ecuador a convertirse en el mayor exportador de banano del mundo en 1952 (Human Rights Watch, 2002).

A diferencia de la mayoría de los demás productos agrícolas cultivados en Ecuador, el banano se cosecha durante todo el año, generalmente se realizan cortes del fruto semanalmente; y, el proceso de preparación del fruto para su exportación suele durar entre dos y cuatro días, dependiendo del tamaño de la plantación y planta empaedora; la producción y exportación de banano cuenta con trabajadores de campo (encargados del mantenimiento y cosecha del fruto y trabajadores de la planta de empaque, quienes realizan las actividades previas al envío del producto

(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017).

Actualmente, el cultivo de banano, en sus distintas variedades, es uno de los más significativos en Ecuador, representando el 3.84% de PIB total y el 50% del PIB del sector agrícola, lo cual indica que este cultivo genera alrededor de 400000 plazas de trabajo directo, es decir, aproximadamente el 12% de la población ecuatoriana económicamente activa se desenvuelve en la cadena productiva de este fruto (Álvarez et al., 2020; Agro Bayer Ecuador, 2020).

#### **2.2.1.1. CONTAMINACIÓN AL SUELO GENERADO POR LOS RESIDUOS DEL PSEUDOTALLO DE BANANO**

El inadecuado manejo de los producidos por el cultivo de banano puede provocar contaminación al suelo, al contribuir a la proliferación de bacterias y hongos al momento de su descomposición (Haro et al., 2017). En efecto, al producirse estos residuos, se generan un sin número de microorganismos en áreas que no deberían desarrollarse con posibilidad de afectación hacia otros cultivos, incluso se puede acumular cierta cantidad de agua y posteriormente generar hongos en lugares inadecuados (García y Sánchez, 2021).

Los residuos de banano, son generados por el proceso de corte de las plantaciones al cumplir su vida útil; el pseudotallo, que constituye la parte más abundante en cantidad de residuos, es desaprovechado y dispuesto de manera incorrecta generando contaminación en suelos y fuentes de agua adyacentes a los cultivos (Sánchez et al., 2015). Por su alto contenido de fibra dietética insoluble (27.4%), almidón (27.3%) y humedad (15.1%) el pseudotallo de banano, sobre todo en grandes cantidades, altera las propiedades físicas del suelo y, si son dispuestos cerca a fuentes de agua, deterioran su calidad al punto de convertirla en no apta para consumo humano o agrícola (Jun, 2015).

## **2.3. OBTENCIÓN DE FIBRAS NATURALES A BASE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS**

Moreno y Mendoza (2019) mencionan que en las últimas dos décadas el procesamiento y obtención de fibras para textilería a partir de residuos agrícolas han dado resultados significativos. Estas fibras son el producto de la poda de ciertas plantas o la extracción de algunos frutos descompuestos no comercializados o de otras actividades que complementen la etapa final de una planta; en esta obtención se usan los residuos de algunas especies, entre ellas: el abacá, sisal, banano y maíz (Zhapán y Mosquera, 2019).

Los principales residuos de fibra producidos por la actividad agrícola se denominan fibras de celulosa y tienen potencial como materiales de refuerzo debido a su propiedad abundantemente disponible, de bajo peso, renovable, degradable, más barata y poco abrasiva; estos residuos de biomasa poseen varias propiedades específicas interesantes que convierten a los residuos agrícolas en la forma más abundante de fibra natural y se aplican en muchas esferas de la industria moderna; existen varios métodos para preparar fibras a partir de fibras de celulosa como el tratamiento químico y el tratamiento mecánico (Dungani et al., 2016).

### **2.3.1. FIBRA DE BANANO**

La fibra de banano, también conocida como fibra de musa, es una de las fibras naturales más fuertes del mundo; es biodegradable, la fibra natural se obtiene del pseudotallo del banano y es duradera (Steele, 2019).

La fibra consiste en tejido celular de paredes gruesas, unidas entre sí por las paredes naturales y se compone principalmente de celulosa, hemicelulosas y lignina; también posee gran capacidad de hilado, espesor y resistencia a la tracción, por lo que se puede usar para hacer diferentes textiles con diferentes pesos y grosores, en función de qué parte del pseudotallo del banano se extrajo la fibra; las fibras más gruesas y resistentes se toman de las vainas externas del pseudotallo, mientras que las vainas internas resultan en fibras más suaves (Hendriksz, 2017).

Por su composición química (tabla 2.1), Bhatnagar et al. (2015) refieren que la fibra de banano tiene potencial en la aplicación de materia prima textil.

**Tabla 2.1.** Composición química de la fibra de banano.

| Celulosa (%) | Hemicelulosa (%) | Lignina (%) | Pectina (%) | Contenido de cenizas (%) | Extractos (%) | Humedad (%) |
|--------------|------------------|-------------|-------------|--------------------------|---------------|-------------|
| 60-65        | 6-19             | 5-10        | 3-5         | 1-3                      | 3-6           | 10-10       |

Fuente: Bhatnagar et al. (2015).

Pedraza (2019) indica que las fibras de banano se clasifican en:

- **Hilo:** Se obtiene al cortar el tallo, que procede de la primera capa, la cual se caracteriza por su suavidad y finura.
- **Fibra suave:** Se obtiene de la segunda capa del tallo, y es de buena manipulación, pero su espesor es elevado.
- **Malla:** Es la tercera capa del tallo y su textura tiene una especie de entramado con separaciones, lo que dificulta su separación en fibras individuales, su coloración es clara y posee espesor medio.
- **Fibra dura:** Esta fibra es de la cuarta capa del tallo, es la más fuerte y gruesa es una fibra plana, que se utiliza como soporte de base de carteras o sombreros.
- **Pelo:** Se extrae de la última capa, en el centro de tallo, se caracteriza por ser la fibra más fina y difícil de extraer, pues presenta menor resistencia.

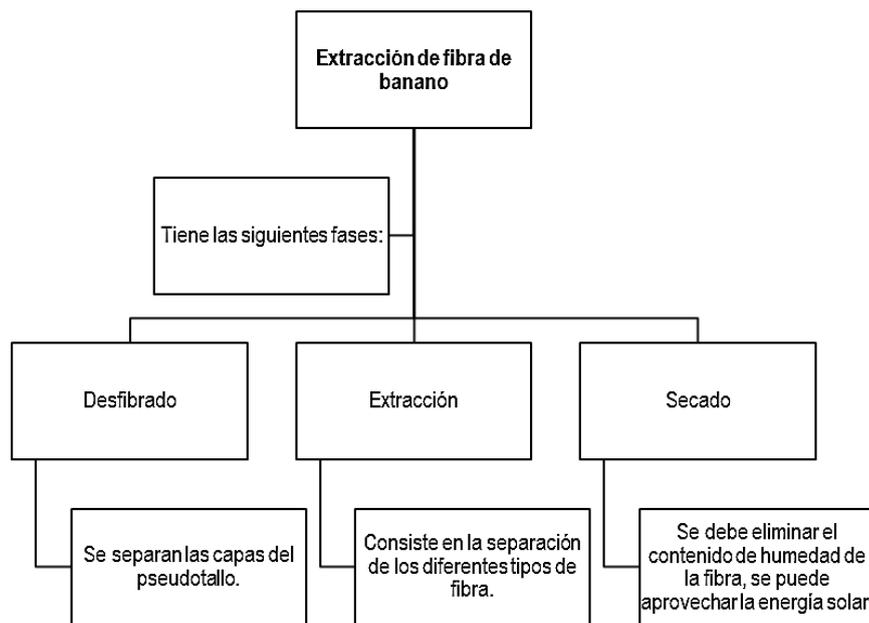


**Figura 2.6.** Clasificación de la fibra de banano.

Fuente: Abad et al. (2012).

### 2.3.1.1. EXTRACCIÓN ARTESANAL DE FIBRA DE BANANO

De acuerdo con Tinajero (2018) la extracción artesanal de fibra de banano es un proceso sencillo, y su duración depende de las condiciones de la planta, así como también de las condiciones meteorológicas de la zona donde se realice el proceso, en la figura 2.7 se detallan las principales fases que conlleva la extracción artesanal de fibra de banano.



**Figura 2.7.** Proceso de extracción artesanal de fibra de banano.

**Fuente:** Tinajero (2018).

## 2.4. ESTIMACIÓN ECONÓMICA

La estimación económica pretende dar valor, a la elaboración o producción de un bien determinado (Recursos en Project Management, 2015). Por otra parte, Valenzuela (2014) puntualiza que cada vez que se efectúe la producción de un bien o servicio se debe realizar el cálculo pertinente del costo unitario que determinará un precio de venta propicio y justo.

### 2.4.1. COSTO UNITARIO

Constituye un valor promedio que, atendiendo a determinado volumen de producción, debe invertirse para producir una unidad específica del producto, en otras palabras, es el valor que cuesta producir un artículo o producto en particular

y se obtiene dividiendo el costo total de producción entre la cantidad total producida (Valenzuela, 2014).

#### **2.4.1.1. COSTO DE PRODUCCIÓN**

Para Bragg (2018); Valenzuela (2014) este tipo de costo incluye todas las operaciones desde la adquisición de materia prima hasta convertirse en el artículo o producto final; aquí se incluye la materia prima, mano de obra directa, equipos y transporte. Según OBS Business School (2020) los conceptos antes referidos tienen la siguiente definición:

- **Materia prima:** Son los principales recursos que se usan en la producción; éstos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos.
- **Mano de obra directa:** Corresponde al esfuerzo físico o mental empleados en la fabricación de un producto; los costos de mano de obra pueden dividirse en mano de obra directa y mano de obra indirecta.
- **Equipos:** Comprenden las herramientas que se utilizan para la elaboración del producto.
- **Costos indirectos:** Incluyen todos los costos adicionales o indirectos a la materia prima, mano de obra y equipos pero que intervienen en la producción.

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el sitio Mocoral perteneciente a la parroquia Canuto, cantón Chone, provincia de Manabí; coordenadas 597187; 9909044 (Zona 17S), 62 msnm. Esta zona presenta características meteorológicas que corresponden al clima tropical, con una precipitación media de 121.9 mm; presentando 26°C de temperatura media y 83.5% de humedad relativa (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2019).



Figura 3.1. Ubicación geográfica del lugar donde se realizó el proyecto.

Fuente: World Imagery Map (2016).

## 3.2. DURACIÓN

La investigación se ejecutó en un período aproximado de 12 meses, desde septiembre de 2020 hasta septiembre 2021.

### 3.3. MÉTODOS

Para desarrollar esta investigación, se emplearon los métodos descritos a continuación:

- **Método deductivo:** Mediante el cual se realizó el procedimiento racional que va de lo general a lo particular (Gomez, 2012). Este método permitió interpretar información que sirvió para emitir juicios debidamente sustentados del presente trabajo.
- **Método bibliográfico:** Representa una metodología de investigación cualitativa, por medio de la cual se integraron los sucesos biográficos de relevancia del tema en estudio, revisando la información en fuentes confiables tales como: libros, artículos científicos, repositorios universitarios, entre otros (Universidad de Valencia, 2017). Aplicando este método se estructuró el marco teórico, la metodología y la discusión de resultados, incluyendo toda la información relevante empleada como sustento de esta investigación.
- **Método estadístico:** Incluye procedimientos para manejar datos de carácter cuantitativo y cualitativo mediante diversas técnicas; así mismo, aplicando el método estadístico se comprobó la hipótesis o se establecieron relaciones de causalidad del tema en estudio (Fernández y Baptista, 2014). La aplicación de este método sirvió para estructurar el diseño del experimento y encontrar diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos aplicados.

Mediante la prueba de hipótesis se evaluó si una determinada premisa es realmente cierta para su conjunto de datos o población, se considera que el resultado de una prueba de hipótesis es estadísticamente significativo si los resultados no pueden haber ocurrido por casualidad (Universidad de Valencia, 2017). En esta investigación se aplicó la prueba de Tukey conocida como la prueba de la diferencia significativa honesta (HSD), mediante esta prueba se compararon las medias de los tratamientos, dos a dos, para evaluar la hipótesis.

- **Método gravimétrico:** En la determinación de propiedades físicas de la fibra, este método permite obtener ciertos parámetros como la masa de cierta cantidad de fibra y posteriormente calcular su densidad lineal (Alonso, 2015).

### 3.4. TÉCNICAS

Se emplearon las siguientes técnicas:

- **Observación directa:** Se focalizó la atención sobre los segmentos del tema en estudio, para tratar de captar sus elementos constitutivos y cómo interactúan entre sí, inspección que se realizó directamente (Rojas, 2011). La observación directa permitió detallar las propiedades físicas del pseudotallo y la fibra, mismas que se describen en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Ficha de observación en la que se detallaron las propiedades físicas de la fibra.

| Especie               | Pseudotallo  |               | Fibra          |                 |         |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|---------|
|                       | No. de capas | Longitud (cm) | Masa total (g) | Rendimiento (%) | Aspecto |
| <i>M. paradisiaca</i> |              |               |                |                 |         |
| <i>M. sapientum</i>   |              |               |                |                 |         |
| <i>M. acuminata</i>   |              |               |                |                 |         |

Fuente. Autoras de la investigación.

- **Técnica de corte de pseudotallos:** Se realizó un corte diagonal (30°) a diez cm del suelo aproximadamente, en la parte superior (base foliar) se hizo un corte recto aprovechando al máximo la longitud del pseudotallo cortado que puede variar según características de cada especie y condiciones de la planta (Artesanías de Colombia S.A, 2008).
- **Técnica de desenredado de fibra:** Se realizó un proceso de peinado manual con un peine plástico de púas finas para eliminar cualquier impureza después del proceso de extracción de la fibra, metodología adaptada de (Libertejidos SanAgustin, 2019).

### 3.5. FACTORES EN ESTUDIO

La presente investigación tuvo un factor con tres niveles, correspondientes a los pseudotallos de las especies: *Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*.

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) en el que cada unidad experimental tiene igual probabilidad de asignación a cualquiera de los tratamientos (Gutiérrez y De la Vara, 2008). Al mismo tiempo, los tratamientos están expuestos a unidades experimentales en condiciones homogéneas, es decir, toda la fibra se extrajo siguiendo el mismo procedimiento y usando materiales iguales; teniendo sólo como factor de clasificación los tratamientos y la asignación de estos a las unidades experimentales se hizo en forma aleatoria.

Antes de aplicar el Análisis de Varianza (ANOVA), se verificó el cumplimiento los supuestos especificados por Gutiérrez y De la Vara (2008):

- Normalidad.
- Homogeneidad de varianza (homocedasticidad).

### 3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se aplicaron cinco repeticiones por cada tratamiento, correspondiente a cada una de las especies en estudio (tabla 3.2), obteniéndose un total de 15 unidades experimentales. El transporte de la materia prima (pseudotallos) se realizó a pie, considerando la cercanía de la plantación de las especies con la infraestructura donde se extrajo la fibra.

**Tabla 3.2.** Descripción de la conformación de cada unidad experimental

| Tratamientos   | Repeticiones | Especie                 |
|----------------|--------------|-------------------------|
| T <sub>1</sub> | 5            | <i>Musa paradisiaca</i> |
| T <sub>2</sub> | 5            | <i>Musa sapientum</i>   |
| T <sub>3</sub> | 5            | <i>Musa acuminata</i>   |

## **3.8. VARIABLES A MEDIR**

### **3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Especies en estudio: *Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*.

### **3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Propiedades físicas: longitud, espesor, forma de la sección transversal, densidad lineal, resistencia y elongación.

## **3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

El experimento se realizó en tres fases:

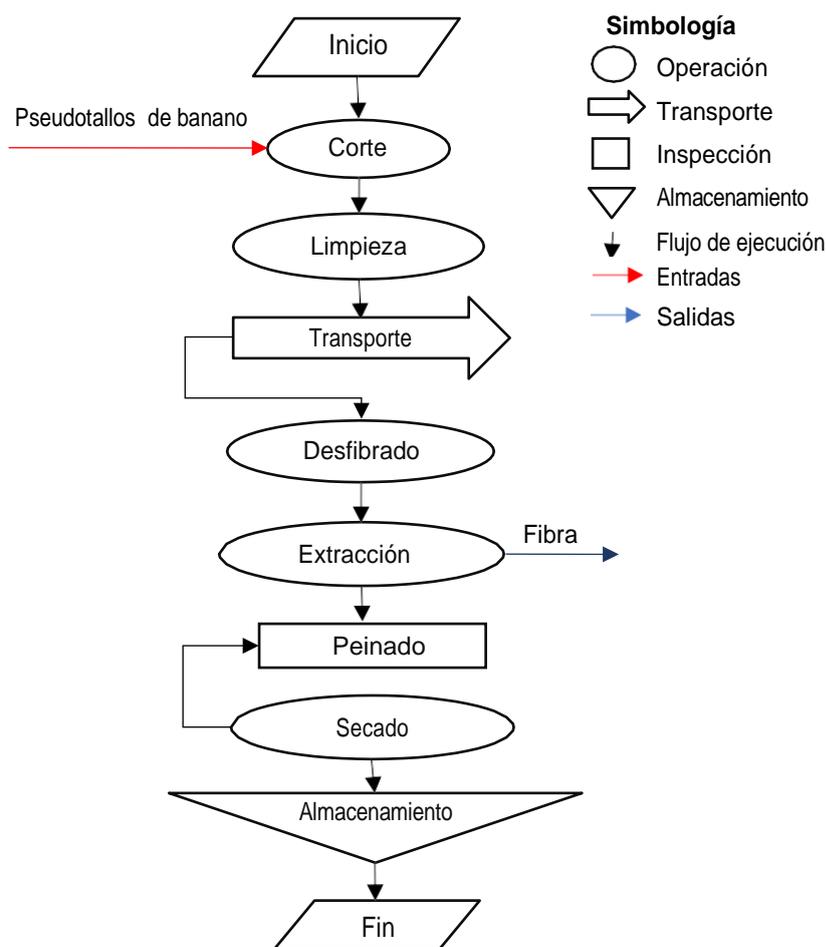
### **3.9.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA FIBRA DEL PSEUDOTALLO DE LAS ESPECIES *Musa sapientum*, *Musa paradisiaca* Y *Musa acuminata* PARA SU POSIBLE UTILIZACIÓN COMO MATERIA PRIMA DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

#### **3.9.1.1. Actividad 1. Recolección de pseudotallos**

La recolección de pseudotallos se realizó en el sitio Mocoral; se seleccionaron plantas de 9 meses de edad, que corresponde al tiempo de cosecha; el corte se realizó con un machete, a diez cm del suelo obteniéndose una longitud total de 1 m aproximadamente (Libertejidos SanAgustin, 2019); los pseudotallos se limpiaron en el campo y se llevaron al lugar de extracción de la fibra, en este caso se cargó manualmente cada unidad de pseudotallo. En casos en que este material deba trasladarse en distancias considerables se recomienda mantener el pseudotallo en posición horizontal sobre una superficie estable.

#### **3.9.1.2. Actividad 2. Procesamiento artesanal de la fibra**

La extracción de la fibra se realizó de manera manual aplicando las fases descritas en el siguiente diagrama del proceso de la operación:



**Figura 3.2.** Diagrama del proceso de la operación para la extracción artesanal de la fibra de pseudotallo de banano.  
**Fuente:** Autoras de la investigación.

### 3.9.1.3. Actividad 3. Análisis de las propiedades físicas de la fibra de pseudotallo

Los análisis de las propiedades físicas se realizaron en los laboratorios de Microbiología de la carrera de Agroindustria de la ESPAM MFL y en el laboratorio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). El procedimiento realizado para cada análisis se describe a continuación:

- **Longitud:** Se determinó este parámetro adaptando la metodología propuesta por Carrera (2017):
  - 1) Se debe considerar un mínimo de 100 fibras sueltas.
  - 2) Se colocan una a una las fibras sobre una placa de cristal y se cubre con aceite de parafina para que permanezca de manera rectilínea. Se

debe ubicar las fibras en paralelo distribuyéndolas de mayor a menor longitud.

- 3) Medir la longitud de cada fibra con un instrumento apropiado con escala mínima en milímetros (mm).
  - 4) Definir el promedio de las medidas realizadas.
  - 5) Este método permite construir el diagrama natural.
- **Espesor:** La determinación del espesor o diámetro se realizó empleando un microscopio óptico marca OPTIKA modelo B-150. Se tomó como referencia los lineamientos de Carrera (2017):
    - 1) Realizar un corte transversal de la fibra empleando una hoja de afeitar.
    - 2) Esparcir aceite de inmersión sobre el portaobjetos.
    - 3) Colocar la muestra en el portaobjetos empleando pinzas de acero y distribuirla de manera separada, ubicar el cubreobjetos.
    - 4) Llevar la muestra a la platina del microscopio óptico.
    - 5) Mediante el software de imágenes digitales ImageJ código abierto) que permite realizar mediciones como el diámetro a partir del valor de cada pixel en la imagen. Se empleó un lente 10x con reglilla para establecer la escala en  $\mu\text{m}$ .
  - **Forma de la sección transversal:** Las imágenes obtenidas en el proceso descrito anteriormente (Espesor) permiten definir este parámetro.
  - **Densidad lineal:** Para calcular este parámetro se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1973 Primera edición 2014-01, en la que se especifica el siguiente procedimiento:
    - 1) Extender un tejido (tela) que contraste con la fibra (terciopelo) para ubicar las muestras.
    - 2) Se toman diez mechones de fibra que tengan una masa de varios miligramos y se alinean en paralelo las fibras de cada mechón, frotando aceite de parafina sobre las fibras hasta que queden rectilíneas.
    - 3) Se secciona cada mechón en su parte media hasta una longitud determinada (tan larga como sea posible), bajo la tensión mínima

necesaria para eliminar el rizado, con la ayuda del dispositivo de corte (hojas de afeitar). Se toman las precauciones necesarias para que no haya ninguna extremidad de fibra libre en la longitud del haz cortado, excepto en las dos extremidades.

- 4) Se coloca un soporte de vidrio, de forma que los haces de fibra deben sobrepasar, ligeramente, el borde pulido.
- 5) Se toman cinco fibras individuales de cada uno de los diez haces de fibra, para formar un haz de 50 fibras, extrayendo las fibras, en cada caso, de un extremo cortado. Se forman, al menos, diez de estos haces. Con la ayuda de la balanza (exactitud de  $\pm 1\%$ ), se pesan estos haces individualmente.
- 6) Realizar el cálculo de la densidad lineal decitex (dtex) mediante la ecuación 3.1:

$$\rho = \frac{m_b}{n_f \times l_f} \quad [3.1]$$

Donde:

$\rho$ : Densidad lineal

$m_b$ : Masa del haz de fibras (mg)

$n_f$ : Número de fibras en el haz

$l_f$ : Longitud de las fibras del haz (mm)

- 7) Tomar en cuenta al menos diez haces de fibra, la densidad lineal final será el promedio de los valores obtenidos.
- **Resistencia:** Este ensayo se realizó en los laboratorios de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM, mediante una adaptación de la metodología propuesta por Carrera (2017), aplicando los siguientes pasos:
    - 1) Elegir probetas de la misma longitud y espesor, en este caso se tomó 1 haz de fibra por cada repetición de 6 cm de longitud y 3 mm de espesor.
    - 2) Colocar el extremo inferior de la probeta en la mordaza inferior de equipo, texturómetro marca SHIMADZU, modelo EZ-LX.
    - 3) Ubicar la mordaza superior e iniciar el ensayo.
    - 4) Los resultados se obtienen mediante un software en formato .xls.

- **Elongación:** Esta variable se obtuvo mediante el mismo procedimiento descrito en el parámetro resistencia.

#### 3.9.1.4. Actividad 4. Procesamiento de los resultados de los análisis

Se realizó la comprobación de los supuestos del ANOVA a cada uno de los parámetros analizados, mismos que se procesaron en el software estadístico IBM SPSS Statistics 26, en el cual se realizó el ANOVA y la prueba de Tukey para determinar si entre los tratamientos en estudio existen diferencias estadísticamente significativas.

### 3.9.2. FASE II. IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE CON MEJORES PROPIEDADES FÍSICAS

#### 3.9.2.1. Actividad 5. Comparación de las propiedades físicas de *Musa sapientum*, *Musa paradisiaca* y *Musa acuminata* con otras fibras vegetales textiles

Para realizar una comparación acertada, se realizó una lista de ciertas propiedades físicas (espesor y longitud) de otras especies vegetales que han sido estudiadas previamente, mismas que se muestran en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3.** Lista de las propiedades físicas de diversas fibras vegetales empleadas en la industria textil.

| Tipo de fibra  | Espesor ( $\mu\text{m}$ ) | Longitud (mm) | Referencia                    |
|--|---------------------------|---------------|-------------------------------|
| Algodón ( <i>Gossypium</i> )   | 5-20                      | 20-40         | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Lino ( <i>Linum usitatissimum</i> )  | 20-25                     | 13-55         | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Ramio ( <i>Boehmeria nivea</i> y <i>Boehmeria tenacissima</i> )  | 25-75                     | 50-150        | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Cáñamo ( <i>Cannabis sativa</i> )  | 16-50                     | 35-40         | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Yute ( <i>Hibiscus cannabinus</i> , <i>H. sabdariffa</i> , <i>Abutilon avicennae</i> , <i>Urena lobata</i> , <i>U. sinuata</i> ) | 12-30                     | 2             | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Sisal ( <i>Agave sisalana</i> )  | 200-400                   | 500-2000      | (Alonso, 2015; Carrera, 2017) |
| Abacá ( <i>Musa textiles</i> )   | 250-300                   | 2000-4000     | (Freire, 2019)                |

Fuente. Autoras de la investigación.

A más de las propiedades físicas, se tomó en cuenta el rendimiento de cada especie, establecido por la cantidad en masa (g) que se obtuvo en cada tratamiento. Acorde a Carrera (2017), el rendimiento de producción de una fibra textil debe subsanar los costos de su producción. Conjuntamente, se elaboró un diagrama

natural con los resultados de la medición individual de la longitud de las fibras, situando cada fibra de forma paralela y ordenadas de la más larga a la más corta.

### 3.9.3. FASE III. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL COSTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ARTESANAL DE LA FIBRA DEL PSEUDOTALLO DE BANANO PARA SU POSTERIOR EXPLOTACIÓN

#### 3.9.3.1. Actividad 6. Presentación de un presupuesto general de la extracción artesanal de fibra de banano

Para determinar el presupuesto general de la extracción artesanal de fibra de banano se realizó un análisis general de precio unitario de 125 g de fibra (500 m aproximadamente), con las variables tomadas para la ecuación 3.2. A continuación, se detallan las variables consideradas en dicho análisis, tomando como referencia lo propuesto por (Valenzuela, 2014).

- **Materia prima:** Pseudotallos de banano, machete, cuchillo, espátula y peinilla.
- **Mano de obra:** Personal necesario para extraer 125 g de fibra. Se tomó en cuenta el costo horario de un peón y un supervisor establecido por la (Contraloría General del Estado, 2021).
- **Costos indirectos:** Costos adicionales como consumo energético, se consideró un 10% del costo directo (materia prima más mano de obra), siendo este el margen recomendado en este tipo de análisis.

El costo unitario se estimó aplicando la ecuación puntualizada por (Valenzuela, 2014).

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Total de unidades}} \quad [3.2]$$

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA FIBRA DEL PSEUDOTALLO DE LAS ESPECIES *Musa sapientum*, *Musa paradisiaca* Y *Musa acuminata* PARA SU POSIBLE UTILIZACIÓN COMO MATERIA PRIMA DE LA INDUSTRIA TEXTIL

A continuación, se presenta la ficha de observación elaborada, misma que fue completada en base a los parámetros medidos, el aspecto de la fibra se definió acorde al juicio de las autoras (tabla 4.1). En este caso, la especie *Musa sapientum* presentó un mayor número de capas (8), mayor longitud y el rendimiento más alto (44.08%); *Musa paradisiaca* obtuvo un rendimiento general medio y la especie de menor rendimiento fue *Musa acuminata*.

Tabla 4.1. Ficha de observación empleada en la extracción artesanal de fibra de banano (anexo 1).

| Especie               | Pseudotallo  |               | Fibra          |                 |                         |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------------|
|                       | No. De capas | Longitud (cm) | Masa total (g) | Rendimiento (%) | Aspecto                 |
| <i>M. paradisiaca</i> | 7            | 150           | 277.50         | 39.67           | Tono opaco, buen brillo |
| <i>M. sapientum</i>   | 8            | 170           | 308.30         | 44.08           | Claro, buen brillo      |
| <i>M. acuminata</i>   | 6            | 140           | 113.70         | 16.25           | Claro, buen brillo      |

Fuente: Autoras de la investigación.

Es importante recalcar que a nivel nacional no existen estudios que comparen la fibra en diversas especies de *Musa*. Sin embargo, experiencias de países como Colombia muestran que la mejor especie para extraer fibra corresponde a *Musa sapientum* (Libertejidos SanAgustin, 2019). Por otra parte, la forma de la sección transversal de la fibra tiene efecto sobre el brillo, otras fibras ampliamente comercializadas como el algodón necesitan ser sometidas a mecanizado para obtener brillo (Alonso, 2015). Resulta importante recalcar que en el caso de la fibra de banano no se emplea agua en el proceso de extracción y dado su buen brillo tampoco es necesario que se realicen procesos posteriores para mejorar su aspecto.

#### 4.1.1. LONGITUD

Referente a las propiedades físicas evaluadas, se comprobó los supuestos del ANOVA; tal como se muestra en la tabla 4.2, existe normalidad entre los datos con

una significancia mayor a 0.05 en la longitud promedio de las tres especies en estudio, acorde a la prueba de Shapiro-Wilk; observándose también homogeneidad de varianzas (tabla 4.3), resultando una significancia de 0.067 (basándose en la media).

**Tabla 4.2.** Prueba de normalidad aplicada a los datos de longitud de las especies en estudio.

| Especie                          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|----------------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                                  | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| Longitud <i>Musa paradisiaca</i> | .178                            | 5  | .200* | .987         | 5  | .968 |
| <i>Musa sapientum</i>            | .264                            | 5  | .200* | .898         | 5  | .401 |
| <i>Musa acuminata</i>            | .270                            | 5  | .200* | .848         | 5  | .188 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

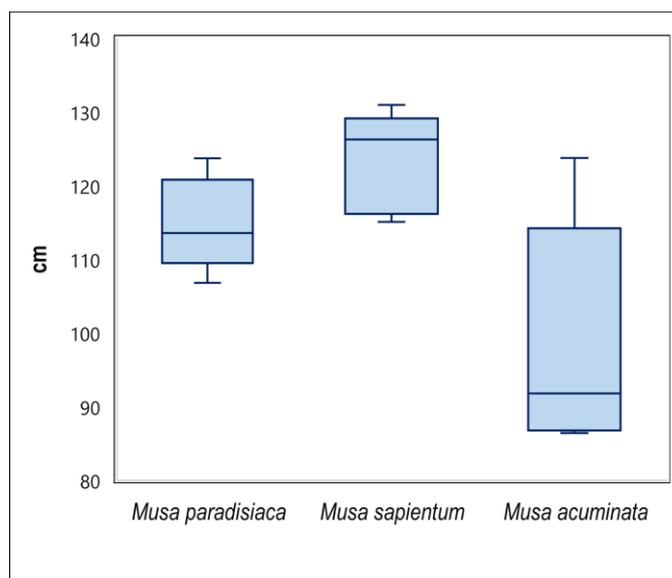
**Fuente:** Autoras de la investigación.

**Tabla 4.3.** Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de longitud de las especies en estudio.

|          |   | Estadístico de Levene | gl1 | gl2   | Sig. |
|----------|---|-----------------------|-----|-------|------|
| Longitud | Se basa en la media                     | 3.411                 | 2   | 12    | .067 |
|          | Se basa en la mediana                   | .951                  | 2   | 12    | .414 |
|          | Se basa en la mediana y con gl ajustado | .951                  | 2   | 6.095 | .437 |
|          | Se basa en la media recortada           | 3.075                 | 2   | 12    | .084 |

**Fuente:** Autoras de la investigación.

En tanto, se determinó que la especie con mayor longitud en promedio (anexo 2) fue *Musa sapientum* con 123.34 cm, seguida de *Musa paradisiaca* que tiene 113.04 cm, mientras que *Musa acuminata* presentó 98.75 cm de longitud (figura 4.1).



**Figura 4.1.** Gráfico de cajas de la longitud correspondiente a las especies en estudio.

Al aplicar el ANOVA, se determinó que existe diferencia estadística significativa entre factores (especies), tal como se observa en la tabla 4.4 la significancia es menor a 0.05 (Sig.=0.010).

**Tabla 4.4.** ANOVA de las especies en estudio (longitud).

| <b>Longitud</b>  |                   |    |                  |       |      |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
|                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F     | Sig. |
| Entre grupos     | 1559.993          | 2  | 779.997          | 6.966 | .010 |
| Dentro de grupos | 1343.729          | 12 | 111.977          |       |      |
| Total            | 2903.722          | 14 |                  |       |      |

**Fuente:** Autoras de la investigación.

En cuanto a la comparación múltiple, *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* son semejantes formando un mismo grupo; cabe recalcar que, *Musa paradisiaca* y *Musa acuminata* también resultan semejantes entre sí; existiendo dos grupos con diferencia estadísticamente significativa (tabla 4.5).

**Tabla 4.5.** Tukey HSD de los valores de longitud.

| <b>Longitud</b>         |   |                              |          |
|-------------------------|---|------------------------------|----------|
| HSD Tukey <sup>a</sup>  |   |                              |          |
| Especie                 | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |
|                         |   | 1                            | 2        |
| <i>Musa acuminata</i>   | 5 | 98.7460                      |          |
| <i>Musa paradisiaca</i> | 5 | 114.8100                     | 114.8100 |
| <i>Musa sapientum</i>   | 5 |                              | 123.3448 |
| Sig.                    |   | .080                         | .435     |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

**Fuente:** Autoras de la investigación.

Alonso (2015) manifiesta que para que una fibra sea útil en la industria textil, debe poseer un diámetro/espesor diminuto en relación con su longitud, y deben ser relativamente flexibles y presentar homogeneidad para obtener hilados, tejidos con las mismas características. Es importante señalar que las fibras obtenidas artesanalmente presentan un mayor alargamiento a las capas de pseudotallo debido a la tensión ejercida en la extracción; no obstante, la longitud de las tres especies supera el espesor de manera considerable, en tal sentido, su longitud es apropiada para fines textiles.

### 4.1.2. ESPESOR

Los resultados de la comprobación de los supuestos del ANOVA para los datos del espesor evidencian la normalidad (tabla 4.6) de los datos con una significancia superior a 0.05 en todos los casos, acorde a la prueba de Shapiro-Wilk; mientras que la homogeneidad (tabla 4.7), con base en la media es de 0.88, satisfaciendo ambos supuestos.

**Tabla 4.6.** Prueba de normalidad aplicada a los datos de espesor de las especies en estudio.

| Especie                         | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |         | Shapiro-Wilk |         |
|---------------------------------|---------------------------------|---------|--------------|---------|
|                                 | Estadístico                     | gl Sig. | Estadístico  | gl Sig. |
| Espesor <i>Musa paradisiaca</i> | .170                            | 5 .200* | .972         | 5 .885  |
| <i>Musa sapientum</i>           | .361                            | 5 .032  | .719         | 5 .051  |
| <i>Musa acuminata</i>           | .291                            | 5 .193  | .829         | 5 .137  |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

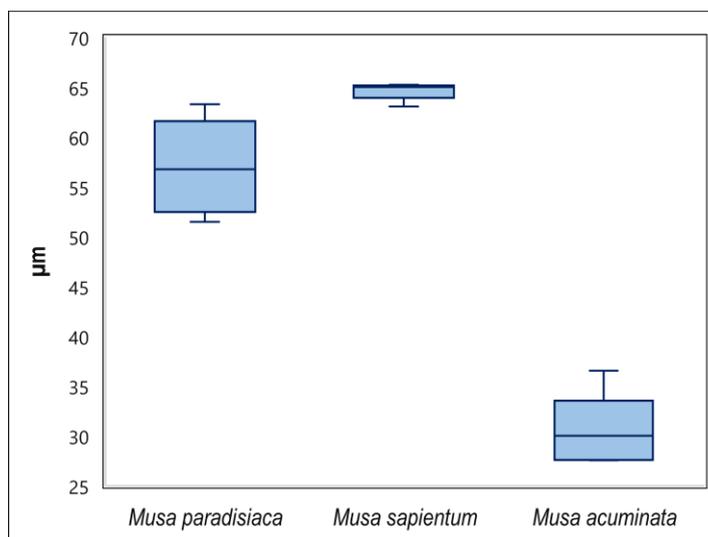
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Autoras de la investigación.

**Tabla 4.7.** Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de espesor de las especies en estudio.

|         |   | Estadístico de Levene |   | gl1   | gl2  | Sig. |
|---------|---|-----------------------|---|-------|------|------|
| Espesor | Se basa en la media                     | 2.991                 | 2 | 12    | .088 |      |
|         | Se basa en la mediana                   | 2.788                 | 2 | 12    | .101 |      |
|         | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 2.788                 | 2 | 8.795 | .115 |      |
|         | Se basa en la media recortada           | 2.934                 | 2 | 12    | .092 |      |

Fuente: Autoras de la investigación.



**Figura 4.2.** Gráfico de cajas correspondiente al espesor de las especies en estudio.

El espesor promedio (anexo 3) de *Musa acuminata* es el menor con un promedio de 30.45  $\mu\text{m}$ , *Musa paradisiaca* posee 56.96  $\mu\text{m}$  de espesor y *Musa sapientum* es la especie más gruesa con 64.62  $\mu\text{m}$  (figura 4.2), misma que refleja una distribución

mínima en los datos de espesor de *Musa sapientum* dado que los valores van de 63.04 a 64.76  $\mu\text{m}$ .

El ANOVA aplicado a los datos de este parámetro, muestran una diferencia estadísticamente significativa (Sig.=0.000), tal como se muestra en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8.** ANOVA del espesor correspondiente a las especies en estudio.

| Espesor          |                   |    |                  |         |      |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
|                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F       | Sig. |
| Entre grupos     | 3216.009          | 2  | 1608.005         | 130.599 | .000 |
| Dentro de grupos | 147.751           | 12 | 12.313           |         |      |
| Total            | 3363.760          | 14 |                  |         |      |

Fuente: Autoras de la investigación.

La comparación múltiple o diferencia significativa honesta del espesor, mostró que las tres especies en estudio son diferentes en cuanto a esta característica (tabla 4.9), presentado tres subconjuntos para alfa =0.05.

**Tabla 4.9.** Resultados de la prueba de Tukey HSD del espesor.

| Espesor                |                         |                              |         |         |         |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|
|                        |                         | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |         |
| HSD Tukey <sup>a</sup> | Especie                 | N                            | 1       | 2       | 3       |
|                        | <i>Musa acuminata</i>   | 5                            | 30.4480 |         |         |
|                        | <i>Musa paradisiaca</i> | 5                            |         | 56.9640 |         |
|                        | <i>Musa sapientum</i>   | 5                            |         |         | 64.6220 |
|                        | Sig.                    |                              | 1.00    | 1.000   | 1.000   |

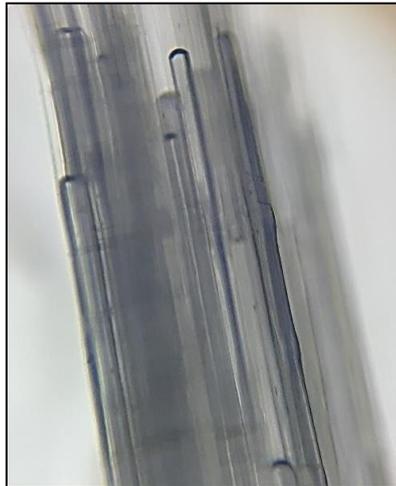
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Fuente: Autoras de la investigación.

En India, se ha determinado que la fibra de *Musa sapientum* presenta un diámetro que oscila entre 80 a 100  $\mu\text{m}$  (Kulkarni et al., 2010). Por lo que, en el caso de Ecuador, la fibra de la misma especie presenta un menor diámetro pudiendo alcanzar hasta 75  $\mu\text{m}$ . Si bien es cierto que las fibras de menor espesor son mejor valoradas en la industria textil (Carrera, 2017); en el caso de *Musa acuminata* el proceso de extracción se dificulta ya que la fibra es mucho más susceptible de sufrir rupturas, indicando que en las especies estudiadas el espesor es directamente proporcional a la resistencia de la fibra, por otra parte, entre la longitud y el espesor de la fibra de las especies estudiadas existe una proporción de 1:10000.

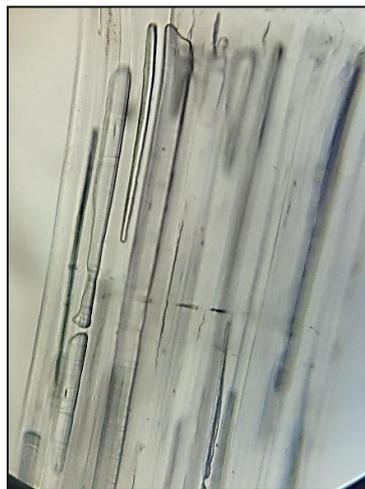
### 4.1.3. FORMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

En cuanto a la forma de la sección transversal (tomando como referencia la figura 2.3), *Musa paradisiaca* posee una forma circular tal como se muestra en la figura 4.3, la fibra de esta especie está compuesta por filamentos continuos con terminaciones circulares.



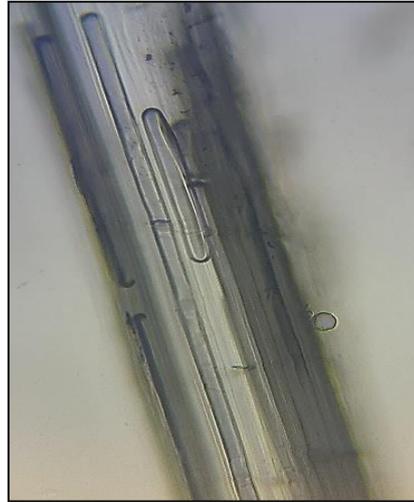
**Figura 4.3.** Sección transversal de *Musa paradisiaca*.  
**Fuente:** Autoras de la investigación.

En *Musa sapientum*, se observó una sección transversal circular con una configuración peculiar que puede variar a ovalada, así, esta especie presenta filamentos más cortos y con menor uniformidad (figura 4.4).



**Figura 4.4.** Sección transversal de *Musa sapientum*.  
**Fuente:** Autoras de la investigación.

*Musa acuminata* tiene una sección transversal circular con filamentos similares a los de *Musa paradisiaca* (figura 4.5), aunque se observa menor uniformidad en la distribución de los filamentos.



**Figura 4.5.** Sección transversal de *Musa acuminata*.  
**Fuente:** Autoras de la investigación.

La forma circular de sección transversal imparte un fuerte brillo a la fibra o filamento porque la luz incidente se refleja de manera desigual, esto tiende a dar lugar a un brillo bastante duro y fuerte; dado que, cuando la fibra o filamento se transforma en hilo o tela; su forma circular permite reflejar la misma cantidad de luz incidente a pesar de la irregularidad de su reflejo (Programa Nacional de Aprendizaje Mejorado Tecnológico [NPTEL], 2012).

El autor antes mencionado también refiere que la forma circular de sección transversal da como resultado una alta rigidez de flexión, fibra rígida y menos flexible debido a su diámetro regular. Por otra parte, la forma de riñón debe dar un fuerte brillo, al reflejar la luz incidente de la manera más uniforme; no obstante, cuando la fibra se retuerce sobre sí mismo en el hilo y la tela, la luz incidente no se refleja tan uniformemente como se esperaba y resulta en un brillo más suave (NPTEL, 2012).

Por otra parte, Kulkarni et al. (2010) puntualiza que la fibra de *M. sapientum* es una fibra multicelular que consta de cuatro tipos de células: xilema, floema, esclerenquima y parénquima dispuestas de una manera particular, la forma de las

células varía de circular a poligonal con esquinas redondeadas o de circular a elíptica.

#### 4.1.4. DENSIDAD LINEAL

En cuanto al parámetro densidad lineal, los datos de las tres especies en estudio mostraron normalidad según la prueba de Shapiro-Wilk (Sig.>0.05), como se muestra en la tabla 4.10. De manera similar, se evidencia homogeneidad de varianzas teniendo como base la media (Sig.=0.51), resultados reflejados en la tabla 4.11.

**Tabla 4.10.** Prueba de normalidad aplicada a los datos de densidad lineal de las especies en estudio.

| Especie                          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|----------------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                                  | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| Densidad <i>Musa paradisiaca</i> | .300                            | 5  | .161  | .833         | 5  | .146 |
| <i>Musa sapientum</i>            | .258                            | 5  | .200* | .782         | 5  | .057 |
| <i>Musa acuminata</i>            | .319                            | 5  | .105  | .793         | 5  | .071 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Autoras de la investigación.

**Tabla 4.11.** Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de densidad lineal de las especies en estudio.

|          |   | Estadístico de Levene |   |       | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------|---|-----------------------|---|-------|-----|-----|------|
| Densidad | Se basa en la media                     | 4.687                 | 2 | 12    |     |     | .051 |
|          | Se basa en la mediana                   | .627                  | 2 | 12    |     |     | .551 |
|          | Se basa en la mediana y con gl ajustado | .627                  | 2 | 8.402 |     |     | .558 |
|          | Se basa en la media recortada           | 4.535                 | 2 | 12    |     |     | .034 |

Fuente: Autoras de la investigación.

Acorde al ANOVA realizado, la densidad lineal de las especies en estudio presenta una diferencia significativa (tabla 4.12).

**Tabla 4.12.** Resultados del ANOVA aplicado a la densidad lineal de las especies en estudio.

| Densidad lineal  |                   |    |                  |        |      |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Entre grupos     | .001              | 2  | .000             | 81.443 | .000 |
| Dentro de grupos | .000              | 12 | .000             |        |      |
| Total            | .001              | 14 |                  |        |      |

Fuente: Autoras de la investigación.

Así mismo, la prueba de Tukey HSD reveló una diferencia significativa concerniente a la densidad lineal formándose tres subconjuntos para alfa=0.05 (tabla 4.13).

**Tabla 4.13.** Resultados de la prueba de Tukey HSD de la densidad lineal.

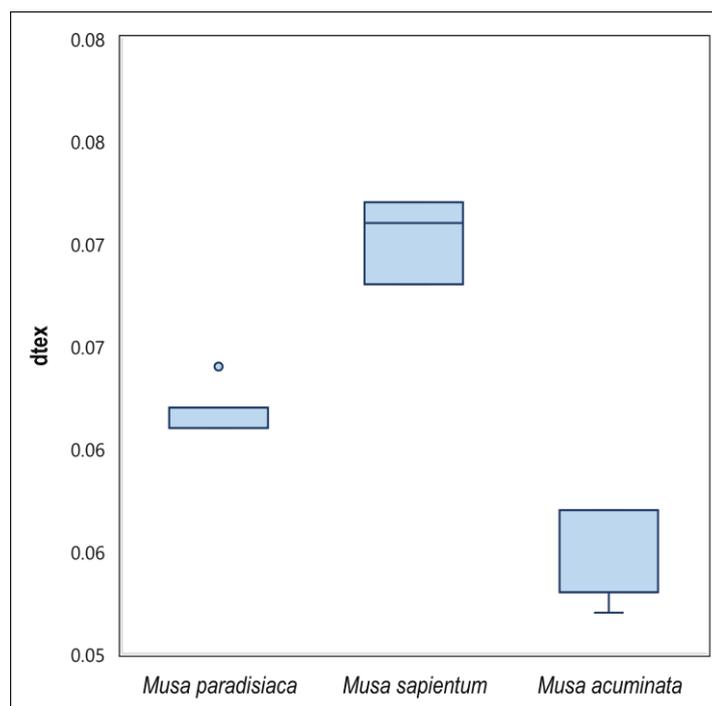
|                        |                         | Densidad lineal              |        |        |       |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------|--------|-------|
|                        |                         | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |        |       |
| HSD Tukey <sup>a</sup> | Especie                 | N                            | 1      | 2      | 3     |
|                        | <i>Musa acuminata</i>   | 5                            | .05440 |        |       |
|                        | <i>Musa paradisiaca</i> | 5                            |        | .06200 |       |
|                        | <i>Musa sapientum</i>   | 5                            |        |        | .7020 |
|                        | Sig.                    |                              | 1.000  | 1.000  | 1.000 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

**Fuente:** Autoras de la investigación.

La densidad lineal promedio de las tres especies en estudio (anexo 4), indica que *Musa paradisiaca* posee 0.062 dtex de densidad lineal, presentado un valor atípico de 0.064 que está lejos de la estrecha distribución de los datos de esta especie; en tanto, *Musa sapientum* es la especie con mayor valor en este parámetro (0.070 dtex) y *Musa acuminata* la especie con menor densidad lineal (0.055 dtex), resultados que se expresan gráficamente en la figura 4.6.

**Figura 4.6.** Gráfico de cajas de la densidad lineal de las especies en estudio.

Según criterios de Alonso (2015), la densidad lineal de las fibras textiles incide sobre la capacidad de retención de aire dentro del filamento, y por ende en el aislamiento térmico. Por otra parte, Carrera (2017) indica que las fibras con

densidad lineal menor a 0.05 dtex son consideradas ultrafinas, por tanto, las fibras de las tres especies en estudio pertenecen a la clasificación finas.

#### 4.1.5. RESISTENCIA

Los datos de la resistencia, mostraron normalidad con una significancia mayor a 0.05 en todos los casos, según la prueba de Shapiro-Wilk (tabla 4.14); del mismo modo, los datos presentaron homogeneidad de varianzas teniendo como fundamento a la media (Sig.=0.308), como se indica en la tabla 4.15.

**Tabla 4.14.** Prueba de normalidad aplicada a los datos de resistencia de las especies en estudio.

| Especie                             | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |         | Shapiro-Wilk |         |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|--------------|---------|
|                                     | Estadístico                     | gl Sig. | Estadístico  | gl Sig. |
| Resistencia <i>Musa paradisiaca</i> | .173                            | 5 .200* | .951         | 5 .742  |
| <i>Musa sapientum</i>               | .227                            | 5 .200* | .874         | 5 .282  |
| <i>Musa acuminata</i>               | .247                            | 5 .200* | .872         | 5 .276  |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Autoras de la investigación.

**Tabla 4.15.** Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de resistencia de las especies en estudio.

|             |   | Estadístico de Levene | gl1 | gl2   | Sig. |
|-------------|---|-----------------------|-----|-------|------|
| Resistencia | Se basa en la media                     | 1.300                 | 2   | 12    | .308 |
|             | Se basa en la mediana                   | .751                  | 2   | 12    | .493 |
|             | Se basa en la mediana y con gl ajustado | .751                  | 2   | 8,594 | .500 |
|             | Se basa en la media recortada           | 1.214                 | 2   | 12    | .331 |

*Fuente.* Autoras de la investigación.

El resultado del ANOVA aplicado indica una diferencia estadísticamente significativa (Sig.=0.000) entre las tres especies (tabla 4.16).

**Tabla 4.16.** Resultados del ANOVA aplicado a la resistencia de las especies en estudio.

| Resistencia      |                   |    |                  |        |      |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Entre grupos     | 158.129           | 2  | 79.065           | 42.931 | .000 |
| Dentro de grupos | 22.100            | 12 | 1.842            |        |      |
| Total            | 180.229           | 14 |                  |        |      |

**Fuente:** Autoras de la investigación.

En concordancia con los resultados del ANOVA, la prueba de Tukey HSD muestra que las tres especies son diferentes en cuanto a la resistencia, existiendo tres subconjuntos para alfa = 0.05 (tabla 4.17).

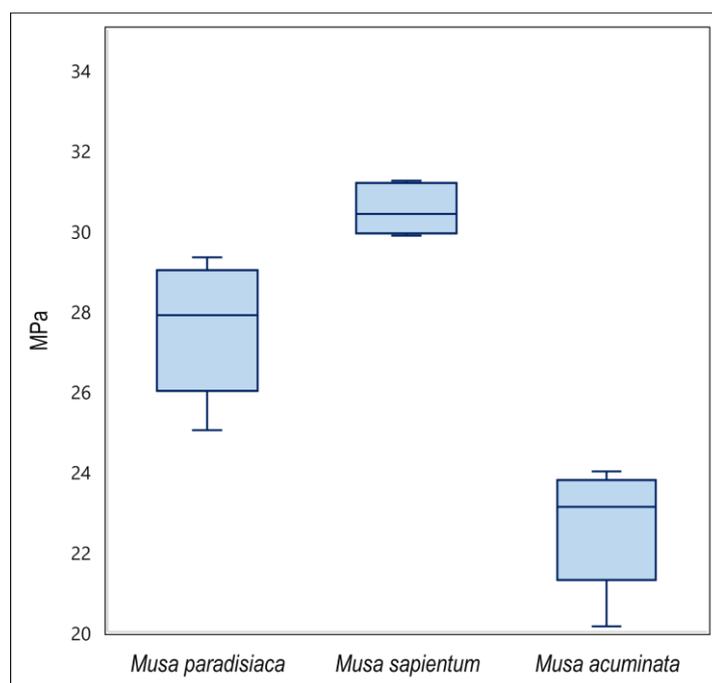
**Tabla 4.17.** Prueba de Tukey HSD del parámetro resistencia.

|                        |                         | Resistencia                  |         |         |         |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|
|                        |                         | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |         |
| HSD Tukey <sup>a</sup> | Especie                 | N                            | 1       | 2       | 3       |
|                        | <i>Musa acuminata</i>   | 5                            | 22.6520 |         |         |
|                        | <i>Musa paradisiaca</i> | 5                            |         | 27.5800 |         |
|                        | <i>Musa sapientum</i>   | 5                            |         |         | 30.5220 |
|                        | Sig.                    |                              | 1.000   | 1.000   | 1.000   |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

**Fuente:** Autoras de la investigación.

La figura 4.7 sintetiza de manera gráfica la distribución de los datos de resistencia de las tres especies en estudio (anexo 5), indicando que la especie con fibra más resistente es *Musa sapientum* con un valor medio aritmético de 30.52 Mpa; *Musa paradisiaca* obtuvo un promedio de 27.58 Mpa y *Musa acuminata* es la especie de menor resistencia con 22.65 Mpa.



**Figura 4.7.** Representación gráfica de los valores de resistencia de cada especie.

Se ha reportado que la resistencia de la fibra de banano en India oscila entre 24-32 Mpa, dicha resistencia puede aumentarse hasta 90 Mpa mediante tratamientos de refuerzo, lógicamente, son muchos los factores que influyen en la resistencia de la fibra, como la naturaleza química de la resina y las fibras, la orientación de las fibras, la relación de aspecto, la longitud de las fibras, la distribución uniforme de las fibras, y su superficie, entre otros (Senthilkumar et al., 2018). Estos valores

coinciden con los hallazgos de esta investigación sobre todo respecto a *M. sapientum* y *M. paradisiaca* dado que *M. acuminata* presentó valores por debajo de los 24 Mpa.

#### 4.1.6. ELONGACIÓN

Los supuestos del ANOVA para el parámetro elongación, se comprobaron satisfactoriamente; existiendo normalidad entre los datos con una significancia mayor a 0.05 acorde a los resultados de Shapiro-Wilk (tabla 4.18). La homogeneidad de las varianzas, tomando como base la media también resultó adecuada (tabla 4.19).

**Tabla 4.18.** Prueba de normalidad aplicada a los datos de elongación de las especies en estudio.

| Elongación | Especie                 | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    | Shapiro-Wilk |      |      |      |
|------------|-------------------------|---------------------------------|----|--------------|------|------|------|
|            |                         | Estadístico                     | gl | Estadístico  | gl   | Sig. |      |
|            | <i>Musa paradisiaca</i> | .276                            | 5  | .200*        | .890 | 5    | .359 |
|            | <i>Musa sapientum</i>   | .227                            | 5  | .200*        | .922 | 5    | .540 |
|            | <i>Musa acuminata</i>   | .216                            | 5  | .200*        | .946 | 5    | .705 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Autoras de la investigación.

**Tabla 4.19.** Prueba de homogeneidad de varianzas aplicada a los datos de elongación de las especies en estudio.

|            |   | Estadístico de Levene |     |        | Sig. |
|------------|---|-----------------------|-----|--------|------|
|            |   | gl1                   | gl2 |        |      |
| Elongación | Se basa en la media                     | .075                  | 2   | 12     | .929 |
|            | Se basa en la mediana                   | .025                  | 2   | 12     | .976 |
|            | Se basa en la mediana y con gl ajustado | .025                  | 2   | 10.750 | .976 |
|            | Se basa en la media recortada           | .075                  | 2   | 12     | .928 |

Fuente: Autoras de la investigación.

En este caso, el ANOVA refleja una diferencia estadísticamente significativa (Sig.=0.000) tal como se muestra en la tabla 4.20.

**Tabla 4.20.** Resultados del ANOVA aplicado al parámetro elongación.

| Elongación       |                   |    |                  |        |      |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Entre grupos     | 24.975            | 2  | 12.487           | 45.372 | .000 |
| Dentro de grupos | 3.303             | 12 | .275             |        |      |
| Total            | 28.277            | 14 |                  |        |      |

Fuente: Autoras de la investigación.

Los resultados de la prueba de Tukey HSD (tabla 4.21), reflejan que la diferencia es significativa entre las tres especies en lo referente a elongación; formándose tres subconjuntos para  $\alpha=0.05$ .

**Tabla 4.21.** Prueba de Tukey HSD aplicada al parámetro elongación.

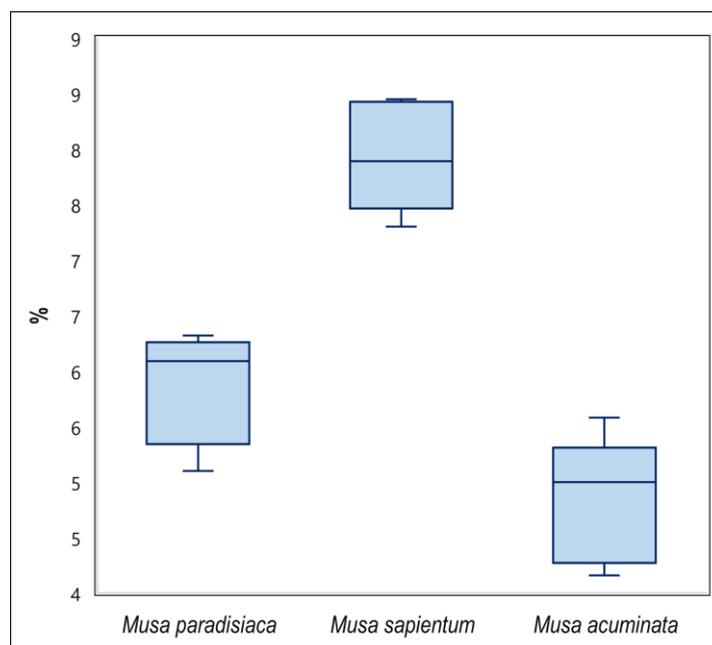
|                        |                         | Elongación                       |        |        |        |
|------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|
|                        |                         | Subconjunto para $\alpha = 0.05$ |        |        |        |
| HSD Tukey <sup>a</sup> | Especie                 | N                                | 1      | 2      | 3      |
|                        | <i>Musa acuminata</i>   | 5                                | 4.8320 |        |        |
|                        | <i>Musa paradisiaca</i> | 5                                |        | 5.8580 |        |
|                        | <i>Musa sapientum</i>   | 5                                |        |        | 7.9340 |
|                        | Sig.                    |                                  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

**Fuente:** Autoras de la investigación.

Dado que la elongación es un parámetro análogo a la resistencia, se obtuvo que *Musa sapientum* posee mayor elongación (7.93 %), mientras *Musa paradisiaca* posee 5.86 % y *Musa acuminata* 4.83 % en promedio (figura 4.8).



**Figura 4.8.** Gráfico de cajas de la elongación correspondiente a las tres especies en estudio.

En el campo textil, se sabe que la mercerización (tratamiento con hidróxido sódico) brinda al algodón una elongación excepcional de entre 10 y 30 % (Alonso, 2015). Por lo que, considerando que no se ha realizado ningún tratamiento a las fibras de

las especies en estudio, se infiere que la elongación, pudiera aumentarse considerablemente al aplicar un tratamiento textil a la fibra.

#### **4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE CON MEJORES PROPIEDADES FÍSICAS**

Como se indicó en el apartado 4.1, la especie con mayor rendimiento fue *Musa sapientum*, sin embargo, *Musa paradisiaca* también presentó un rendimiento considerable. Mientras que, en cuanto a espesor y longitud, las especies estudiadas han resultado muy similares a *Musa textiles* probablemente debido a su afinidad taxonómica, encontrándose cierta similitud con la longitud de la fibra de ramio y el espesor de la fibra de sisal (tabla 3.3).

Citando criterios de Alonso (2015); Carrera (2017); Chang et al. (2020) el parámetro más importante en una fibra textil es la longitud, dado que a medida que aumenta la longitud de la fibra, se incrementa la superposición de fibras en el hilo brindando mayor resistencia al deslizamiento. En tal sentido, al analizar los diagramas naturales de la fibra de las especies estudiadas *Musa sapientum* presenta mayor uniformidad de longitud y *Musa acuminata* tiene una distribución más lineal, *Musa paradisiaca* también posee uniformidad (figura 4.9).

Kulkarni et al. (2010) determinaron que en fibras de *Musa sapientum* (100  $\mu\text{m}$  de espesor) la resistencia a la rotura y el porcentaje de deformación a la rotura aumentan con una disminución de la longitud de ensayo, similar a la fibra de coco, confirmando los hallazgos de esta investigación.

En cuanto a resistencia y elongación, la especie con mejores resultados fue *Musa sapientum*, seguida de *Musa paradisiaca* y los valores más bajos los obtuvo *Musa acuminata*. *Musa sapientum* presentó mayor longitud más resistencia y elongación, por tanto, se considera la especie con mejores propiedades físicas. Sin embargo, resulta importante recalcar la finura de *Musa acuminata*. En todo caso, las tres especies presentan propiedades competentes para su explotación en el campo textil. En la tabla 4.22 se resume el promedio de los parámetros evaluados de cada especie.

Tabla 4.22. Resumen de los parámetros analizados en cada tratamiento

| Parámetros                      | Tratamientos            |                       |                       |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                 | <i>Musa paradisiaca</i> | <i>Musa sapientum</i> | <i>Musa acuminata</i> |
| Longitud (cm)                   | 113.04                  | 123.34                | 98.75                 |
| Espesor ( $\mu\text{m}$ )       | 56.96                   | 64.62                 | 30.45                 |
| Forma de la sección transversal | Circular                | Circular – ovalada    | Circular              |
| Densidad lineal (dtex)          | 0.062                   | 0.070                 | 0.055                 |
| Resistencia (Mpa)               | 27.58                   | 30.42                 | 22.65                 |
| Elongación (%)                  | 5.86                    | 7.93                  | 4.83                  |

Fuente: Autoras de la investigación.

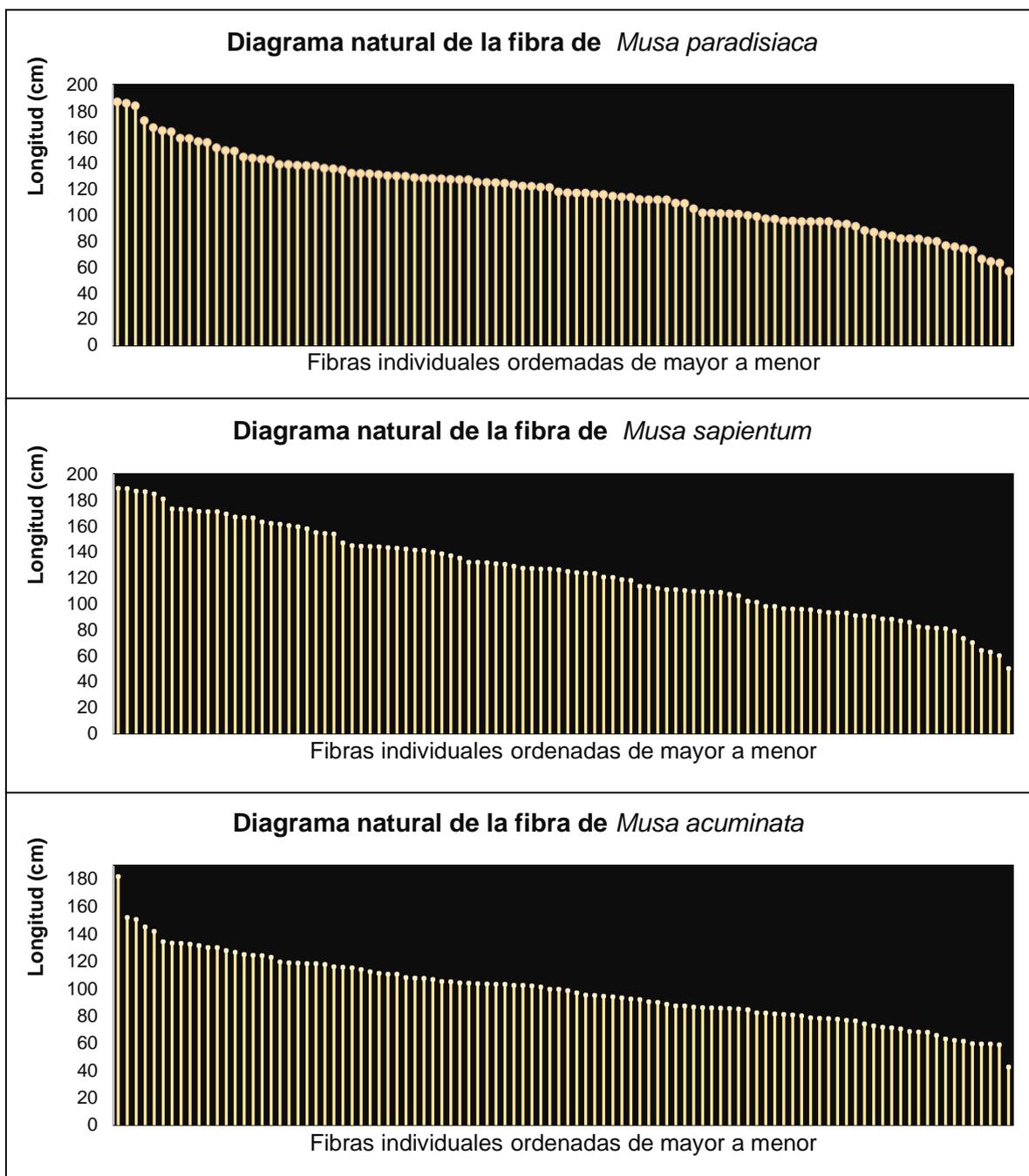


Figura 4.9. Diagrama natural de las fibras correspondientes a las tres especies en estudio.

### 4.3. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL COSTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ARTESANAL DE LA FIBRA DEL PSEUDOTALLO DE BANANO PARA SU POSTERIOR EXPLOTACIÓN

En la estimación económica realizada, no se tomaron en cuenta equipos ni transporte; dado que en la extracción artesanal no se emplean equipos y, en este caso, el transporte realizado fue manual (debido a la cercanía de la materia prima al lugar de procesamiento). Así mismo, tampoco se consideró el valor de los pseudotallos de banano dado que, en la zona de ejecución del proyecto, son considerados material de desecho luego de la cosecha.

Tabla 4.23. Resultados del análisis de costo de producción.

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS        |  |                    |                       |                  |                     |
|--------------------------------------|--|--------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| <b>Nombre del proyecto:</b>          | APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL CULTIVO DE BANANO ( <i>Musa paradisiaca</i> , <i>Musa sapientum</i> y <i>Musa acuminata</i> ) EN LA PRODUCCIÓN ARTESANAL DE FIBRA TEXTIL |                    |                       |                  |                     |
| <b>Rubro:</b>                        | Extracción artesanal de fibra de pseudotallo de banano   |                    |                       |                  |                     |
| <b>Detalle:</b>                      |  |                    |                       |                  | <b>Unidad:</b> m, g |
| <b>EQUIPOS</b>                       |  |                    |                       |                  |                     |
| Descripción                          | Cantidad<br>A  | Tarifa<br>B        | Costo hora<br>C = A*B | Rendimiento<br>R | Costo<br>D = C*R    |
|                                      | 0  | 0.00               | 0.00                  | 0.00             | 0.00                |
| Subtotal M                           |  |                    |                       |                  | 0.00                |
| <b>MANO DE OBRA</b>                  |  |                    |                       |                  |                     |
| Descripción                          | Cantidad<br>A  | Jornal / hora<br>B | Costo hora<br>C = A*B | Rendimiento<br>R | Costo<br>D = C*R    |
| Peón                                 | 1  | 3.62               | 3.62                  | 0.50             | 1.81                |
| Inspector                            | 1  | 4.07               | 4.07                  | 0.50             | 2.04                |
| Subtotal N                           |  |                    |                       |                  | 3.85                |
| <b>MATERIALES</b>                    |  |                    |                       |                  |                     |
| Descripción                          | Unidad   | Cantidad<br>A      | P. Unitario<br>B      | Costo<br>C=A*B   |                     |
| Pseudotallos de banano               | -  | 5                  | 0                     | 0.00             |                     |
| Espátula                             | -  | 1.00               | 0.70                  | 0.70             |                     |
| Peinilla                             | -  | 1.00               | 0.30                  | 0.30             |                     |
| Subtotal O                           |  |                    |                       |                  | 1.00                |
| <b>TRANSPORTE</b>                    |  |                    |                       |                  |                     |
| Descripción                          | Unidad   | Distancia          | Cantidad<br>A         | Tarifa<br>B      | Costo<br>C=A*B      |
|                                      | -  | -                  | 0.00                  | 0.00             | 0.00                |
| Subtotal P                           |  |                    |                       |                  | 0.00                |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> | Total, costo directo (M+N+O+P)   |                    |                       |                  | <b>4.85</b>         |
|                                      | Total, costo indirecto (10% Costo directo)   |                    |                       |                  | <b>0.48</b>         |
|                                      | Costo total del rubro  |                    |                       |                  | <b>\$5.33</b>       |
|                                      | Costo unitario por metro   |                    |                       |                  | <b>\$0.01</b>       |
| Costo unitario por gramo             |  |                    |                       | <b>\$0.04</b>    |                     |

Fuente: Autoras de la investigación.

En cuanto a la mano de obra, el salario de un peón por hora es de \$ 3.62, mientras que el de un supervisor alcanza lo \$4.07 (Contraloría General del Estado, 2021). Referente a materiales, se consideró una espátula y una peinilla que se emplean en prácticamente todo el proceso. En la tabla 4.23, se detalla la estimación económica realizada; la cual muestra que la extracción artesanal de 500 m (125 g) fibra de banano necesita una inversión aproximada de \$5.33.

Dada la inexistencia de estimaciones de este tipo, no se logró realizar una comparación de rubros oportuna con otros hallazgos; no obstante, cabe recalcar que el precio de 1 g de fibra de *Musa textiles* tiene un costo de \$0.002; aunque este valor es más bajo que el estimado para la fibra de banano, se recalca que las mejoras en la eficiencia del proceso de extracción generan que los costos de producción desciendan (Pera, 2019).

#### **4.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS PLANTEADA**

Acorde a los resultados del ANOVA y la prueba de Tukey HSD aplicadas a los valores de las propiedades físicas de las especies en estudio, se confirma que la fibra del pseudotallo de *Musa sapientum* presentó los mejores valores promedio: longitud de 123.34 cm, espesor igual a 64.62  $\mu\text{m}$ , densidad lineal de 0.070 dtex, resistencia de 30.42 MPa y 7.93 % de elongación en comparación a *Musa paradisiaca* y *Musa acuminata*, fundamentando la aceptación de la hipótesis planteada. Es por esta razón que la mayor parte de información disponible sobre fibra de banano considere a *M. sapientum*, además de su amplia distribución (Kulkarni et al., 2010; Libertejidos SanAgustin, 2019).

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

La fibra de las tres especies estudiadas (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* y *Musa acuminata*) presenta condiciones favorables para su utilización en la industria textil, y, tomando en cuenta sus características, pudieran ser utilizadas en la producción de diversos productos en función de los requerimientos de este. Dado que los resultados de las propiedades físicas evaluadas de la fibra, se encuentran dentro de parámetros adecuados para fibras vegetales con fines textiles.

La especie con mejores propiedades físicas es *M. sapientum*, cuya fibra mostró mejores valores en las características físicas evaluadas (longitud, espesor, forma de la sección transversal, densidad lineal, resistencia y elongación). No obstante, *M. paradisiaca* y *M. acuminata* también presentan características apropiadas para su aprovechamiento con fines textiles, aquellos productos que requieren menor finura tendrían un mejor acabado con fibra de *M. acuminata*; así también, los productores locales de *M. paradisiaca* pudieran dar valor agregado al subproducto de esta especie que es bastante similar a *M. sapientum*.

La extracción artesanal de 500 m (125 g) de fibra de pseudotallo de banano necesita una inversión aproximada de \$5.33, resultando un costo unitario por metro igual a \$0.01 y un costo unitario por gramo de \$0.04, dichos valores podrían utilizarse como base para fijar un precio de venta de la fibra de las especies estudiadas.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Realizar estudios posteriores que evalúen las propiedades químicas, mecánicas y de absorción de la fibra de las especies estudiadas, pues existen numerosos criterios considerados por la industria textil y el estudio de las propiedades antes mencionadas pudiera afianzar la calidad y posterior uso de la fibra de pseudotallo de banano en la industria textil.

Efectuar investigaciones relacionadas con las propiedades físicas de otras especies de Musa en la región, aprovechando la gran variedad taxonómica de esta familia.

Fijar un precio de venta de la fibra de pseudotallo de banano basado en las condiciones de mercado mediante estrategias de inserción en el mercado de este nuevo producto, para facilitar su adopción y difusión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, K., Mogrovejo, X., y Zapata, F. (2012). *Experimentación y posibles aplicaciones de la fibra de banano en el campo textil*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Agro Bayer Ecuador. (2020). *Cultivo de Banano*.  
<https://agro.bayer.ec/cultivos/banano>
- Alonso, J. (2015). *Manual control de calidad en productos textiles y afines*. Universidad Politécnica de Madrid: España.  
<http://oa.upm.es/38763/1/Binder1.pdf>
- Álvarez, E., León, S., Sánchez, M., y Cusme, B. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of Business and entrepreneurial*, 4(2). 86-95.  
<https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.78>
- Armas, D., Ruiz, S., Piován, M., Carrión, L., y Narváez, C. (2016). Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo. *Científica*, 20(1),  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61447568003/html/index.html>.
- Artesanías de Colombia S.A. (2008). Proyecto para el mejoramiento de la calidad y la certificación de los productos artesanos de 13 comunidades, ubicadas en los departamentos de Atlántico, Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Chocó, Santander, Sucre y Valle del Cauca. MN048-7. – ICONTEC: Colombia.  
<https://artesaniasdecolombia.com.co/propiedadintelectual/comunidades/artesantias-colombia-cesteria-calceta-platano-antioquia.pdf>
- Castro, D., y León, M. (2020). Beneficios de la elaboración de un jabón a base de cáscara de plátano. <https://expociencias.com.mx/project/pj-cm-42-beneficios-de-la-elaboracion-de-un-jabon-a-base-de-cascara-de-platano/>

- Bhatnagar, R., Gupta, G., y Yadav, S. (2015). A Review on Composition and Properties of Banana Fibers. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(5), 49-52. <https://www.ijser.org/researchpaper/A-Review-on-Composition-and-Properties-of-Banana-Fibers.pdf>
- Bragg, S. (2018). *Costeo Directo*. <https://www.accountingtools.com/articles/2017/5/14/direct-costing>
- Bullón, J., González, A., Hernández, A., y Queiruga, A. (2017). Manufacturing processes in the textile industry. Expert Systems for fabrics production. *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 6(4), 17-23.
- Carrera, E. (2017). Física textil. Propiedades físicas para caracterizar la calidad de las fibras textiles. Universidad Politécnica de Catalunya. ESPAÑA. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/106313>
- Chang, C., Ginn, B., Livingston, N, Yao, Z., Slavin, B., King, M, Sangwon C., y Mao, H. (2020). Medical Fibers and Biotextiles. *Biomaterials Science*, 575–600.e1. doi:10.1016/b978-0-12-816137-1.00038-6
- Chávez, Á., y Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9(2), <http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2004>.
- Contraloría General del Estado (2021). Reajustes de precios. Salarios mínimos por ley Ecuador. <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2711&tipo=doc>
- Desai, C., Patel, J., Pawar, S., Usadadia, V., Naik, V., y Savani, N. (2016). *Value Added Products from Banana Pseudostem*. Navsari, India: Navsari Agricultural University.
- Dungani, R., Karina, M., Subyakto, A., Sulaeman, D., y Hadiyane, A. (2016). Agricultural Waste Fibers Towards Sustainability and Advanced Utilization:

- A Review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 15: 42-55. URL: <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2016.42.55>
- Eichhorn, S., Jaffe, M., y Kikutani, T. (2019). *Serie de conocimientos sobre tecnología textil. Textile fibres: https://www.researchgate.net/publication/291916367\_Handbook\_of\_Textile\_Fibre\_Structure*
- Diniz, T., Granja, T., De Oliveria, M., y Viegas, R. (2014). Uso de subproductos da bananicultura na alimentação animal. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 194-212.
- Fernández, R., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- Freire, M. (2019). *Influencia del tratamiento, tamaño y dosificación de las fibras de abacá en el mortero* [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- García, C., y Sánchez, F. (2021). *Uso de los residuos de la cáscara de banano (musa paradisiaca), para la elaboración de material plástico biodegradable, ESPAM MFL* [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. Repositorio institucional – ESPAM MFL. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1429/1/TTMA21D.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Chone. (2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Chone 2014-2019. GAD Chone. <http://www.chone.gob.ec/pdf/lotaip2/documentos/pdot.pdf>
- Gomez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio S.C. [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf).

- Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos. 2da ed.* México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Haro, A., Borja, A., y Triviño, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las Ciencias*, 3(2), 506-525.
- Hendriksz, V. (2017). *Sustainable Textile Innovations: Banana Fibres.* FashionUnited, United Kingdom: <https://fashionunited.uk/news/fashion/sustainable-textile-innovations-banana-fibre/2017082825623>
- Human Rights Watch. (2002). TAINTED HARVEST. Child Labor and Obstacles to Organizing on Ecuador's Banana Plantations. Human Rights Watch, Estados Unidos de América. <https://www.hrw.org/reports/2002/ecuador/index.htm#TopOfPage>
- Ibujés, J., y Benavides, M. (2017). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de economía*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002>.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). Series Mensuales de Datos Meteorológicos Chone-U.Catolica Código: M0162. Quito, INAMHI.
- Jun, M. (2015). *Banana Pseudostem: properties nutritional composition and use as food* [Tesis de Maestría]. Repositorio institucional - University of New South Wales, Australia. <http://unsworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:37543/SOURCE02?view=true>
- Kulkarni, K., Satyanarayana, P., y Kalyani, V. (2010). Mechanical properties of banana fibres (*Musa sepientum*). *Journal of Materials Science*, 18, 2290-2296.

- Kumar, G., Singh, Y., Mishra, S., y Rahangdale, H. (2018). Potential Use of Banana and Its By-products: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(6), 1827-1832.
- Libertejidos SanAgustin. (2019). *Libertejidos - artesanías en fibra de plátano*. [Archivo de Video] YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=L3xu4Xr\\_q7Y&t=274s](https://www.youtube.com/watch?v=L3xu4Xr_q7Y&t=274s)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Boletín situacional*. MAGAP: Quito, Ecuador. [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin\\_situacional\\_platano\\_2017.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_platano_2017.pdf).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/Codigo\\_Organico\\_Ambiente.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/Codigo_Organico_Ambiente.pdf)
- Moreno, S., y Mendoza, Y. (2019). *Producción de fibra artesanal a partir de subproductos de la piña, para la producción de textiles biodegradables* [Tesis de pregrado]. Repositorio institucional - Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18146/2019sebastianmoreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OBS Business School (2020). *Costos directos e indirectos de un proyecto*. Universidad de Barcelona: España. <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/viabilidad-de-un-proyecto/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>
- Organización de Naciones Unidas. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: ONU.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Manual de seguridad y salud en la industria bananera*. FAO, Roma. <http://www.fao.org/3/i8078s/i8078s.pdf>

- Padam, B., Tin, H., Chye, F., y Abdullah, M. (2014). Banana by-products: an underutilized renewable food biomass with great potential. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3527–3545.
- Pedraza, C. (2019). *Caracterización De La Fibra Del Pseudo Tallo De Plátano Como Refuerzo Y Desarrollo De Un Material Compuesto Para Fabricación De Tejas*. Duitama, Colombia: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.
- Pera, J. (2019). *El impacto de la exportación de abacá como producto no tradicional en la economía ecuatoriana, periodo 2014 – 2018* [Tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil. Repositorio institucional - Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/46210/1/T-PERA%20GONZ%C3%81LEZ%20JUAN%20LUIS.pdf>
- Pilco, G., Borja, D., Goetschel, L., Andrade, P., Irazabal, J., Vargas, P., Guil, J., Rueda, V., y Ramos, L. (2018). Caracterización bromatológica y evaluación de la actividad antimicrobiana en cáscara de banano Ecuatoriano (*Musa paradisiaca*). *Enfoque UTE*, 9(2), 48-58.
- Programa Nacional de Aprendizaje Mejorado Tecnológico. (2012). *Classification of fibers and their general properties*. IIT Delhi, India. <https://nptel.ac.in/courses/116/102/116102026/>
- Recursos en Project Management. (2015). *Estimación del costo del proyecto*. <https://www.rekursosenprojectmanagement.com/estimacion-del-coste-del-proyecto/>
- Reddy, N., y Yang, Y. (2005). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *TRENDS in Biotechnology*, 23(1), 21-27.
- Rojas, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277-297. <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>.

- Sánchez, J., Daza, L., Hernández, V., Castro, E., y Cardona, C. (2015). Análisis tecno-económico de una biorefinería a partir de residuos del plátano. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (13). 32-39. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1600/1256>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida*. Quito, Ecuador: SENPLADES.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2017). *Textiles – Fibras Naturales – Nombres Genéricos Y Definiciones (Iso 6938:2012, Idt)*. Quito: INEN.
- Senthilkumar, K., Siva, I., Rajini, N., Winowlin, J., y Siengchin S. (2018). Mechanical characteristics of tri-layer eco-friendly polymer composites for interior parts of aerospace application. *Sustainable Composites for Aerospace Applications*, 35-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102131-6.00003-7>
- Snehal, I., Sanket, J., y Akshaya, G. (2014). Production of bioethanol using agricultural waste: Banana pseudo stem. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(3), 885-892.
- Steele, S. (2019). *What is banana fibre and how do you make textiles from it?* Obtenido de Offset Warehouse, United Kingdom: <https://www.the-sustainable-fashion-collective.com/2019/06/03/what-is-banana-fibre-and-how-do-you-make-textiles-from-it>
- Tinajero, A. (2018) *Diseño experimental de mobiliario para el sector de ecoturismo empleando los desechos del pseudotallo del banano de las plantaciones de Mindo* [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Repositorio institucional - Pontificia Universidad Católica del Ecuador [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15363/TesisFinalAndresTinajero\\_MobiliarioFibradeBanano2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15363/TesisFinalAndresTinajero_MobiliarioFibradeBanano2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. SwissContact, Piura - Perú:  
[https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual\\_banano.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf)

Universidad Politécnica de Madrid. (2016). *Bananas, more waste than product: Are they a source of bioenergy?* Science Daily.  
<https://www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160519082430.htm>

Universidad de Valencia. (2017). *Metodologías de investigación y comunicación académica*. Consultado el 27 de julio de 2020.  
[https://www.uv.es/innopfg/el\\_mtodo\\_biografico.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20biogr%C3%A1fico%20constituye%20una,vida%20del%20sujeto%20objeto%20de](https://www.uv.es/innopfg/el_mtodo_biografico.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20biogr%C3%A1fico%20constituye%20una,vida%20del%20sujeto%20objeto%20de)

Valenzuela, C. (2014). Determinación del costo unitario, una herramienta financiera eficiente en las empresas. Revista El Buzón de Pacioli, (87). 4-18.  
<https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no87/Pacioli-87-eBook.pdf>

Vézina, A., Van den Bergh, I., y Rouard, M. (2020). *Morphology of the banana plant*. Obtenido de ProMusa:  
<http://www.promusa.org/Morphology+of+banana+plant>

Zhapán, M., y Mosquera, J. (2019). *Obtención de fibras textiles a partir de residuos agrícolas* [Tesis de pregrado]. Repositorio institucional – Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9144/1/14788.pdf>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Resultados del peso de cada repetición tomado en el laboratorio de Agroindustrias de la ESPAM MFL.

**Anexo 1-A.** Peso de las repeticiones de la especie *Musa paradisiaca*.

| <b><i>Musa paradisiaca</i></b> |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Peso (g)</b>                |           |           |           |           |
| <b>R1</b>                      | <b>R2</b> | <b>R3</b> | <b>R4</b> | <b>R5</b> |
| 46.5                           | 82.9      | 49.7      | 39.0      | 59.4      |

**Anexo 1-B.** Peso de las repeticiones de la especie *Musa sapientum*.

| <b><i>Musa sapientum</i></b> |           |           |           |           |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Peso (g)</b>              |           |           |           |           |
| <b>R1</b>                    | <b>R2</b> | <b>R3</b> | <b>R4</b> | <b>R5</b> |
| 56.4                         | 64.3      | 78.2      | 50.7      | 58.7      |

**Anexo 1-C.** Peso de las repeticiones de la especie *Musa acuminata*.

| <b><i>Musa acuminata</i></b> |           |           |           |           |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Peso (g)</b>              |           |           |           |           |
| <b>R1</b>                    | <b>R2</b> | <b>R3</b> | <b>R4</b> | <b>R5</b> |
| 18.9                         | 28.8      | 31.1      | 24.6      | 10.3      |

**Anexo 2.** Resultados de los datos de longitud tomados en el laboratorio de Agroindustrias de la ESPAM MFL.

**Anexo 2-A.** Datos de longitud de la especie *Musa paradisiaca*.

| <b><i>Musa paradisiaca</i></b> |               |               |               |               |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Longitud (cm)</b>           |               |               |               |               |
| <b>R1</b>                      | <b>R2</b>     | <b>R3</b>     | <b>R4</b>     | <b>R5</b>     |
| 79.10                          | 96.20         | 96.40         | 80.90         | 135.30        |
| 81.10                          | 133.90        | 111.00        | 65.60         | 141.60        |
| 111.00                         | 137.30        | 138.00        | 79.50         | 136.80        |
| 94.70                          | 129.20        | 122.60        | 74.90         | 92.80         |
| 94.80                          | 137.10        | 111.10        | 104.10        | 133.00        |
| 94.30                          | 131.10        | 86.20         | 111.30        | 83.70         |
| 100.30                         | 100.50        | 127.50        | 108.10        | 111.60        |
| 124.00                         | 115.10        | 121.20        | 84.10         | 98.80         |
| 129.00                         | 101.00        | 56.00         | 148.70        | 113.20        |
| 94.20                          | 127.20        | 130.20        | 87.50         | 185.00        |
| 100.10                         | 92.30         | 120.70        | 155.50        | 116.20        |
| 127.00                         | 129.40        | 116.10        | 90.70         | 69.90         |
| 150.90                         | 127.90        | 113.00        | 120.50        | 114.90        |
| 108.40                         | 116.10        | 121.50        | 158.00        | 118.70        |
| 81.10                          | 137.00        | 126.40        | 73.40         | 126.40        |
| 164.00                         | 75.80         | 98.10         | 94.20         | 95.50         |
| 143.90                         | 117.10        | 131.40        | 113.20        | 112.80        |
| 124.50                         | 113.70        | 116.40        | 148.40        | 131.20        |
| 83.10                          | 115.30        | 100.80        | 94.20         | 63.90         |
| 158.10                         | 123.60        | 126.60        | 143.00        | 114.80        |
| <b>112.18</b>                  | <b>117.84</b> | <b>113.56</b> | <b>106.79</b> | <b>114.81</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la longitud de cada repetición.

**Anexo 2-B.** Datos de longitud de la especie *Musa sapientum*.

| <i>Musa sapientum</i> |               |               |               |               |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Longitud (cm)         |               |               |               |               |
| R1                    | R2            | R3            | R4            | R5            |
| 1.87                  | 109.10        | 127.40        | 90.90         | 88.30         |
| 91.00                 | 113.50        | 137.30        | 111.00        | 158.00        |
| 110.30                | 85.90         | 130.60        | 124.10        | 189.10        |
| 166.50                | 62.90         | 169.40        | 123.50        | 90.20         |
| 186.60                | 73.60         | 141.50        | 111.00        | 162.10        |
| 161.40                | 143.50        | 96.00         | 126.20        | 64.30         |
| 171.30                | 129.10        | 124.90        | 163.20        | 81.40         |
| 184.90                | 160.30        | 147.00        | 141.20        | 123.60        |
| 171.10                | 126.90        | 166.30        | 98.10         | 144.90        |
| 173.10                | 144.00        | 109.60        | 127.00        | 78.90         |
| 94.40                 | 143.00        | 189.00        | 120.40        | 154.01        |
| 95.50                 | 101.40        | 88.50         | 127.60        | 93.20         |
| 154.30                | 142.30        | 135.30        | 107.30        | 111.80        |
| 109.00                | 131.90        | 132.10        | 132.10        | 144.20        |
| 138.70                | 118.80        | 87.10         | 113.60        | 70.20         |
| 106.30                | 93.50         | 82.50         | 144.50        | 96.20         |
| 50.40                 | 118.20        | 167.00        | 171.10        | 173.20        |
| 131.10                | 93.10         | 81.90         | 159.60        | 60.30         |
| 181.00                | 81.10         | 109.40        | 98.10         | 120.60        |
| 139.70                | 172.70        | 102.00        | 155.00        | 96.40         |
| <b>130.92</b>         | <b>117.24</b> | <b>126.24</b> | <b>127.28</b> | <b>115.05</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la longitud de cada repetición.

**Anexo 2-C.** Longitud promedio de la especie *Musa acuminata*.

| <b><i>Musa acuminata</i></b> |              |              |              |               |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>Longitud (cm)</b>         |              |              |              |               |
| <b>R1</b>                    | <b>R2</b>    | <b>R3</b>    | <b>R4</b>    | <b>R5</b>     |
| 71.60                        | 80.60        | 90.40        | 86.40        | 117.60        |
| 110.50                       | 102.30       | 59.50        | 115.60       | 68.10         |
| 111.10                       | 70.40        | 108.00       | 63.00        | 182.00        |
| 126.60                       | 82.30        | 85.60        | 118.90       | 145.20        |
| 110.50                       | 71.20        | 106.60       | 99.60        | 130.10        |
| 80.90                        | 82.00        | 94.40        | 104.10       | 96.90         |
| 78.10                        | 98.60        | 91.90        | 74.00        | 107.60        |
| 103.10                       | 59.30        | 115.30       | 102.30       | 152.00        |
| 103.20                       | 105.20       | 59.30        | 119.50       | 123.00        |
| 131.60                       | 92.30        | 89.90        | 116.10       | 132.60        |
| 105.10                       | 62.10        | 86.10        | 93.30        | 150.60        |
| 125.00                       | 78.00        | 84.50        | 85.90        | 95.10         |
| 107.50                       | 76.60        | 118.30       | 61.40        | 81.40         |
| 103.30                       | 127.80       | 68.50        | 65.60        | 118.20        |
| 124.40                       | 72.60        | 103.50       | 95.20        | 133.20        |
| 68.00                        | 77.50        | 80.00        | 85.10        | 134.30        |
| 104.20                       | 88.50        | 87.20        | 76.30        | 133.30        |
| 118.70                       | 114.00       | 42.50        | 101.10       | 130.00        |
| 124.10                       | 99.50        | 112.30       | 78.50        | 102.00        |
| 85.50                        | 87.20        | 58.80        | 94.10        | 141.80        |
| <b>104.65</b>                | <b>86.40</b> | <b>87.13</b> | <b>91.80</b> | <b>123.75</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la longitud de cada repetición.

**Anexo 3.** Resultados de los datos de espesor tomados en el laboratorio de Microbiología de la ESPAM MFL.

**Anexo 3-A.** Datos del espesor de la especie *Musa paradisiaca*.

| <b><i>Musa paradisiaca</i></b>            |              |              |              |              |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Espesor (<math>\mu\text{m}</math>)</b> |              |              |              |              |
| <b>R1</b>                                 | <b>R2</b>    | <b>R3</b>    | <b>R4</b>    | <b>R5</b>    |
| 60.22                                     | 65.12        | 50.44        | 55.22        | 60.45        |
| 65.12                                     | 61.36        | 50.56        | 50.54        | 58.74        |
| 70.36                                     | 58.65        | 55.74        | 54.63        | 55.35        |
| 60.25                                     | 55.85        | 50.23        | 51.74        | 50.64        |
| 60.45                                     | 58.31        | 50.41        | 55.14        | 58.57        |
| <b>63.28</b>                              | <b>59.86</b> | <b>51.48</b> | <b>53.45</b> | <b>56.75</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio del espesor de cada repetición.

**Anexo 3-B.** Datos del espesor de la especie *Musa sapientum*.

| <b><i>Musa sapientum</i></b>              |              |              |              |              |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Espesor (<math>\mu\text{m}</math>)</b> |              |              |              |              |
| <b>R1</b>                                 | <b>R2</b>    | <b>R3</b>    | <b>R4</b>    | <b>R5</b>    |
| 60.41                                     | 70.23        | 67.45        | 60.25        | 68.24        |
| 65.23                                     | 75.54        | 68.21        | 68.47        | 65.41        |
| 67.14                                     | 60.89        | 60.87        | 66.24        | 60.87        |
| 61.89                                     | 68.74        | 66.54        | 65.12        | 60.56        |
| 60.54                                     | 50.63        | 61.89        | 65.45        | 68.74        |
| <b>63.04</b>                              | <b>65.21</b> | <b>64.99</b> | <b>65.11</b> | <b>64.76</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio del espesor de cada repetición.

**Anexo 3-B.** Espesor promedio de la especie *Musa acuminata*.

| <b><i>Musa acuminata</i></b>              |              |              |              |              |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Espesor (<math>\mu\text{m}</math>)</b> |              |              |              |              |
| <b>R1</b>                                 | <b>R2</b>    | <b>R3</b>    | <b>R4</b>    | <b>R5</b>    |
| 30.54                                     | 30.85        | 25.45        | 35.56        | 20.74        |
| 35.24                                     | 35.41        | 26.63        | 20.84        | 25.51        |
| 40.7                                      | 30.54        | 25.21        | 32.36        | 20.5         |
| 45.58                                     | 30.56        | 35.47        | 36.74        | 40.42        |
| 30.65                                     | 25.28        | 25.24        | 24.54        | 30.65        |
| <b>36.54</b>                              | <b>30.53</b> | <b>27.60</b> | <b>30.01</b> | <b>27.56</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio del espesor de cada repetición.

**Anexo 4.** Resultados de los datos de densidad lineal promedio tomados en el laboratorio de Agroindustrias de la ESPAM MFL.

**Anexo 4-A.** Datos de la densidad lineal de la especie *Musa paradisiaca*.

| <b><i>Musa paradisiaca</i></b> |               |               |               |               |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Densidad Lineal (dtex)</b>  |               |               |               |               |
| <b>R1</b>                      | <b>R2</b>     | <b>R3</b>     | <b>R4</b>     | <b>R5</b>     |
| 0.0690                         | 0.0647        | 0.0568        | 0.0563        | 0.0715        |
| 0.0551                         | 0.0489        | 0.0599        | 0.0610        | 0.0598        |
| 0.0624                         | 0.0587        | 0.0633        | 0.0652        | 0.0547        |
| 0.0524                         | 0.0689        | 0.0645        | 0.0587        | 0.0633        |
| 0.0684                         | 0.0710        | 0.0654        | 0.0633        | 0.0687        |
| <b>0.0615</b>                  | <b>0.0624</b> | <b>0.0620</b> | <b>0.0609</b> | <b>0.0636</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la densidad lineal de cada repetición.

**Anexo 4-B.** Datos de la densidad lineal de la especie *Musa sapientum*.

| <b><i>Musa sapientum</i></b>  |               |               |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Densidad Lineal (dtex)</b> |               |               |               |               |
| <b>R1</b>                     | <b>R2</b>     | <b>R3</b>     | <b>R4</b>     | <b>R5</b>     |
| 0.0790                        | 0.0658        | 0.0767        | 0.0668        | 0.0612        |
| 0.0654                        | 0.0715        | 0.0751        | 0.0674        | 0.0698        |
| 0.0632                        | 0.0742        | 0.0618        | 0.0710        | 0.0685        |
| 0.0723                        | 0.0741        | 0.0689        | 0.0653        | 0.0752        |
| 0.0798                        | 0.0730        | 0.0745        | 0.0687        | 0.0632        |
| <b>0.0719</b>                 | <b>0.0717</b> | <b>0.0714</b> | <b>0.0678</b> | <b>0.0676</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la densidad lineal de cada repetición.

**Anexo 4-C.** Densidad lineal promedio de la especie *Musa acuminata*.

| <b><i>Musa acuminata</i></b>  |               |               |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Densidad Lineal (dtex)</b> |               |               |               |               |
| <b>R1</b>                     | <b>R2</b>     | <b>R3</b>     | <b>R4</b>     | <b>R5</b>     |
| 0.0618                        | 0.0524        | 0.0528        | 0.0635        | 0.0588        |
| 0.0498                        | 0.0512        | 0.0587        | 0.0470        | 0.0610        |
| 0.0524                        | 0.0574        | 0.0423        | 0.0547        | 0.0489        |
| 0.0536                        | 0.0478        | 0.0518        | 0.0625        | 0.0534        |
| 0.0487                        | 0.0518        | 0.0584        | 0.0596        | 0.0637        |
| <b>0.0533</b>                 | <b>0.0521</b> | <b>0.0528</b> | <b>0.0575</b> | <b>0.0572</b> |

\*Los valores de la última fila corresponden al promedio de la densidad lineal de cada repetición.

**Anexo 5.** Informe de los análisis de resistencia y elongación realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**LABORATORIOS**  
Facultad Ciencias Agropecuarias

Manta, 17 de mayo del 2021

**LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CERTIFICAN LOS RESULTADOS DE LOS SIGUIENTES ANÁLISIS**

Los resultados presentados en este documento corresponden a **Delgado Moreira María Isabel. C.I 1311266402-0** y **Vidal Zambrano Diana Beatriz. C.I 131633812-6**. Estudiantes egresados de la carrera de medio ambiente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. El estudio fue realizado en el Lab. De Lácteos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo estos los siguientes: Resistencia a la tensión y elongación en fibras de banano, dichos análisis corresponden al trabajo de titulación “Aprovechamiento del residuo del cultivo de banano (*musa paradisiaca*, *musa sapientum* y *musa acuminata*) en la producción artesanal de fibra textil”.

**Cuadro 1. Resultados de la resistencia a la tensión de fibras de banano.**

| Resistencia a la tensión | (Mpa) | (Mpa) | (Mpa) | (Mpa) | (Mpa) |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tratamientos             | r1    | r2    | r3    | r4    | r5    |
| <i>Musa sapientum</i>    | 31.12 | 29.87 | 30.41 | 31.24 | 29.97 |
| <i>Musa paradisiaca</i>  | 29.33 | 25.02 | 28.68 | 27.89 | 26.98 |
| <i>Musa acuminata</i>    | 24.00 | 23.11 | 20.14 | 22.45 | 23.56 |

**Cuadro 2. Resultados de la elongación de fibras de banano.**

| Elongación              | (%)  | (%)  | (%)  | (%)  | (%)  |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Tratamientos            | r1   | r2   | r3   | r4   | r5   |
| <i>Musa sapientum</i>   | 7.89 | 8.40 | 7.63 | 8.45 | 7.30 |
| <i>Musa paradisiaca</i> | 6.09 | 5.10 | 6.32 | 6.2  | 5.58 |
| <i>Musa acuminata</i>   | 5.04 | 4.38 | 4.16 | 5.6  | 5    |

05-2623-740 ext 181 / 05-2678-299  
Av. Circunvalación Vía a San Mateo  
www.uleam.edu.ec

Uleam

1

**Anexo 6. Registro fotográfico****Anexo 6-A.** Corte del pseudotallo.**Anexo 6-B.** Limpieza del pseudotallo.**Anexo 6-C.** Transporte del pseudotallo.**Anexo 6-D.** Desfibrado.



Anexo 6-E. Extracción de la fibra.



Anexo 6-F. Peinado.



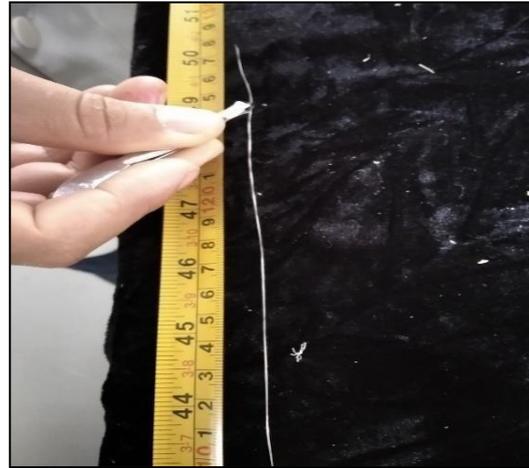
Anexo 6-G. Secado de la fibra.



Anexo 6-H. Pesado de las repeticiones.



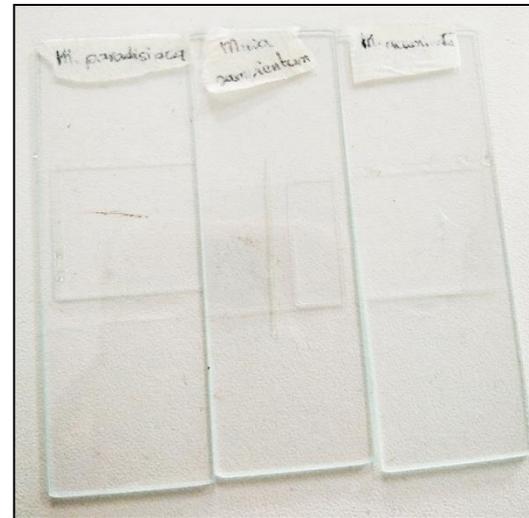
Anexo 6-I. Acondicionamiento del laboratorio.



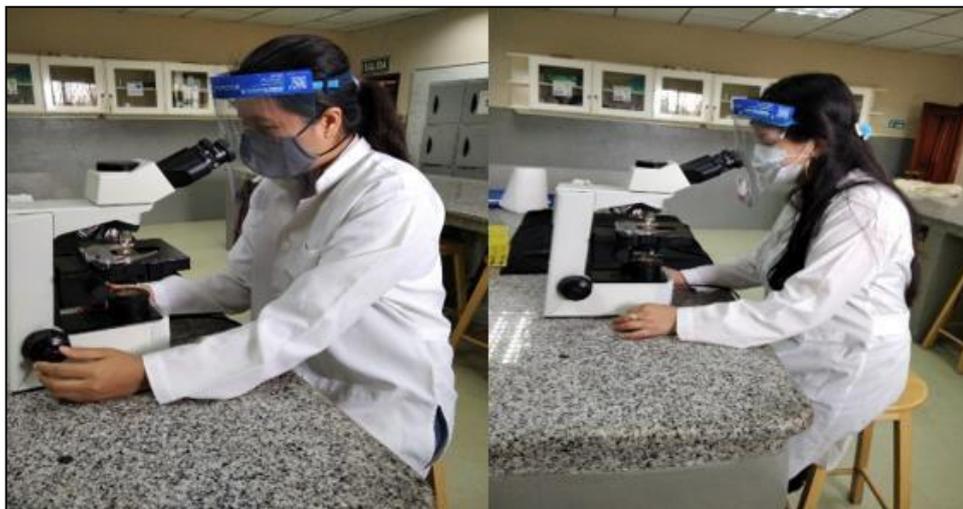
Anexo 6-J. Determinación de longitud.



Anexo 6-K. Preparación de muestras para microscopía.



Anexo 6-L. Muestras observadas.



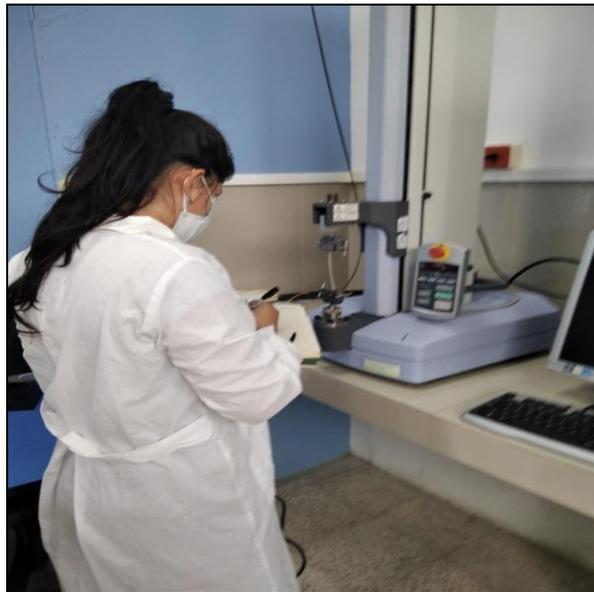
Anexo 6-M. Observación de muestras.



**Anexo 6-N.** Determinación resistencia y elongación.



**Anexo 6-O.** Equipo Shimadzu EZ-Lx.



**Anexo 6-P.** Observación de muestras.