



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“FIBRA DE SISAL (*Agave americana*) TINTURADA CON  
DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO  
(*Amaranthus hybridus*)”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTORA:** BETTY BEATRIZ MALÁN SAGÑAY

**DIRECTORA:** Ing. MARITZA LUCÍA VACA CÁRDENAS

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Betty Beatriz Malán Sagnay**

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

Yo, BETTY BEATRIZ MALÁN SAGÑAY, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de febrero de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Betty Beatriz Malán Sagñay'. The signature is stylized and includes a circular mark on the right side.

**Betty Beatriz Malán Sagñay**

**0604791681**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Trabajo Experimental “**FIBRA DE SISAL (*Agave americana*) TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO (*Amaranthus hybridus*)**”, realizado por la señorita: **BETTY BEATRIZ MALÁN SAGÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-02-24
Ing. Maritza Lucía Vaca Cárdenas. MSc <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-02-24
Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán. MSc <b>ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-02-24

## **DEDICATORIA**

A Dios por sus múltiples bendiciones, ya que me ha permitido darme la vida y la sabiduría; A mis padres Eucebio y Dolores quienes han sido el pilar de mi vida, un ejemplo de superación, esfuerzo y valentía, gracias con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A mis hermanos por estar siempre presentes en todo momento, acompañándome y apoyándome incondicionalmente a lo largo de este proceso. A mi tía y sobrina Vanessa porque con sus consejos y palabras de motivación hicieron de mí una mejor persona y de una u otra manera me acompañaron en este logro, que en un principio parecía interminable. Decirles que este logro es gran parte gracias a ustedes y que es el primero de muchas más.

Betty

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por llenar siempre de bendición a mi vida.

A mis padres y hermanos que siempre han brindado su apoyo incondicional, quienes han sido el motor que impulsa siempre a perseguir mis metas y nunca rendirme frente a las adversidades. Han sido mis mejores guías de vida.

A mis maestros, por haber compartido sus conocimientos para ser un profesional de calidad y ética, en especial a la Ing. Maritza Vaca, al Ing. Manuel Almeida quienes, en calidad de directora y asesor, con sus virtudes profesionales contribuyeron en forma decidida direccionarme en el trabajo experimental hasta culminarla.

De igual manera mi agradecimiento al Ing. Julio Llerena, por su apoyo total para realizar el trabajo en campo en el laboratorio de Fibras Agroindustriales y Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias y compartir los conocimientos, los cuales fueron una gran ayuda para culminar el trabajo.

Y por último quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas quienes han formado parte de mi vida en el transcurso de toda mi carrera y quienes me impulsaron a continuar hasta lograr el objetivo.

Betty

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....</b>	<b>3</b>
1.1. Fibras naturales.....	3
1.2. Fibras vegetales.....	3
1.3. Características y propiedades de las fibras vegetales.....	3
1.4. Clasificación de fibras vegetales.....	4
1.4.1. <i>Fibras blandas</i> .....	4
1.4.2. <i>Fibras duras</i> .....	4
1.5. Fibra de sisal (Cabuya Blanca).....	5
1.6. Descripción de Sisal.....	5
1.7. Morfología.....	6
1.8. Taxonomía.....	6
1.9. Requerimientos del clima y suelo.....	7
1.10. Proceso de obtención de fibra.....	7
1.10.1. <i>Corte</i> .....	8
1.10.2. <i>Recolección</i> .....	8
1.10.3. <i>Desfibrado</i> .....	8
1.10.4. <i>Lavado</i> .....	8
1.10.5. <i>Secado</i> .....	8
1.11. Características de la fibra de sisal.....	8
1.11.1. <i>Fibras mecánicas</i> .....	9
1.11.2. <i>Fibras sueltas</i> .....	9
1.11.3. <i>Fibras de xilema</i> .....	9
1.12. Tintes naturales.....	10
1.12.1. <i>Definiciones</i> .....	10
1.12.2. <i>Tintes naturales</i> .....	10

1.12.3.	<i>Tintes artificiales</i> .....	11
1.13.	<b>Plantas tintóreas</b> .....	11
1.14.	<b>Proceso de tinturado</b> .....	11
1.14.1.	<i>Teñido</i> .....	11
1.14.2.	<i>Lavado</i> .....	12
1.14.3.	<i>Secado</i> .....	12
1.14.4.	<i>Cepillado o peinado</i> .....	12
1.14.5.	<i>Hilado</i> .....	12
1.15.	<b>El Amaranto</b> .....	12
1.16.	<b>Descripción morfológica</b> .....	13
1.16.1.	<i>Raíz</i> .....	13
1.16.2.	<i>Tallo</i> .....	13
1.16.3.	<i>Hojas</i> .....	13
1.16.4.	<i>Flores</i> .....	14
1.16.5.	<i>Semillas</i> .....	14
1.17.	<b>Taxonomía</b> .....	14
1.18.	<b>Suelo y clima</b> .....	14
1.19.	<b>Usos de amaranto</b> .....	15

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METOLÓGICO</b> .....	16
2.1.	<b>Localización y duración del experimento</b> .....	16
2.2.	<b>Unidades experimentales</b> .....	16
2.3.	<b>Materiales, equipos e insumos</b> .....	16
2.3.1.	<i>Materiales</i> .....	16
2.3.2.	<i>Equipos</i> .....	17
2.3.3.	<i>Insumos</i> .....	17
2.4.	<b>Tratamientos y diseño experimental</b> .....	17
2.5.	<b>Mediciones experimentales</b> .....	18
2.5.1.	<i>Características de la fibra físicas de sisal:</i> .....	18
2.5.2.	<i>Características físico – mecánicas del hilo:</i> .....	18
2.5.3.	<i>Análisis sensorial del hilo:</i> .....	18
2.5.4.	<i>Análisis económico</i> .....	19
2.6.	<b>Análisis estadísticos y pruebas de significancia</b> .....	19
2.7.	<b>Procedimiento experimental</b> .....	20
2.7.1.	<i>Trabajo en campo</i> .....	20

2.7.1.1.	<i>Corte de materia prima (sisal)</i> .....	20
2.7.1.2.	<i>Recolección</i> .....	20
2.7.2.	<b>Trabajo de laboratorio</b> .....	20
2.7.2.1.	<i>Desfibrado</i> .....	20
2.7.2.2.	<i>Lavado</i> .....	20
2.7.2.3.	<i>Secado</i> .....	20
2.7.2.4.	<i>Escarmenado</i> .....	21
2.7.2.5.	<i>Tinturado</i> .....	21
2.7.2.6.	<i>Hilado</i> .....	22
2.8.	<b>Metodología de evaluación</b> .....	22
2.8.1.	<b>Análisis de las características de la fibra</b> .....	22
2.8.1.1.	<i>Longitud de fibra (cm)</i> .....	22
2.8.1.2.	<i>Diámetro de fibra (<math>\mu\text{m}</math>)</i> .....	22
2.8.2.	<b>Análisis sensorial de la fibra</b> .....	22
2.8.3.	<b>Características físico – mecánicas del hilo</b> .....	23
2.8.3.1.	<i>Solidez a la luz (escala de colores)</i> .....	23
2.8.3.2.	<i>Porcentaje de elongación</i> .....	23
2.8.3.3.	<i>Resistencia a la tensión (N/cm<sup>2</sup>)</i> .....	24
2.8.4.	<b>Análisis sensorial del hilo</b> .....	25
2.8.5.	<b>Análisis económico</b> .....	25
2.8.5.1.	<i>Costo de producción, dólares/ kg</i> .....	25
2.8.5.2.	<i>Relación beneficio/ Costo</i> .....	25

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	26
3.1.	<b>Evaluación de las características físicas de la fibra de sisal (Agave americana)</b> ..	26
3.1.1.	<i>Longitud</i> .....	26
3.1.2.	<i>Diámetro</i> .....	27
3.2.	<b>Evaluación de las características sensoriales de la fibra de sisal</b> .....	27
3.2.1.	<i>Intensidad de blancura</i> .....	27
3.2.2.	<i>Tacto</i> .....	28
3.2.3.	<i>Brillantez</i> .....	28
3.3.	<b>Características físico – mecánicas del hilo de sisal, tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto.</b> .....	29
3.3.1.	<i>Solidez a la luz</i> .....	29
3.3.2.	<i>Porcentaje de elongación</i> .....	30

3.3.3.	<i>Resistencia a la tensión</i> .....	31
3.4.	<b>Evaluación sensorial del hilo de sisal, tinturada con diferentes niveles de flor de amaranto</b> .....	31
3.4.1.	<i>Intensidad de color</i> .....	32
3.4.2.	<i>Tacto</i> .....	32
3.4.3.	<i>Blandura</i> .....	33
3.5.	<b>Análisis económico</b> .....	33
3.5.1.	<i>Costo de producción</i> .....	33
3.5.2.	<i>Beneficio /Costo</i> .....	34
<b>CONCLUSIONES</b> .....		35
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		36
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación de las Fibras.....	4
<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación Taxonómica de sisal .....	6
<b>Tabla 3-1:</b>	Plantas tintóreas.....	11
<b>Tabla 4-1:</b>	Clasificación Taxonómica del Amaranto .....	14
<b>Tabla 1-2:</b>	Esquema del experimento .....	18
<b>Tabla 2-2:</b>	Esquema de Adeva .....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Valoración de la escala de colores.....	23
<b>Tabla 4-2:</b>	Norma IUP 6 .....	24
<b>Tabla 1-3:</b>	Características de la fibra físicas de sisal ( <i>Agave americana</i> ).....	26
<b>Tabla 2-3:</b>	Características sensoriales de la fibra de sisal ( <i>Agave americana</i> ) .....	27
<b>Tabla 3-3:</b>	Características físico - mecánico del hilo de Sisal .....	29
<b>Tabla 4-3:</b>	Características Sensoriales del Hilo de Sisal.....	31
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis económico de la fibra de sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto (100, 150 y 200%) .....	34

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Clasificación de fibras naturales .....	3
<b>Ilustración 2-1:</b>	Planta de sisal .....	6
<b>Ilustración 3-1:</b>	Flujograma del Proceso de obtención de la fibra de sisal .....	7
<b>Ilustración 4-1:</b>	Tintes vegetales .....	10
<b>Ilustración 5-1:</b>	Planta de Amaranto .....	13
<b>Ilustración 1-3:</b>	Porcentaje de Elongación del Hilo de Sisal, tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto.....	30
<b>Ilustración 2-3:</b>	Resistencia a la tensión del hilo de Sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto.....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA
- ANEXO B:** ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA FIBRA DE SISAL
- ANEXO C:** ESTADÍSTICAS DE SOLIDEZ A LA LUZ DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO D:** ESTADÍSTICA DE PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO E:** ESTADÍSTICA DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO F:** ESTADÍSTICAS DE LA INTENSIDAD DE COLOR DEL HILO DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO G:** ESTADÍSTICAS DEL TACTO DE LA FIBRA DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO H:** ESTADÍSTICA DE LA BLANDURA DEL HILO DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO I:** EVIDENCIA FOTOGRAFICAS DEL CORTE Y DESPALMADO DE LAS HOJAS DE LA PLANTA DE SISAL (AGAVE AMERICANA).
- ANEXO J:** EVIDENCIA FOTOGRAFICAS DEL PROCESO DE MACERADO Y DESFIBRADO DE LAS HOJAS DE SISAL (AGAVE AMERICANA).
- ANEXO K:** EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS EL PROCESO DE LA LAVADO, SECADO Y ESCARMENADO DE LA FIBRA DE SISAL
- ANEXO L:** EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE A FIBRA DE SIAL CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.
- ANEXO M:** EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DE LAS PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS DEL HILO DE SISAL.

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar el tinturado de la fibra de sisal (*Agave americana*) con diferentes niveles de la flor de amaranto (*Amaranthus hybridus*), las hojas de sisal fueron extraídas del cantón Guano, mientras que el desarrollo de pruebas físico - mecánicas se realizaron en el laboratorio de Fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, con una duración de 60 días. La metodología que se utilizó fue un diseño completamente al azar con separación de medias utilizando la prueba de significancia Tukey a una probabilidad de ( $\geq 0.05$ ), prueba de kruskal Wallis para las variables no paramétricas (Sensoriales), considerando un tamaño muestral de 4000 g de fibra de sisal siendo los siguientes tratamientos; (T0) anilina vegetal, (T1) 100% de flor de amaranto, (T2) 150% de flor de amaranto y (T3) 200% de flor de amaranto, con cuatro repeticiones cada uno. En la caracterización de fibra de sisal, se evaluaron: Propiedades físicas, sensoriales mediante la estadística descriptiva obteniendo las siguientes medias: longitud sin estirar con 165,25 cm y estirada 179 cm con un diámetro de 308 *um*, intensidad de blancura con 3,25 puntos, tacto con 2,75 puntos y una brillantez de 4,25; en cambio en el hilo tinturado con flor de amaranto se midió las propiedades físicos – mecánicas: Solidez a la luz, porcentaje de elongación, resistencia a la tensión y propiedades sensoriales: intensidad de color, tacto y blandura, variables que no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El análisis económico presento un mayor beneficio costo de \$ 1,75 al aplicar el tratamiento T1 correspondiente al 100% de flor de amaranto. Se concluye, que el mejor resultado se obtuvo en el T1 ya que presento una utilidad de 75%, por lo que se recomienda seguir realizando estos procedimientos ya que se obtiene una rentabilidad económica elevada.

**Palabras clave:** < FIBRA DE SISAL >, < AMARANTO >, < TINTURADO >, < PROPIEDADES SENSORIALES>, < PROPIEDADES FISICO- MECANICAS>.



0558-DBRA-UTP-2023

## ABSTRACT

The objective of the study was to dye sisal fiber (*Agave americana*) with different levels of amaranth flower (*Amaranthus hybridus*), the sisal leaves were extracted from the Guano canton, while the development of physical-mechanical tests were carried out in the laboratory of Agro-industrial Fibers of the Department of Animal Sciences of ESPOCH for 60 days. The methodology used was a completely randomized design with separation of means using the Tukey significance test at a probability of ( $>0.05$ ), Kruskal Wallis test for non-parametric variables (sensory), considering a sample size of 4000 g of sisal fiber with the following treatments: (T0) vegetable aniline, (T1) 100% amaranth flower, (T2) 150% amaranth flower and (T3) 200% amaranth flower, with four replicates each. In the characterization of sisal fiber, physical and sensory properties were evaluated by descriptive statistics, obtaining the following means: length without stretching with 165.25 cm and stretched 179 cm with a diameter of 308  $\mu\text{m}$ , intensity of whiteness with 3.25 points, touch with 2.75 points and a brightness of 4.25. On the other hand, in the yarn dyed with amaranth flower the physical-mechanical properties such as solidity to light, percentage of elongation, resistance to tension and the sensory properties such as intensity of color, touch and softness were measured as variables. They did not present significant differences between the treatments. The economic analysis showed a higher cost benefit when applying treatment T1 corresponding to 100% amaranth flower. It was of \$ 1.75. It is concluded that the best result was obtained in T1 since it presented a profit of 75%, so it is recommended to continue carrying out these procedures since a higher economic profitability is obtained.

**Keywords:** < SISAL FIBER >, < AMARANTH >, < DYEING >, < SENSORY PROPERTIES >, < PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES >.



**Dra. Gloria Isabel Escudero Orozco Msc.**

**0602698904**

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el sisal (*Agave americana*), fue una fuente importante de sustento de los sectores indígenas, ya que, a más de proporcionar fibra, también se extrae una bebida refrescante llamado el chaguar mishqui, de igual manera se empleaba como detergente para lavar ropa, inclusive para la alimentación de ganado y entre otros (Cisneros, 1992, pp. 1- 22)

De acuerdo con las investigaciones realizadas, es claro que el sisal es considerado como una de las principales fuentes de fibras duras, representado un 70% del mercado mundial y, en consecuencia, se emplea en la fabricación de productos como sogas, sacos, alfombras, hamacas y entre otros artículos. El sisal es de gran importancia ya que los agricultores le consideran de gran ayuda económica para el desarrollo de la comunidad (Pruna et al., 2020, pp. 81 -86).

En la actualidad, las fibras sintéticas han ganado espacio a la producción de fibras naturales, por el motivo de que son más fáciles de adquirir y procesar. Por lo tanto, ha causado inconvenientes en la utilización de fibras naturales, las fibras sintéticas por su origen no son biodegradables razón por la cual suelen perjudicar al medio ambiente (Pruna et al., 2020, pp. 81 -86).

En el Ecuador, el sisal es abundante, pero es escaso el desarrollo de artículos a base de estas fibras, (ECOPAR) actualmente, está desarrollando métodos para promover el uso de estas fibras naturales, para preservar el legado cultural y ecológico, buscando nuevas alternativas para impulsar el turismo de nuestro país (Santana Macías, 2019, p. 17).

Hoy en día, el teñido se ha convertido en una tendencia muy importante en la industria textil, siendo así, el color unas de las características más percibidos por el ser humano, lo que incide que los artículos ofertados en el mercado deben tener un color agradable y atractivo.

Desde épocas antiguas, artesanos realizaban el teñido a base de tintes pero a causa del desarrollo de nuevas tecnologías, han sido reemplazados por tintes químicos, los cuales presentan un alto grado de toxicidad, ya sea a quienes lo emplean para el proceso de teñido de igual manera para el medio ambiente (Pazos, 2017, pp. 1- 43).

Por esta razón existe un gran interés en recuperar procesos de teñido empleando plantas naturales que encontramos a nuestro alrededor entre ellas el amaranto. El amaranto es rico en pigmentos naturales llamados betalainas que guardan cierta relación con las antocianinas. La inflorescencia del amaranto corresponde a espigas muy vistosas, con tonalidades diversas (Massari et al., 2017, pp. 1 - 68).

En nuestra provincia de Chimborazo, la elaboración de productos a base de fibra de sisal se ha deteriorado debido a que han sido sustituidas en gran medida por fibras sintéticas.

Por lo consiguiente, el propósito de la investigación fue recuperar, mantener y revalorizar las técnicas de teñido ancestral con tintes de plantas naturales como el amaranto empleando en la fibra de sisal, otorgando valor agregado y buscando minimizar la contaminación ambiental.

Por lo expuesto anteriormente se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar las características de la fibra de sisal (*Agave americana*).

Evaluar las características físico – mecánicas y sensoriales del hilo proveniente de la fibra de sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto (100, 150 y 200% del peso de la fibra a teñir).

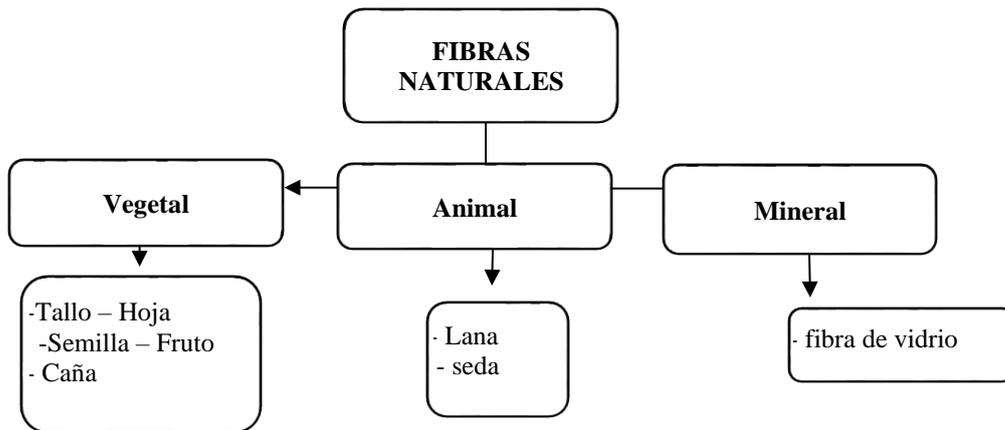
Evaluar el beneficio costo de la obtención de la fibra de sisal tinturada.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 1.1. Fibras naturales

Las fibras naturales generalmente se clasifican en tres tipos: vegetales, animales y minerales. La fibra más versátil en la industria son las fibras vegetales, se clasifican en (Pozo et al., 2019, p. 46).



**Ilustración 1-1:** Clasificación de fibras naturales

Fuente: Bermeo, 2016

### 1.2. Fibras vegetales

Son aquellas que están constituidos por filamentos de la planta que se extraen de diferentes formas, estas la encontramos en las hojas, semillas, flores, frutos y tallos las cuales son empleadas en la industria textil y en el campo de la construcción (Briseño Sánchez, 2016 p. 5).

Las fibras vegetales, son estructuras celulares compuestas principalmente de hemicelulosa, celulosa y lignina (Angulo Achilie, 2021, p.11). Las fibras se presentan como elementos principales en las plantas, están alineadas a lo largo de la fibra brindando resistencia a la tracción y rigidez, podemos encontrar principalmente en tallos y en mayor proporción, pero también podemos encontrar en hojas, flores, raíces y semillas (Zhapán & Mosquera, 2019, p.23).

### 1.3. Características y propiedades de las fibras vegetales

A continuación, se describe las características y propiedades de la fibra (Lockuan, 2013, pp. 3- 4) :

- Consta de tres partes: núcleo central, que puede encontrarse relleno o vacío; una cutícula, que es una cubierta externa y un área interna.
- Longitud de la fibra, esta característica es de vital importancia, ya que es la que determina el tacto de un tejido o su funcionamiento.
- Finura de fibra, las fibras finas son más suaves y blandos al tacto.
- El diámetro de la fibra, se mide en micrones, es una de las características que causa una diferencia en los tejidos, de manera que las fibras finas hacen que el hilo sea más manejable, es decir fácil de doblar; mientras que las fibras que presentan características gruesas otorgan dureza, firmeza, solidez y son muy resistentes a las arrugas.
- El rizado, es el quiebre, onda o rizo que presenta una fibra de principio a fin. Esta es una característica que influye en la propiedad porque aumenta la resistencia, la abrasión, la conservación del color y elasticidad.

#### 1.4. Clasificación de fibras vegetales

##### 1.4.1. Fibras blandas

Son aquellas fibras que se encuentran en los tallos de las dicotiledóneas (plantas con dos cotiledones en la semilla) (Vidal & Hormazábal, 2016, pp.16-17).

##### 1.4.2. Fibras duras

Principalmente estas fibras se obtienen a partir de las hojas de las monocotiledóneas (planta que posee un único cotiledón en la semilla), donde se disponen en forma de haces que sobreponen unos con otros, una de las características que vuelven más fuertes a estas fibras es debido a su mayor grado de lignificación, esto es, que adquieren una mayor consistencia al acumularse más celulosa (Vidal & Hormazábal, 2016, pp.16-17).

**Tabla 1-1:** Clasificación de las Fibras

<b>Fibras blandas</b>	<b>Fibras duras</b>
Lino	Esparto
Yute	Yuca
Cáñamo, etc.	Sisal
	
Fibra de yute	Fibra de sisal

Fuente: Vidal, 2016.

Realizado por: Malán Betty, 2023.

### **1.5. Fibra de sisal (Cabuya Blanca)**

El sisal conocido como también la cabuya es una de las principales fuentes de fibras duras de gran importancia son empleadas para la manufactura de costales y sacos, mientras que las fibras extraídas sean de mala calidad son empleadas en la fabricación de papeles y otro artículos (Pérez, 2016, pp. 24-26).

La planta de agave se viene explotando en el Ecuador desde épocas pre incaicas. Por tal razón, las fibras de esta planta eran utilizados para diversas funciones, como en la elaboración de géneros textiles, cuerdas y en otras actividades (Pérez, 2016, pp. 24-26).

En el Ecuador esta planta se cultiva principalmente, en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar, debido a la eficiencia en sus raíces y las características de desarrollarse en laderas con pocos nutrientes se convierte en un sistema económico e ideal para conservar el suelo (Betancourt & Salazar, 2017, pp. 27 - 39).

En el campo de la industria textil y de la moda las aplicaciones de la fibra de sisal son limitadas, porque son áspera al contacto con la piel, pero gracias a su gran resistencia es utilizada para la fabricación de artículos como alpargatas, shigras, tapetes, alfombras y principalmente en artesanías. Es empleada para la fabricación de cuerdas marinas por que posee alta resistencia a la salinidad (Betancourt & Salazar, 2017, p. 40).

### **1.6. Descripción de Sisal**

Es una planta semi xerófila, predominante tropical y subtropical, resistiendo sequías prolongadas y altas temperaturas (Prado, 2016, p.4). Al igual que todas las de la familia amarilidáceas se origina de una roseta de hojas, que emergen desde el suelo. La planta de sisal que se considera que se ha desarrollado de manera ideal es cuando posee un tallo o tronco de 30 a 40 cm de diámetro y 1m de altura al momento que llega a su madurez (Prado, 2016, p.4).

El sisal es una planta formada por una roseta de hojas verdes (hasta 150 por planta) lanciformes, pueden llegar a medir hasta dos metros de largo y terminan con una punta dura de espina, y da una inflorescencia de un metro de altura una sola vez en sus veinte años de vida, un distintivo del sisal es que es acaule (sin tronco) y los laterales tienen muy pequeñas o pocas espinas o simplemente no las tienen (Chong Maldonado, 2020, p.20).



**Ilustración 2-1:** Planta de sisal

**Realizado por:** Malán Betty, 2023.

### 1.7. Morfología

Las principales características morfológicas de la planta de sisal son (Rubio & Soto, 2015, p. 28-30):

**Raíces:** posee raíces adventicias las cuales surgen desde el tallo, la raíz que contiene esta planta es muy fibrosa. Una planta bien desarrollada conserva un tallo que mide de 390 a 40 cm de diámetro.

**Tallos:** es corto y grueso, con un meristemo apical y una roseta compacta de unas 100 hojas. Pueden alcanzar una altura de más de un metro, con un diámetro de 20 cm.

**Hojas:** llamadas también pencas, son rígidas, de forma lineal – lanceoladas oscuro, presentan espinas pequeñas, las mismas que tienen una longitud entre 150 y 200 cm. Cada hoja contiene de 1000 a 1200 haces de fibras.

**Brotes:** los retoños del tallo que se suscitan en la base, de 7 a 20, pueden extenderse hasta 2,5m de la planta de donde se origina. Las raíces o rizomas dan origen a nuevas plantas.

### 1.8. Taxonomía

**Tabla 2-1:** Clasificación Taxonómica de sisal

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Subclase:</b>	Liliidae
<b>Orden:</b>	Asparagales
<b>Familia:</b>	Agavaceae
<b>Género:</b>	Agave

**Fuente:** Narváez, 2017.

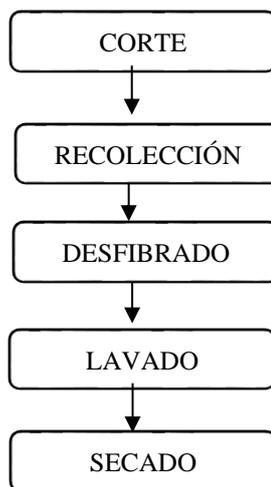
### 1.9. Requerimientos del clima y suelo

El sisal es una planta tropical; sin embargo, se ha adaptado a la mayoría de las regiones templadas del mundo, en épocas de heladas y fluctuaciones esta planta suele dañarse fácilmente mientras que cuando existe lluvias torrenciales, el sisal tiende a crecer poderosamente. El clima y el suelo influyen en la longitud de la hoja y fibra, ya que en cuanto al diámetro y a la calidad del hilado existen una diferencia, la planta que crece en suelos profundos y de baja precipitación, producen hojas cortas y fibra fina, en comparación con plantas que crecen bajo condiciones favorables (Rubio & Soto, 2015, p. 33-34).

Según (Compañía de Empaques S. A., p. 4) el mejor suelo para el crecimiento del sisal es suelos arenosos con abundante contenido calcáreo, para que proporciones buena aireación a las raíces. El sisal crece en altitudes desde los 0 hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar.

### 1.10. Proceso de obtención de fibra

En el Ecuador durante décadas se ha utilizado diversos procesos para la obtención de fibra de sisal. Estos procesos se empleaban con el propósito de eliminar impurezas, aceites y residuos vegetales y dejar libre la fibra (Páez Bonilla, 2020, pp.10-11).



**Ilustración 3-1:** Flujograma del Proceso de obtención de la fibra de sisal

**Fuente:** Páez, 2020

**Realizado por:** Malán Betty, 2023.

### ***1.10.1. Corte***

Cortar las hojas con materiales como un machetes o cuchillos. Corte solo hojas maduras, es decir las hojas que formen un ángulo de al menos de 40 grados con respecto al el eje longitudinal de la planta. Los rendimientos de las plantas jóvenes son inferiores a los de las plantas viejas, por lo que se realiza cortes de 1, 2 o 3 veces al año. (Páez Bonilla, 2020, pp.10-11).

### ***1.10.2. Recolección***

Esta operación consiste en recolectar las hojas para iniciar con el proceso de desfibrado, el cual debe realizarse dentro de las 24 horas(Páez Bonilla, 2020, pp. 10-11).

### ***1.10.3. Desfibrado***

Consiste raspar las hojas hasta que las fibras estén libres. Después de eso, realizar amarrados de unas 5 a 10 hojas, que luego se expone a abundante agua durante 12 a 15 días, con la finalidad de eliminar sustancias como la goma, pulpa que se adhieren en la fibra (Páez Bonilla, 2020, pp. 10-11).

### ***1.10.4. Lavado***

Para eliminar los cuerpos extraños adheridos a las fibras, se lava con abundante agua limpia. Después de sumergir las hojas en el tanque de agua por 12 a 15 horas, luego lavar, lo que facilita la separación de la corteza, pulpa, partículas de lignina y detergente (Páez Bonilla, 2020, pp. 10-11).

### ***1.10.5. Secado***

Existen dos métodos de secado para las fibras: secado en horno y secado al aire. En Ecuador por el costo, se recurre a utilizar el secado natural, que se basa en exponer la fibra a la luz solar directa, pero existe la desventaja dañarse (Páez Bonilla, 2020, pp. 10-11).

## **1.11. Características de la fibra de sisal**

El sisal es conocido por ser una planta que brinda en gran proporción fibras duras y áspera, ya que sus hojas están formadas de fibras o también denominas fibrillas, las cuales se unen entre sí por una goma (cemento vegetal) que contiene la misma planta el cual proporciona rigidez y aspereza. Las fibrillas que posee la planta son muy cortas, mide de 2 a 6 mm de longitud, y su

unión crean largos filamentos los mismos que son llamados fibras o hebras de sisal (Masabalín, 2019, p.30).

Las fibras o hebras tienen como función principal dar rigidez y resistencia a las hojas, como también desempeñan la función de conductores de sabia para la hoja, debido a estas funciones mecánicas proporcionadas, se les denomina como “fibras estructurales” (Betancourt, 2018, pp. 37-39).

En el proceso de corte de la hoja, se observa los ejes de las fibras, en los bordes como también en las hojas se encuentran en mayor proporción, mientras que en la punta y en el centro de la hoja se obtiene poca cantidad de los mismo (Santana Macías, 2019, p. 9).

#### ***1.11.1. Fibras mecánicas***

Son abundantes en los bordes exteriores de las hojas, casi nunca cumplen la función de ser un tejido conductor, es decir, un medio de transporte de sabia; se caracteriza por tener forma de herradura observada en su sección transversal y su longitud es muy variable, con un rango de mm a metros, el calibre de estas fibras es tan fino a tal punto que se parten o dividen longitudinalmente en el proceso de desfibrado (Betancourt, 2018, pp. 37-39).

#### ***1.11.2. Fibras sueltas***

Son numerosas fibras que se encuentran en la parte central de la hoja de cabuya. En su sección transversal se observa una forma de luna creciente, es una de las fibras más largas de la hoja, tiene buena resistencia, son muy útiles como fibras con aplicaciones textiles y por ello se consideran de gran valor comercial (Betancourt, 2018, pp. 37-39).

#### ***1.11.3. Fibras de xilema***

Están situados en la línea media de la hoja, cuya sección transversal tiene forma de la luna creciente irregular, su longitud es variable. Las paredes de las células son muy finas y quebradizas, por lo que se demoran durante el proceso de fabricación y pasan a constituir gran parte de residuo (Betancourt & Salazar, 2017, pp-340-341).

## 1.12. Tintes naturales

### 1.12.1. Definiciones

Los tintes se derivan de materias primas de origen vegetal o animal. Para que una sustancia se considere un tinte, debe contener un cromóforo llamados auxócromo. Esta propiedad finalmente lo vuelve a fin con la fibra (Ramos, 2020, p.36).

Sustancia obtenida de un tinte de origen (animal, vegetal o mineral), que se pueden utilizar para modificar a un cuerpo de su color original. Tiene varios usos potenciales y puede disolverse o dispersarse en líquidos, difunde y colorea al cuerpo (Saavedra, 2018, p.11).

En la naturaleza encontramos diversas plantas de donde se obtiene los tintes de origen vegetal, son varias las partes de una planta que sirven para teñir y de la cual se obtiene distintos colores (Papa, 2018, pp-34-35).

Se dividen en los siguientes elementos:

- Cascara – cortezas
- Hojas – frutos
- Flores – raíces



**Ilustración 4-1:** Tintes vegetales

Realizado por: Malán Betty, 2023.

### 1.12.2. Tintes naturales

Los tintes naturales se obtienen a partir de productos de la naturaleza, estos tipos de colores son extraídos de diversas fuentes, ya sea vegetal de ciertas partes de la planta (hojas, frutos, flores, corteza y raíces) y animal; como la cochinilla y otros paracitos (Sánchez, 2020, p.14).

### 1.12.3. Tintes artificiales

Son sustancias provenientes del petróleo, también son fabricados mediante un proceso de reacción química, por lo tanto, son denominados anilinas. Son tintes muy peligrosos para el ambiente como también para los consumidores (Quenta, 2019, p.18).

### 1.13. Plantas tintóreas

Se considera como una planta de la cual se extrae diferentes colorantes de tintes y de diversas partes como raíces, tallos y semillas. Estas plantas contienen altas concentraciones de colorantes como alcoholes, taninos, flavonoides y antraquinonas(Quenta, 2019, p.19).

En el Ecuador contamos con una gran variedad de plantas tintóreas que se ubican entre la vegetación, elevaciones y montañas. Algunas de esta son de uso medicinal y otras comestibles. Sin embargo, algunas plantas son usadas para el proceso de tinturado, por lo que se nombra a continuación (Bermeo, 2016, pp. 32- 40).

**Tabla 3-1:** Plantas tintóreas

Plantas tintóreas	
- Nogal - Amaranto	
- Laurel	
- Romero	
- Chilca	

Fuente: Bermeo,2016

### 1.14. Proceso de tinturado

El proceso de tintura se refiere al contacto del material textil con la solución de tintura, y este cuerpo la absorbe, y finalmente la fibra es teñida de acuerdo a la planta utilizada para este proceso, con el fin de obtener la tintura optima, se debe seguir los siguientes procesos:

#### 1.14.1. Teñido

El teñido consiste en aplicar un color a un sustrato (como un material textil) sumergiendo o impregnando el color en una solución o dispersión (Santana Macías, 2019, p. 14).

#### ***1.14.2. Lavado***

La fibra teñida se sumerge en agua para eliminar cualquier residuo del tinte aplicado. Es recomendable lavar hasta que el color adquirido no se desprenda de la fibra (Sánchez, 2020, p.27).

#### ***1.14.3. Secado***

Para evitar dañar las fibras, se deben secar las fibras fuera de la luz solar directa, preferiblemente colgadas en cuerdas un lugar fresco y poca luz para evitar que se enreden (Masabalín, 2019, pp-34-35).

#### ***1.14.4. Cepillado o peinado***

Para obtener la fibra más suave y limpia, libre de sustancias extrañas, se lo realiza el proceso de cepillado de la fibra, el cual consiste en peinar con un cepillo de clavos hasta eliminar impurezas y despegar sus filamentos (Masabalín, 2019, pp-34-35).

#### ***1.14.5. Hilado***

Este procedimiento consiste en alinear un número determinado de fibras y torcerlas alrededor de su eje para obtener hilos de diferentes espesores según la necesidad (Molina, 2020, p. 15).

### **1.15. El Amaranto**

Es una planta de tipo arbustivo herbáceo, al inicio de su crecimiento es de color verde y mientras alcanza su estado de madurez va adquiriendo un color morado o púrpura (Riera, 2020, p. 3).

Amaranto proviene del griego, su significado es una planta “que no se marchita, imperecedera”, ya que después de cortarla se mantiene por mucho tiempo sin perder su color por ello es denominada con este nombre (Zubillaga, 2017, p. 17).

En el Ecuador el amaranto también es conocido como ataco o sangorache y habitualmente se cultiva en la región sierra; sus granos e inflorescencia muestran color purpura. El pigmento principal del amaranto es la betalaína, que es un pigmento soluble en agua que se encuentran en las células de la planta, también contiene otros pigmentos, como los carotenoides y las antocianinas, que pueden contribuir a la variabilidad del color en los tintes producidos a partir de esta planta (Sangache, 2020, p. 17).



**Ilustración 5-1:** Planta de Amaranto

fotografía: Malán Betty, 2023

## **1.16. Descripción morfológica**

El amaranto es una planta herbácea y su descripción morfológica se detalla a continuación (Riera, 2020, p. 3).

### ***1.16.1. Raíz***

Esta planta tiene muchas raíces secundarias y terciaria y es tolerante a la sequía. La raíz principal soporta el peso de la planta, mientras que la raíz lateral funciona para mantener la estructura leñosa, lo que permite que la planta alcance un tamaño considerable.

### ***1.16.2. Tallo***

Los tallos son de color violeta, cilíndricos y angulosos, de hasta 2 m de altura y 4 cm de diámetro en la base, según la frecuencia de siembra.

### ***1.16.3. Hojas***

Hojas anchas, largas, de color verde claro con bordes ondulados. El tamaño de las hojas varía de 3 a 15 cm de largo y 1,5 cm de ancho.

#### **1.16.4. Flores**

Las inflorescencias son muy vistosas, de color purpura o purpura intenso, con varias flores agrupadas formando una inflorescencia de 50 cm de largo. Sus flores se ubican en la inflorescencia, son monoicas(unisexuales) y tienen pistilos.

#### **1.16.5. Semillas**

Las semillas de amaranto son pequeñas, lisas y redondas de color negro o moradas. Hay alrededor de 1800 semillas por gramo, de las cuales el 82% son semillas normales y el resto inmaduras o deformes.

### **1.17. Taxonomía**

**Tabla 4-1:** Clasificación Taxonómica del Amaranto

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Familia:</b>	Amaranthaceae
<b>Género:</b>	Amaranthus L.

Fuente: Guisha, 2019.

### **1.18. Suelo y clima**

El amaranto es una planta que para su desarrollo prefiere un suelo fértil y bien drenado con alto contenido de materia orgánica y que tenga un Ph en el rango de 6 a 7. Así mismo, se puede adaptar en suelos franco arenosos, arenosos o franco arcilloso siempre cuando proporciones nutrientes, y carencia de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptibles al exceso de humedad (Larcos, 2018, p. 14).

El amaranto es una planta que tiende a adaptarse a diferentes climas; desde el desértico hasta un clima templado y lluvioso, así como también en lugares donde existe mayor humedad relativa y zonas de grandes altitudes, en la sierra ecuatoriana es cultivado entre los 1800 a 3000 msnm, se desarrolla bien a temperaturas de 18 °C a 24 °C (Larcos, 2018, p. 13).

### **1.19. Usos de amaranto**

El amaranto es utilizado en varios campos como: medicina, alimentaria, cosmética y la industria textil. El grano es la parte más fundamental que se aprovecha para el consumo, las hojas de esta planta son empleadas para la preparación de platos culinarios, sin embargo, por el avance de nuevos procesos tecnológicos se va hallando grandes oportunidades para generar ingresos y aprovechar las bondades de la planta (Núñez, 2021, p. 18).

El amaranto posee elevadas bondades, uno de usos que se da a esta planta es para obtener colorantes vegetales, principalmente la amarantina, el cual es empleado para la coloración de alimentos proporcionando colores vistosos y atractivos. Gracias a su alto contenido de celulosa en sus tallos, se da uso para la fabricación de cartones. En la industria alimentaria es utilizado como aglutinante, que sirve para espesar un alimento (Zubillaga, 2017, p. 45).

Las hojas o inflorescencias del amaranto poseen presencia de color purpura negra. El color representativo del amaranto es la amarantina, por esta característica es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y textil. Además de ser una fuente importante de tintes naturales, el amaranto es un cultivo importante para la alimentación humana y animal, ya que sus hojas y semillas son ricas en nutrientes (Mora, 2016, p. 18).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METOLÓGICO

#### 2.1. Localización y duración del experimento

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Fibras Agroindustriales y Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en Av. Panamericana Sur Km1½, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.

El tiempo de duración de la presente investigación fue de 60 días, distribuidos desde la obtención de fibra de sisal, tinturado, análisis en el laboratorio y análisis de resultados.

#### 2.2. Unidades experimentales

El tamaño de la unidad experimental empleado fue de 250 g de fibra de sisal tinturada, empleando 4 tratamientos con 4 repeticiones con un total de 16 unidades experimentales, el total de gramos que conformaron en la investigación fue de 4000 g de fibra de sisal.

#### 2.3. Materiales, equipos e insumos

##### 2.3.1. *Materiales*

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Botas de caucho
- Machetes
- Tanques
- Ollas
- Tinas
- Mesas
- Cucharón
- Cuchillo
- Regla cm

- Peine con cerdas de fiero
- Cronometro
- Cilindro de gas
- Cordeles de secado

### **2.3.2. Equipos**

- Balanza
- Cocina
- Elastómero
- Medidor de solidez a la luz
- Equipo de elongación
- Cámara fotográfica
- Microscopio

### **2.3.3. Insumos**

- Agua
- Piedra lumbre
- Amaranto(flores)
- Sisal (pencas)

## **2.4. Tratamientos y diseño experimental**

En la investigación los tratamientos experimentales fueron definidos por la cantidad de la flor de amaranto utilizado, como se describe a continuación:

T0 = fibra de sisal tinturada con anilina vegetal (Producto comercial).

T1 = fibra de sisal + 100% de flor de amaranto en base al peso de la fibra a tinturar.

T2 = fibra de sisal + 150% de flor de amaranto en base al peso de la fibra a tinturar.

T3 = fibra de sisal + 200% de flor de amaranto en base al peso de la fibra a tinturar.

Considerando un total de 4 tratamientos experimentales cada uno con 4 repeticiones.

Para este trabajo de investigación se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) tomando como factor de estudio los niveles de la flor de amaranto como colorante de la fibra de sisal, como se observa en el siguiente cuadro:

En la tabla 6-2 se resumen las características del experimento que se utilizará en la presente investigación:

**Tabla 1-2:** Esquema del experimento

<b>Tratamientos** (fibra de sisal tinturada con)</b>	<b>Código</b>	<b>N° Repeticiones</b>	<b>TUE* g</b>	<b>Total, gramos /tratamiento</b>
Anilina vegetal	T0	4	250	1000
100% de flor de amaranto	T1	4	250	1000
150% de flor de amaranto	T2	4	250	1000
200% de flor de amaranto	T3	4	250	1000
<b>TOTAL</b>		16		4000g

T.U.E\*: Tamaño de la unidad experimental (250g)

\*\* : el porcentaje de la flor de amaranto está en función del peso de la fibra de sisal a tinturar.

Realizado por: Malán Betty, 2023

## 2.5. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales que se consideraron para caracterizar la fibra e hilo de sisal en la investigación se detallan a continuación:

### 2.5.1. Características de la fibra físicas de sisal:

- ✓ Longitud de fibra (cm)
- ✓ Diámetro de fibra( $\mu\text{m}$ )

Análisis sensorial de la fibra:

- ✓ Intensidad de blancura, (puntos)
- ✓ Tacto, (puntos)
- ✓ Brillantez, (puntos)

### 2.5.2. Características físico – mecánicas del hilo:

- ✓ Solidez a la luz (escala de colores)
- ✓ Porcentaje de elongación (%)
- ✓ Resistencia a la tensión(N/cm<sup>2</sup>)

### 2.5.3. Análisis sensorial del hilo:

- ✓ Intensidad del color, (puntos)

- ✓ Tacto, (puntos)
- ✓ Blandura, (puntos)

#### 2.5.4. Análisis económico

- ✓ Costos de producción, dólares/kg
- ✓ Relación Beneficio /costo

### 2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Las pruebas estadísticas empleadas en el desarrollo de la presente investigación fueron:

- Estadísticas descriptivas para las variables de la caracterización de la fibra de sisal.
- Análisis de varianza para las diferencias entre las medias (Adeva).
- Comparaciones múltiples entre las medias, mediante la prueba Tukey.
- Determinación de las líneas de tendencia, mediante la regresión ortogonal, en función de los niveles de la flor de amaranto utilizado como tinte natural.
- Pruebas de kruskall Wallis en las variables no paramétricas (Sensoriales).

En la tabla 7-2 se describe el esquema de análisis de varianza que se aplicó en la investigación:

**Tabla 2-2:** Esquema de Adeva

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	<b>16</b>
Tratamientos	<b>3</b>
Error	<b>13</b>

Realizado por: Malán Betty,2023.

Para la prueba de Kruskall Wallis se utilizó el siguiente propuesto matemático:

Ecuación 1.2

$$H = \frac{12}{N - 1} + \left[ \sum_{i=1}^a \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N + 1) \right]$$

En donde

R<sub>i</sub> = es la sumatoria de los rangos de las observaciones del i-ésimo tratamiento.

N<sub>i</sub> = es el número de observaciones del i-ésimo tratamiento.

N = es el número total de observaciones.

## **2.7. Procedimiento experimental**

### **2.7.1. Trabajo en campo**

#### *2.7.1.1. Corte de materia prima (sisal)*

Consistió en seleccionar las hojas maduras y un tamaño ideal, luego se procedió a cortar un determinado número de hojas de la planta con una herramienta como el cuchillo, por último, se procedió a realizar despuntado y despalmado de las hojas.

#### *2.7.1.2. Recolección*

El trabajo consistió en recolectar las hojas cortadas y llevarlas al laboratorio de laboratorio de Fibras Agroindustriales y Curtiembre de la facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se realizó el proceso de desfibrado manual.

### **2.7.2. Trabajo de laboratorio**

#### *2.7.2.1. Desfibrado*

Se retiró la pulpa que recubre la fibra de las hojas. Este proceso se realizó mediante el raspado de la hoja hasta dejar libre la fibra, luego fueron amaradas para evitar que las fibras se enredarán y se colocaron en tanques por 72 horas con la finalidad de eliminar la goma y la pulpa adherida en la fibra.

#### *2.7.2.2. Lavado*

Este proceso se realiza para eliminar los residuos que hayan quedado después de proceso de extracción, se procede a lavar con abundante agua y se dejó en reposo durante 12 horas, posteriormente se lavó hasta que se desprenda de ella un agua cristalina.

#### *2.7.2.3. Secado*

Para este proceso se empleó cordeles con la finalidad de que la fibra se seque con rapidez y evitar que se enrede, se dejó secar bajo sombra, dado que las fibras expuestas a luz solar se dañan rápidamente.

#### 2.7.2.4. Escarmenado

Esta operación también es conocido como el peinado, consistía en peinar la fibra seca para hacer paralelas las fibras y eliminar todas las impurezas, para este proceso se utilizó el peine con cerdas de fiero de manera suave para evitar que las fibras se maltraten.

#### 2.7.2.5. Tinturado

Para este procedimiento se utilizó cuatro tratamientos con: anilina vegetal (T0), 100% de flor de amaranto (T1); 150% de flor de amaranto (T2); 200% de flor de amaranto (T3).

La cantidad utilizada para teñir 250 gramos de fibra se detalla a continuación:

- 8,75 litros de agua.
- 1000, 1500 y 2000 gramos de tinte natural (flores).
- 25 gramos de piedra alumbre.

Según Rodas (2021), en el procedimiento de investigación para el tinturado de fibras vegetales se realizó:

Paso 1. Se realizó el pesaje de fibras de sisal, flor de amaranto y el fijador(Alumbre).

Paso 2. Preparación de la fibra.

Paso 3. Extracción del tinte colocando las flores de amaranto bajo el proceso de ebullición por 1 hora y removiendo constantemente.

Paso 4. La solución obtenida de la operación anterior se filtró con la finalidad para separar los restos vegetales (flores).

Paso 4. Se colocó el tinte filtrado en una olla, agregamos 25 gramos de piedra alumbre y se removió hasta lograr que se disuelva, por último, se añadió 250 g de fibra de sisal.

Paso 5. Se realizó el Tinturado de fibra por un tiempo de 2 horas, las fibras fueron introducidas en el tinte extraído y se removió suavemente con un palo de madera.

Paso 6. Se colocó la fibra en reposo durante 24 horas, en un lugar frio y oscuro para que fije el color.

Paso 7. Enjuague de la fibra con agua para retirar el exceso de tinte.

Paso 8. El secado se realizó bajo sombra.

#### 2.7.2.6. Hilado

Esta operación es el último paso, donde la fibra escarmenada y tinturada se amarra longitudinalmente a un madero donde se sacan haces que se van estirando y calibrando en el torno para formar así el hilo continuo.

### 2.8. Metodología de evaluación

La metodología planteada para los análisis de la fibra extraída de la planta del sisal y el hilo tinturado con diferentes niveles de la flor de amaranto; se describe continuación:

#### 2.8.1. Análisis de las características de la fibra

##### 2.8.1.1. Longitud de fibra (cm)

Para determinar la longitud de la fibra obtenida, se tomaron muestras correspondientes para el análisis, se colocó horizontalmente y se estiró sobre una cinta métrica de cm, para medir la longitud total (Normas ISO 1889).

##### 2.8.1.2. Diámetro de fibra ( $\mu\text{m}$ )

Este Este parámetro se mide en micras, es ampliamente considerado como la propiedad más importante de las fibras. Se tomó una muestra con un tamaño de 2 a 3 mm de fibra para su análisis, se extendió sobre una placa de vidrio (porta objetos) y luego se cubrió con un cubre objetos, este parámetro se obtuvo utilizando un microscópico electrónico con un lente de aumento 10x (Normas ISO 1887).

#### 2.8.2. Análisis sensorial de la fibra

En el análisis sensorial, las valoraciones se dieron mediante las percepciones sensoriales, los cuales indicaron las características que presentaban las fibras, y se dio una calificación de acuerdo a la escala hedónica propuesta, 5 correspondiente a excelente, 4 muy bueno, 3 bueno, 2 bajo y 1 malo.

- Para detectar la intensidad de blancura, se utilizó la visión calificando de acuerdo a la escala, si son blancos intensos con una valoración de 5, menos intensos de 4, poco intensos 3 y valoraciones menores, de baja intensidad.

- Para medir la sensación táctil se palpaban las fibras, y se midió la sensación que produce dándole una puntuación baja si esta es áspera y rugosa, caso contrario si la fibra produce una sensación agradable se calificó con puntuaciones entre 4 y 5.
- El parámetro de brillantez se evaluó mediante observación visual y se otorgó una calificación entre 4 y 5 a las fibras con cualidades brillantes. por otro lado, las muestras que recibieron calificaciones bajas pertenecían a fibras con características poco brillantes y opacas.

### 2.8.3. Características físico – mecánicas del hilo

#### 2.8.3.1. Solidez a la luz (escala de colores)

La solidez a luz se midió mediante el método de exposición a la luz artificial, en el que se colocó una muestra de hilo teñido de 10 cm de largo en una caja de vidrio oscuro con un foco infrarrojo, ya que las muestras fueron expuestas y observadas durante 72 horas. Las calificaciones se dieron basándose en la escala de colores (ya establecida) en función al tiempo que tarda el hilo en desteñirse (Norma ISO 105-B02).

La valoración en la escala de colores aplicada en este trabajo experimental se describe en la tabla 8-2.

**Tabla 3-2:** Valoración de la escala de colores.

Valoración	Denominación	Tenido
5	Excelente	No se destiñe
4	Muy buena	Destiñe un poco
3	Buena	Destiñe sensiblemente
2	Regular	Destiñe fuerte
1	Malo	Destiñe muy fuerte

**Realizado por:** Malán Betty, 2023.

#### 2.8.3.2. Porcentaje de elongación

Para estimar la capacidad del hilo soportar las cargas multidimensionales se realizó el porcentaje de elongación a la rotura. El alargamiento se requiere para costuras, ojales y todas las partes con agujeros bajo tensión (norma ASTM D3822). La característica principal de esta prueba es que, a diferencia de la prueba de tracción, la fuerza aplicada a la muestra del hilo de sisal se distribuye a través del cuerpo fibroso hacia las zonas adyacentes, de manera efectiva como si la muestra sometida un esfuerzo de tracciones en todas las direcciones.

- Se cortó una ranura en la muestra de hilo de sisal, en los extremos con su nudo correspondiente y se introducen en la ranura practicada en la muestra.
- Estas piezas deben estar fijadas por su otro extremo por las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando desgarro de del hilo hasta su rotura total.

### 2.8.3.3. Resistencia a la tensión (N/cm<sup>2</sup>)

El propósito de esta prueba fue determinar la resistencia a la rotura que se presenta cuando la muestra fue sometida a un estiramiento lento, durante la cual se rompen las cadenas de la fibra de sisal.

En la prueba de tensión, la operación se realizó sujetando los extremos opuestos de la muestra y separándolos, la muestra se alargó en la dirección aplicada, esta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se tuvo que tener cuidado que no produzca un deslizamiento de la probeta y evitar que se alteren los resultados.

Ya que no existe un estándar establecido para las fibras de sisal, las pruebas se evaluaron utilizando los estándares IUP 6 como referencia.

**Tabla 4-2:** Norma IUP 6

Test o ensayo	Método	Especificaciones	Formula
Resistencia a la tracción o tensión	IUP6	Mínimo 150 Kf /cm <sup>2</sup>	T = Lectura Maquina
		Optimo 200 Kf /cm <sup>2</sup>	Espesor de la fibra x Ancho(mm).

**Fuente:** Santana, 2019

#### 2.7.3.3.1. Procedimiento

- Se tuvo que tomar las medias de la probeta(espesor) con el calibrador en tres posiciones luego se tomó una medida promedio. Este dato sirvió en la formula.
- Se tomó las medias de la probeta (ancho) con el Pie de rey.

- Luego se colocó la probeta en las mordazas tensoras.
- Posteriormente se encendió y se calibró el equipo. Seguidamente, se encendió el display (presionando los botones negros; luego se giró la perilla de color negro hasta encender por completo el display).
- A continuación, se tuvo que poner en función el tensiómetro de estiramiento presionando el botón verde.
- Por último, se obtuvo los datos y se aplicó en la fórmula.

#### **2.8.4. Análisis sensorial del hilo**

El análisis sensorial se evaluó de acuerdo al impacto sensorial, que indica características del hilo derivado del sisal, otorgándole las calificaciones correspondientes en una escala hedónica del 1 al 5, siendo 5 excelente, 4 muy bueno, 3 bueno, 2 malo y 1 malo.

- La intensidad de color se determinó visualmente, observando y comparando toda la superficie de la fibra teñida. Las puntuaciones más altas correspondieron a los hilos, donde el color ha penetrado con mayor intensidad y esta sea profunda, uniforme, en caso contrario la puntuación fue inferior a 3.
- Para valorar la sensación del tacto, se palpó el hilo de sisal, y otorgó una puntuación según la suavidad del hilo.
- Para determinar la blandura del hilo, se utilizó la observación visual y la evaluación táctil para determinar si en el hilo se formaban una capa muy áspera y grosera.

#### **2.8.5. Análisis económico**

##### *2.8.5.1. Costo de producción, dólares/ kg*

Para evaluar la optimización económica se verificó el costo unitario (costo por kilo de hilo) en cada tratamiento tomando en cuenta el proceso de tinturado.

##### *2.8.5.2. Relación beneficio/ Costo*

La relación beneficio costo se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula.

Ecuación 2.2

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Ingresos Totales}}{\text{Egresos totales}}$$

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación de las características físicas de la fibra de sisal (*Agave americana*).

Lo resultados de la caracterización de la fibra de sisal se reportan en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Características de la fibra físicas de sisal (*Agave americana*).

Parámetros		Medias	D. E.	Mínimo	Máximo
Longitud, (cm)	S. Estirar	165,25	± 10,47	150	173
	Estirada	179,00	± 8,68	166	184
Diámetro, (µm)		308,00	± 40,10	258	353

**D.E.:** Desviación estándar

**V.Min:** Valor mínimo

**V.Máx:** Valor máximo

**Realizado por:** Malán Betty,2023.

##### 3.1.1. Longitud

La longitud de la fibra de sisal sin estirar presentó un promedio de  $165,25 \pm 10,47$ cm por cuanto los resultados variaron entre 150 y 173 cm, mientras que la fibra estirada fue de  $179 \pm 8,68$  cm con fluctuaciones entre 166 y 184 cm, valores que al compararlo con (Tamayo, 2012, pp. 5-7) , son superiores, ya que en su proyecto de caracterización de los materiales reforzados con fibra de sisal menciona que una de las características más importantes es la longitud, además señala que la fibra de sisal mide de 80 a 120 cm, y debido a esto es ampliamente utilizado en la fabricación principalmente de sogas, cuerdas como también para la fabricación de alfombras.

(Cali, 2019, p. 13) indica que la fibra de sisal mide 127,30 cm ya que la planta proporciona fibras largas, áspera y rústicas por ello sea ha venido utilizando desde la antigüedad en diversas actividades, datos reportados son menores a los obtenidos, pudiendo deberse la variabilidad encontrada entre estudios estudio, a lo señalado por (Ocampo, 2020, pp. 24-25), en que las características físicas de las fibras vegetales pueden variar dependiendo de varios factores como el tipo de suelo, proceso de cosecha y madurez de la planta. Las fibras más largas tienden a ser más fuertes y más flexibles para aplicaciones como cuerdas y tejidos resistentes.

### 3.1.2. Diámetro

El diámetro promedio de la fibra de sisal fue de  $308 \pm 40,10 \mu m$  con una variación de 258 a 353  $\mu m$ , respuestas que son similares a los obtenidos por (Muñoz et al.,2014, p. 3), quien al estudiar la caracterización de las fibras vegetales encontró que las de sisal miden 240  $\mu m$ , de igual forma (Tamayo, 2012, p. 5-7) al caracterizar las fibras de sisal, encontró que esta tiene diámetro entre 138 y 258  $\mu m$ , valores que guardan similitud con los obtenidos en el presente trabajo , pudiendo observarse pequeñas variaciones entre los estudios mencionados y que pueden deberse a lo reportado por (Limpe, 2018, p. 18) y que coincide con (Ocampo, 2020, pp. 24-25) que el diámetro de fibra de sisal varía dependiendo de varios factores, como la edad de la planta, el clima en el que se cultiva y proceso de extracción. En general, la fibra de sisal tiene un diámetro promedio 300 a 400  $\mu m$ . Sin embargo, el diámetro puede variar en función de la parte de la hoja de la que se extrae la fibra. las fibras extraídas de la parte central de la hoja suelen ser más gruesas, mientras que las fibras extraídas de la parte exterior de la hoja suelen ser más finas. Además, el diámetro de la fibra de sisal puede influir en las propiedades de la fibra, como la resistencia, la flexibilidad y la suavidad.

### 3.2. Evaluación de las características sensoriales de la fibra de sisal

Lo resultados de las características físicas de la fibra de sisal se reportan en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Características sensoriales de la fibra de sisal (*Agave americana*)

Parámetros	Media	D. E.	Mediana	Mínimo	Máximo
Intensidad de blancura, (puntos)	3,25 Bueno	$\pm$ 0,5	3	3	4
Tacto, (puntos)	2,75 Bueno	$\pm$ 0,5	3	2	3
Brillantez, (puntos)	4,25 Muy Bueno	$\pm$ 0,5	4	4	5

**D.E.:** Desviación estándar

**V.Min:** Valor mínimo

**V.Máx:** Valor máximo

**Realizado por:** Malán Betty, 2023

#### 3.2.1. Intensidad de blancura

La intensidad de blancura de la fibra de sisal, alcanzo puntuaciones entre 3 a 4 con un promedio de  $3,25 \pm 0,5$  puntos sobre 5 de referencia, teniendo una valoración cualitativa de buena de acuerdo a la escala hedónica, los datos registrados pueden deberse a los identificados por (Wilhelm, 2019, p. 1), por cuanto señala que las fibras de sisal son color blanco cremoso, por lo que hace son atractivas para la fabricación de artesanías como shigras, alpargatas y otros productos.

Adicionalmente, (Wilhelm, 2019, p. 1) afirman que la fibra de sisal se puede blanquear mediante diferentes procesos químicos y mecánicos para lograr una mayor intensidad de blancura, aunque esto puede reducir la resistencia y la durabilidad de la fibra. por cuanto la (Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles, 2019, p. 1) manifiestan que la blancura es el estado en el que los colores aparecen diferentes dependiendo de la fuente de luz. Los textiles siempre se ven del mismo color bajo las mismas condiciones.

### **3.2.2. Tacto**

Los valores asignados a la característica sensorial del tacto es una sensación mecánica sensitiva, vario entre 2 a 3 puntos sobre 5 de referencia por lo que se tiene un promedio de  $2,75 \pm 0,5$  puntos, debido a que la fibra presenta características muy ásperas y rugosas, lo que concuerda con (Arluna, 2020, p.1), en que la fibra de sisal es una fibra resistente, tosca y áspera al tacto, por lo cual no es considerado una fibra textil, en consecuencia, es muy efectiva para convertir las fibras en cuerdas o hilos y son usadas en actividades donde requieren mucha fuerza, pero esto puede variar dependiendo de la aplicación específica y del proceso de acabado utilizado. La fibra de sisal tiene una textura áspera y se siente rígida al tacto, lo que se debe a su estructura celular y a la presencia de ceras y otros compuestos naturales de la fibra. Sin embargo, a medida que la fibra se somete a diferentes procesos, como el lavado, la extracción de impurezas y el peinado, puede volverse más suave al tacto.

### **3.2.3. Brillantez**

La brillantez en la fibra de sisal consiguió calificaciones entre 4 a 5 puntos sobre 5 con un promedio  $4,25 \pm 0,5$ , lo que indica que según la escala hedónica propuesta la fibra presenta una calificación intermedia de muy bueno a excelente, por cuanto se estableció características muy brillantez, las calificaciones encontradas en la investigación puede deberse a lo señalado por (Dávila et al., 2011, p. 83) quien indica la presencia de las ceras, grasas y resinas que constituyen un pequeño porcentaje de las estructuras de las fibras brindan un efecto positivo en su apariencia, dándole brillo y flexibilidad. Además, la fibra de sisal se puede someter a proceso de pulido y suavizado para mejorar su apariencia y brillo, aunque es importante tener en cuenta que estos procesos pueden afectar las propiedades de la fibra, como su resistencia y durabilidad.

### 3.3. Características físico – mecánicas del hilo de sisal, tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto.

Los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de la fibra de sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto se reportan en la tabla 3 -3.

**Tabla 3-3:** Características físico - mecánico del hilo de Sisal

Parámetros	Niveles de flor de amaranto				E. E	Prob
	0 %	100%	150%	200%		
<b>Solidez a la luz, puntos</b>	5	5	5	5	0.00	
<b>Porcentaje de elongación, %</b>	17,43 a	16,50 a	16,11 a	15,11 a	1,49	0,74
<b>Resistencia a latensión, N/cm<sup>2</sup></b>	15769,19 a	12060,07 a	18186,41 a	15055,40 a	2752,90	0,48

Prob > 0,05: No existe diferencias estadísticas, medias completamente iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de tukey.

EE: Error Estadístico

Prob: Probabilidad

**Realizado por:** Malán Betty, 2023.

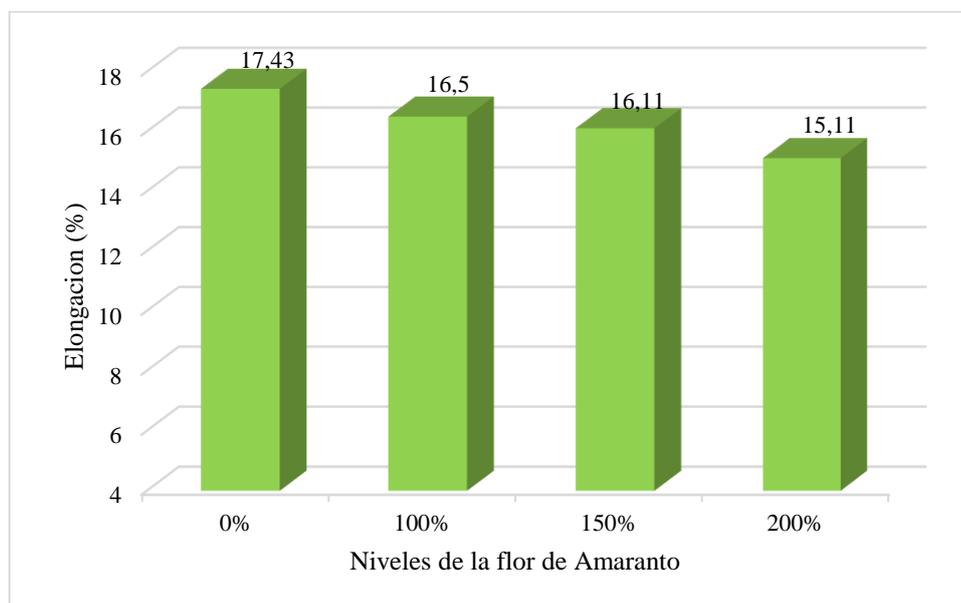
#### 3.3.1. Solidez a la luz

la solidez a luz , el hilo de sisal presentó valoraciones de 5 puntos en todos los grupos evaluados por lo que se establece que los niveles de la flor de amaranto no influyen en este parámetro, lo que probablemente puede deberse al fijador ( piedra alumbre) utilizado en el proceso de tinturado, ya que el mordiente brinda una buena solidez, lo que es demostrado por (Guerra Buenaño, 2022, pp. 1-61), quien indica que al tinturar fibra utilizando nogal más fijador ( piedra alumbre), no obtuvo cambios en la coloración, por lo tanto, esto demuestra que los hilos tienen la mejor solidez a la luz, según los criterios de calidad indicados por la norma (ISO 105 – B02, 2014, pp. 1-3).

La solidez a la luz de fibra de sisal dependerá de varios factores, incluyendo la calidad del tinte, proceso de tintura utilizado y condiciones ambientales en las que se almacena la fibra. El amaranto es un tinte relativamente resistente a la luz, lo que significa que es menos propenso a desvanecerse o desaparecer cuando se expone a la luz solar o artificial, mientras, que la fibra de sisal no es muy resistente a la exposición prolongada a la luz solar o artificial, ya que la luz puede hacer que la fibra se debilite con el tiempo. Para mejorar la solidez a la luz de la fibra de sisal tinturada con amaranto, se puede utilizar un fijador para ayudar a fijar el tinte en la fibra y mejorar su resistencia a la luz (Ordoñez et al., 2019. p. 40).

### 3.3.2. Porcentaje de elongación

Al determinar la elasticidad del hilo de sisal hasta su punto de rotura conocido como elongación, los valores establecidos no reportaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), por efecto de los niveles de la flor de amaranto utilizado como colorante, encontrados valores de 15,11 % correspondiente al aplicar 200% de flor de amaranto y 17,43 % al emplear el tratamiento control (anilina vegetal) para el tinturado que son los casos extremos (ver ilustración 1-3), resultados que son más altos a los reportados por (Percam S.A., 2018, p 1- 6), quien menciona al caracterizar la fibra de sisal determino que la cuerda de sisal presentó valores de elongación de 10 a 12 %. Por otra parte, (Nicolalde, 2018, p. 22) señala quien al caracterizar la fibra de mocora y compararla con otras fibras vegetales, la de sisal presentó valores entre 3 a 7 % de elongación, respuestas menores a los encontrados; resultados que concuerdan con el comportamiento señalado por (Cali, 2019, p. 13), en que el sisal tiene una fibra natural resistente, como resultado es utilizado como material principal para el hilo agrícola, presenta propiedades mecánicas elevadas como su capacidad de estiramiento y afinidad con determinados colorantes. El porcentaje de elongación puede variar en función de varios factores, como la calidad de la fibra, diámetro de la fibra, la torsión del hilo y la tensión aplicada al mismo.

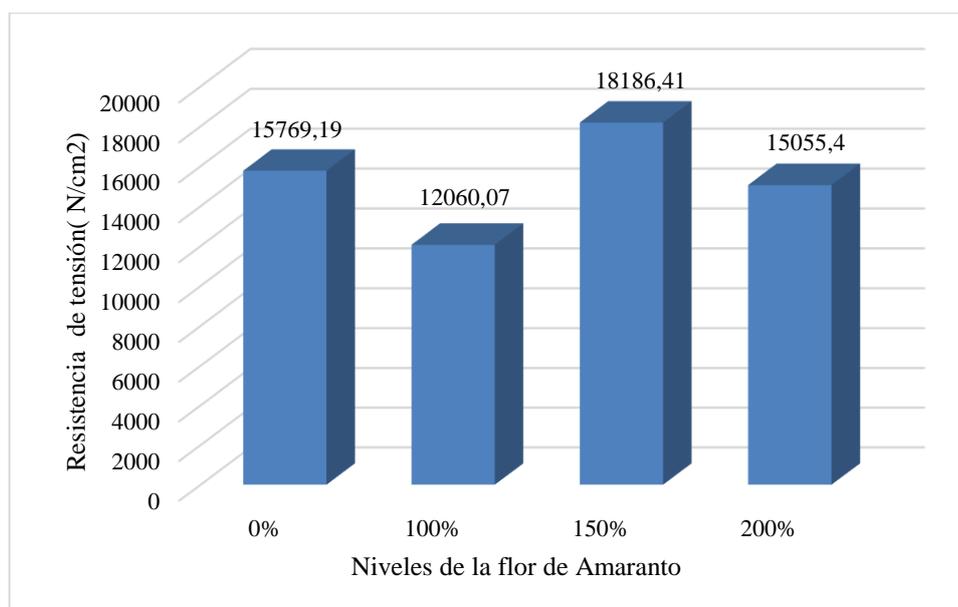


**Ilustración 1-3:** Porcentaje de Elongación del Hilo de Sisal, tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto

Realizado por: Malán Betty, 2023.

### 3.3.3. Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión del hilo tinturado con diferentes niveles de la flor de amaranto no reportó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), aunque existió una variación numérica entre los valores de 12060,07 N/cm<sup>2</sup> que corresponde al tratamiento con 100% de flor de amaranto y 18186,41 N/cm<sup>2</sup> en la utilización de 150% de flor de amaranto (ver ilustración 2-3), respuestas que son inferiores al comparar con la investigación de (Cunalata & Jiménez, 2019, p. 7) quien al evaluar los ensayos mecánicos y compararla con otras fibras vegetales, indica que la fibra de sisal presenta una resistencia entre 50700 y 88500 N/cm<sup>2</sup>; valores que se consideran altos y que puede deberse a lo manifestado por (Pruna et al., 2020, pp. 81-86), quien señala que la resistencia a la tensión del hilo de sisal depende de varios factores, como la calidad de la fibra, diámetro del hilo, la torsión del hilo. En general la fibra de sisal es conocida por su alta resistencia a la tensión, lo que hace adecuada para aplicaciones que requieren una gran resistencia y durabilidad.



**Ilustración 2-3:** Resistencia a la tensión del hilo de Sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto

Realizado por: Malán Betty, 2023.

### 3.4. Evaluación sensorial del hilo de sisal, tinturada con diferentes niveles de flor de amaranto.

Los resultados de las evaluaciones sensoriales del hilo, tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto se reportan en la tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Características Sensoriales del Hilo de Sisal.

Parámetros	Niveles de la flor de amaranto				H cal	Prob
	0%	100%	150%	200%		
Intensidad de color, (puntos).	5,00 Excelente	4,50 Excelente	4,00 Muy bueno	5,00 Excelente	1,95	0,1948
Tacto, (puntos).	4,00 Muy bueno	3,00 Bueno	3,50 Muy bueno	3,50 Muy bueno	2,03	0,4641
Blandura, (puntos).	3,00 Bueno	3,00 Bueno	3,50 Muy bueno	3,00 Bueno	0,53	0,8451

**Prob>0,05:** No existe diferencias estadísticamente

**H cal:** Valor calculado de acuerdo con la prueba de Kruskall Wallis.

**Realizado por:** Malán Betty, 2023.

### 3.4.1. Intensidad de color

La intensidad de color del hilo de sisal no registró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) por efecto de tinturado al utilizar diferentes niveles de la flor de amaranto, reportándose calificaciones entre 4 puntos al tinturar con 150% de flor de amaranto y 5 puntos que correspondieron a los hilos tinturados con el tratamiento control y 200% de flor de amaranto, estableciéndose entre estos grupos valoraciones de muy bueno y excelente, respectivamente; lo que indica que el tinte penetró profunda y homogéneamente entre las fibras. Los resultados pueden deberse a lo indicado por (Wilhelm, 2019, p. 1) quien señala que las fibras de sisal tienen una textura adecuada que facilita la aplicación y absorción de tintes. La intensidad de color del hilo puede ser alta si se utilizan las concentraciones de tintes adecuadas, tiempos de tintura y calidad de hilo. Sin embargo, también es importante considerar la compatibilidad del hilo y la tintura para lograr un color uniforme y duradero.

La tonalidad adquirida por la fibra de sisal por efecto del amaranto fue de una tonalidad café dorada, lo que puede deberse a lo indicado por (Araujo et al., 2022, pp. 1-6) el amaranto ofrece una variedad de colores atractivos, desde amarillos, morados hasta tonos rojos intensos, por lo que se usa en diversos campos como la industria textil y alimentaria. En el amaranto, encontramos que la betalaína determina el color de las espigas y flores del amaranto, por ello se utiliza en el proceso de teñido de fibras vegetales.

### 3.4.2. Tacto

Los valores determinados de la característica sensorial tacto presento valores que variaron entre 3 y 4 puntos sobre 5 puntos de referencia que estadísticamente no son diferentes, lo que indica que los niveles de flor de amaranto utilizado para el tinturado de fibra no influyen en esta característica, sin embargo numéricamente al utilizar el tratamiento control (Anilina vegetal) presento una mayor respuesta de 4 puntos por lo que se establece que la fibra obtenida es

ligeramente áspera y rugosa es decir un poco más suave a la de los otros grupos evaluados. Lo que puede deberse a lo señalado por (Arluna, 2020, p.1) quien menciona, el tacto del hilo de sisal puede ser afectada por el proceso de tinturada utilizado y la concentración de la tintura. Si se utiliza una concentración de la tintura alta y un tiempo prolongado, el hilo puede volverse más suave al tacto debido al efecto de ablandamiento del tinte en la fibra.

El tacto es una de las características sensoriales que determinan a qué tipo de artículos se va destinado, las fibras finas dan al tejido un tacto suave, mayor resistencia, mayor flexibilidad mientras que fibras gruesas son rígidas y ásperas, comunican dureza y cuerpo al tejido, además de una mayor resistencia al arrugado. (Instituto Textil Nacional, 2020, pp. 4-5); lo que sería el indicativo de que una fibra tinturada generalmente tiende a ser más áspera sino recibe un tratamiento posterior.

### **3.4.3. Blandura**

La evaluación de la blandura del hilo tinturado con diferentes niveles de la flor de amaranto no registró diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), registrándose puntuaciones entre 3,00 y 3,50 puntos, valores que estadísticamente son semejantes, por cuanto lo que se consideran entre bueno a muy bueno lo que indica el tinturado no influye en la blandura del hilo, aunque debe considerar adicionalmente entre lo señalado por (Betancourt & Salazar, 2017, pp. 1-14) las fibras de sisal son gruesas, por lo que después del proceso de teñido se debe utilizar suavizantes naturales como la sábila o productos químicos como detergentes para conseguir una fibra suave y tersa. La concentración de la tintura y el tiempo de tintura pueden afectar la blandura del hilo de sisal.

## **3.5. Análisis económico**

Los resultados de la producción de la fibra de sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto se reportan en la tabla 5-3.

### **3.5.1. Costo de producción**

Al realizar la evaluación económica de costo de producción del tinturado de fibra de sisal con diferentes niveles de la flor de amaranto (100, 150 y 200%), considerando los insumos utilizados para el proceso y la cantidad de hilo producido en kg en cada tratamiento, los gastos se elevaron a medida que el porcentaje de la flor de amaranto se incrementó, en cuanto al producir 0,99 kg de hilo de sisal se obtuvo un costo de producción de menor valor igual a \$10,28 correspondiente al tratamiento con 100% de flor de amaranto y valores que ascienden a \$11,97 y \$ 13,66 correspondiente a los tratamientos con 150 y 200% de flor de amaranto mientras que el costo de

producción más elevado resultó al utilizar anilina vegetal correspondiente al tratamiento control arrojando un valor igual a \$ 14,49.

### 3.5.2. Beneficio /Costo

Al determinar el Beneficio/Costo de los tratamientos, la mayor rentabilidad se alcanzó cuando se realizó el tinturado de la fibra de sisal con 100% de flor de amaranto resultando un valor igual a \$1,75, lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 75% frente a otros tratamientos, lo que motiva seguir realizando este tipo de procedimientos donde a más de dar un valor agregado a la fibra de origen vegetal se obtiene rentabilidad mayor, en efecto a medida que aumentaron los costos de producción, la utilidad se redujo resultando un valor menos significativo de 24% de utilidad al utilizar anilina vegetal que corresponde al tratamiento control. Además, se puede mencionar que al utilizar procesos naturales y ecológicos se reduce el impacto ambiental y la inversión no es elevada, consiguiendo así una mayor rentabilidad.

**Tabla 5-3:** Análisis económico de la fibra de sisal tinturada con diferentes niveles de la flor de amaranto (100, 150 y 200%)

CONCEPTO (\$)	Niveles de la flor de Amaranto			
	0%	100%	150%	200%
Flor de amaranto	0	3,33	5	6,67
Anilina vegetal	7,5	0	0	0
Piedra alumbre	0,5	0,5	0,5	0,5
Cepillo de Acero	0,4	0,4	0,4	0,4
Fundas plásticas	0,2	0,2	0,2	0,2
Gas	0,75	0,75	0,75	0,75
Costo de hilado				
Hilado manual	5	5	5	5
<b>EGRESOS TOTALES</b>	<b>14,35</b>	<b>10,18</b>	<b>11,85</b>	<b>13,52</b>
Total, de hilo producido (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99
Costo de producción. dólares/kg	14,49	10,28	11,97	13,66
Precio de venta, dólares/kg	18,00	18,00	18,00	18,00
<b>INGRESOS TOTALES, DÓLARES</b>	<b>17,82</b>	<b>17,82</b>	<b>17,82</b>	<b>17,82</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	<b>1,24</b>	<b>1,75</b>	<b>1,50</b>	<b>1,32</b>

Realizado por: Malán Betty, 2023.

## CONCLUSIONES

- ✓ La longitud de la fibra de sisal sin estirar es de 165,25cm y fibra estirada de 179 cm, con un diámetro de 308 *um*.
- ✓ Las fibras de sisal exhibieron características de intensidad de blancura, según la escala propuesta bueno correspondiente a un blanco no muy intenso (3,75), buen tacto es decir de carácter muy ásperas y rugosas (2,75), y de excelente brillo (4,25).
- ✓ La flor de amaranto utilizado para el tinte no afecto las características físico – mecánicas, con respecto a la solidez a la luz, los hilos no presentaron cambios en la coloración (5puntos), en cuanto la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación, numéricamente la mejor respuesta se encontró al utilizar 150% de flor de amaranto (18186,41 N/cm<sup>2</sup>) y el porcentaje de elongación como valor elevado correspondiente al tratamiento control (17,43%).
- ✓ El hilo de sisal mostro una excelente intensidad de color (5puntos) al emplear 100, 200% de flor de amaranto y el tratamiento control, así mismo, presento una sensación ligeramente suave al tacto en el tratamiento control (4 puntos) mientras presento una muy buena blandura al utilizar 150 % de la flor de amaranto (3,50 puntos).
- ✓ El menor costo de producción por kg de hilo de sisal obtenido se consiguió al tinturar con 100% de flor amaranto por lo que se tiene una rentabilidad elevada de 75 %

## **RECOMENDACIONES**

- ✓ Utilizar para el tinturado fibras vegetales y la flor de amaranto ya que brinda buenas características sensoriales y económicamente es más rentable.
- ✓ Emplear otras partes de la planta de amaranto para medir su efecto y poder compararlo las diferencias en las tonalidades de acuerdo a las partes de la planta empleadas.
- ✓ Continuar realizando estos procedimientos y seguir impulsando a la sociedad en general a conducir acciones de aprovechamiento y protección de los recursos naturales desde la perspectiva de la ética ambiental y la conciencia ecológica.

## BIBLIOGRAFÍA

**ANGULO ACHILIE, I. G.** Fibras naturales y su incidencia en la calidad del sonido en paneles acústicos para un estudio de grabación [Línea]. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador. 2021.p. 11. [Consulta:2022-05-10]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4642>

**ARAUJO, A., HERNÁNDEZ, V., SÁNCHEZ, I., PERAZA, S., & ORTIZ, R.** *Más allá de los colores del amaranto* [Línea], Centro de Investigación Científica de Yucatán, 0, (2022), (Yucatán –México) pp. 1–6, [Consulta:2023-01-14]. ISSN: 2395-8790. Disponible en: [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/)

**ARLUNA, P.** *Fibras textiles - Características y propiedades* [Línea], *Santista Work Wear*,0, (2020), (Argentina) p. 1. Disponible en: <https://www.santistaworkwear.com.ar/fibras-textiles-parte-2-caracteristicas-y-propiedades>

**ASOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE DE QUÍMICOS Y COLORISTAS TEXTILES.** *Índice de Blancura - Norma AATCC 110. SCIENCE (Laboratorio y Certificación)*, 1. Disponible en: <https://www.gozetim.com/es/tekstil/fiziksel-testler/beyazlik-indeksi/>

**BERMEO, J.** Análisis de la situación actual de teñido natural [Línea], Universidad del Azuay. 2016.pp.32-40. [Consulta:2022-11-30]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6048/1/12367.pdf>

**BETANCOURT, D. G., & SALAZAR, D. K.** *Mejoramiento del proceso de suavizado de la fibra de cabuya para elaborar géneros textiles.* INNOVA Research Journal [en línea],2017, (Ecuador), 2(8.1), pp 336–349. [Consulta:9 mayo 2022]. ISSN 2477-9024. Disponible en: <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.388>

**BRISEÑO SÁNCHEZ, D. Y.** “Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya” [Línea]. Universidad de Técnica de Ambato. 2016. pp. 5-6. [Consulta:2022-05-10]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24183>

**CALI, O.** Análisis Socioeconómico de la producción y ocupación de la cabuya en la parroquia San Gerardo, Cantón Guano, Chimborazo [Línea]. Universidad Nacional de Chimborazo, (Riobamba-Ecuador). 2019. p. 13. [Consulta:2023-01-08]. Disponible en:

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6243/1/UNACH-EC-FCEHT-TG-C.SOCI-2019-000040.pdf>

**CHONG MALDONADO, C. Y.** Propuesta de instalación de una planta procesadora de cuerda de sisal (*Agave sisalana*) en la región Lambayeque [Línea]. Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo, (Chiclayo-Perú).2020. p.20. [Consulta:2022-05-12]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3453>

**CISNEROS, H.** *El trabajo con fibra de cabuya en la provincia de Imbabura*. Revista Del Instituto Otavaleño de Antropología Centro Regional de Investigaciones[Línea]. 1992, (0), pp. 1–22. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: [www.flacsoandes.edu.ec](http://www.flacsoandes.edu.ec)

**COMPAÑÍA DE EMPAQUES S. A. (N.D.).** *Cultivo de Sisal* [en Línea]. Medellín - Colombia: Compañía de empaques de Medellín, Ed.; Colina Medellín 2012. [Consulta: 13 mayo 2022] Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1960/77847\\_59199.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1960/77847_59199.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**CUNALATA, E., & JIMÉNEZ, C.** Caracterización de un Material Compuesto de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Yute precargada mediante moldeo por compresión [Línea] (Trabajo de titulación), Escuela Politécnica Nacional, (Quito - Ecuador). 2019. p. 7. [Consulta: 29 enero 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD%209900.pdf>

**DÁVILA, J., GÁLEAS, S., GUERRERO, V., ROSAS, N., SOTOMAYOR, V., & VALDIVIESO, C.** *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales* [ en Línea]. Quito - Ecuador. (V. Guerrero, Ed.; Primera edición, Vol. 1), 2011. [Consulta: 2023-01-26]. Disponible en: <https://library.co/document/q5m4577y-nuevos-materiales-aplicaciones-estructurales-e-industriales.html>

**GUERRA BUENAÑO, W.** “tinturado de la fibra de alpaca utilizando diferentes partes de la planta del nogal (corteza, hojas y fruto)” [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba – Ecuador).2022. pp. 1-61. [Consulta: 2023-02-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16174/1/27T00519.pdf>

**INSTITUTO TEXTIL NACIONAL, A. C.** *Importancia de la Finura en las Fibras textiles* [En línea],2020, (México), p.1. [Consulta: 2023-01-13]. disponible en:

<https://www.institutotextilnacional.com/2020/09/02/importancia-de-la-finura-en-las-fibras-textiles/>

**ISO 105 – B02.** *Ensayos de solidez del color. B02: Solidez del color a la luz artificial.* 1–3. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/\(EX\)UNE-EN\\_ISO\\_105-B02=2014.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/(EX)UNE-EN_ISO_105-B02=2014.pdf)

**LARCOS, A.** Caracterización morfológica de ocho especies de amaranto [Línea], Universidad Técnica de Cotopaxi. (Latacunga-Ecuador).2018. pp.13-14. [Consulta: 2022-05-24]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5156/6/PC-000355.pdf>

**LIMPE, P.** Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de textiles ecológicos de algodón[Línea]. Universidad Nacional de San Agustín. (Arequipa-Ecuador).2018. p.18. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7790>

**LOCKUAN, F.** *La Industria Textil y su Control de Calidad* [En línea]. 2013.(1st ed., Vol. 1). [Consulta: 29 julio 2022]. Disponible en: [https://issuu.com/fidel\\_lockuan/docs/v\\_la\\_industria\\_textil\\_y\\_su\\_control\\_de\\_calidad](https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/v_la_industria_textil_y_su_control_de_calidad).

**MASABALÍN, M.** Diseño de bolsos con técnicas de tejidos en fibra de cabuya [En línea]. Universidad Técnica de Ambato. (Ambato -Ecuador). 2019. p.30. [Consulta: 2022-05-17]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29148>.

**MASSARI, T. N., PLENCOVICH, R. P., & TROUILH ZARZA, D. B.** "Harina de amaranto para la obtención de bocaditos de carne con bajo contenido de grasa" [En línea]. Universidad Nacional de Córdoba. 2017. pp.1-68. [Consulta: 2022-05-06]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572263177004/html/>

**MOLINA, R.** Hilados y textiles [En línea]. Quantia solutions. (Madrid - España).2020. p.15. [Consulta: 2022-05-19]. Disponible en: <https://quantiasolutions.com/wp-content/uploads/Quantia-Solutions-Formaci%C3%B3n-Hilados-y-Textiles.pdf>

**MORA, F.** (2016). Sangorache o Ataco estudio y nuevas propuestas gastronómicas [Línea]. Universidad de los hemisferios. (Quito-Ecuador). 2016. p.18. [Consulta: 2022-05-25]. Disponible en: <http://dspace.uhemisferios.edu.ec>

**MUÑOZ, M., HIDALGO, M., & MINA, J.** *Fibras de Fique alternativa para reforzamiento de plásticos. Influencia de la Modificación Superficial. Biotecnología En El Sector Agropecuario y*

*Agroindustrial* [En Línea], 2014, (Colombia) 12(2), p.3. [Consulta: 2022-05-28] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a07.pdf>

**NICOLALDE, J.** Caracterización de la fibra de mocora para material compuesto de resinas poliéster insaturado para la aplicaciones automotrices y aeroespaciales [Línea,] Universidad Internacional SEK. (Quito-Ecuador).2018. p.22. [Consulta: 2023-01-10] Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3142/1/Caracterizaci%C3%B3n%20De%20La%20Fibra%20Natural%20De%20Mocora%20Para%20Refuerzo%20De%20Un%20Material%20Compuesto%20De%20Resina%20Po.pdf>

**NÚÑEZ, A.** “Amaranto y nogal para el teñido de la fibra de alpaca” [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2021. p.18. [Consulta: 2022-05-24]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15530>

**OCAMPO, L.** Evaluación de las propiedades Físico Mecánicas de paneles compuestos con fibra de arundo donax y resina vegetal [En línea]. Universidad Militar Nueva Granda. (Bogotá-Colombia).2020. pp. 24-25. [Consulta: 2023-01-27] Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37830/OcampoPrietoLinaConstanza2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PÁEZ BONILLA, K. M.** Proceso de suavizado a la fibra natural cabuya para la aplicación en una línea de accesorios de moda [En línea]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (Ambato-Ecuador).2020. pp.10-11. [Consulta: 2022-05-16]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2960>

**PAPA, E.** Investigación de tintes Naturales, aplicado a la lana como fibra natural [Línea]. Universidad De la República Uruguay. (Montevideo-Uruguay).2018. pp.34-35. [Consulta: 2023-01-27]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/20274>

**PAZOS, S.** Recetas experimentales Conocimiento y técnicas ancestrales de artistas textiles de Perú y Bolivia [En línea]. Progetto Mondo MLAL. (Perú).2017. pp.1-43. [Consulta: 2022-05-06]. Disponible en: <https://docplayer.es/53810753-Tenido-en-base-a-tintes-naturales.html>

**PERCAM S.A.** Productos y Comercio Sisal [En línea], 2018, pp. 1-6.[Consulta: 2023-01-10] Disponible en: <https://www.percamsa.com/productos/industria-y-comercio/sisal/>

**POZO, A., GÜEMES, A., & FERNÁNDEZ, A.** Materiales Compuestos de Fibras Naturales [En línea], Universidad Politécnica de Madrid. 2019, p.46. [Consulta: 2022-07-29]. Disponible en: [https://oa.upm.es/55053/1/ANGEL\\_RENATO\\_POZO\\_MORALES.pdf](https://oa.upm.es/55053/1/ANGEL_RENATO_POZO_MORALES.pdf)

**PRADO, F.** El mercado de fibras naturales en una economía globalizada [En línea], Universidad Federal de Uberlinda. (Brasil) 2016, p.4. [Consulta: 2022-05-12] Disponible en: [https://www.upa.es/upa/\\_depot/\\_uploadImágenes00/El%20mercado%20de%20fibras%20naturales.pdf](https://www.upa.es/upa/_depot/_uploadImágenes00/El%20mercado%20de%20fibras%20naturales.pdf)

**PRUNA, L., VELASCO, F., CHACHAPOYA, F., & PAREDES, C.** *Elaboración de la fibra de cabuya en tejido plano* [En línea], 2020, (Ecuador), 24(1), pp. 81–86. [Consulta: 15 enero 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.17163/ings.n24.2020.08>

**QUENTA, A.** Proceso de la elaboración de tintes naturales y tintes artificiales [En línea], Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. 2019, p.18. [Consulta: 2022-11-23]. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3880/1716\\_2019\\_quenta\\_cabrera\\_a\\_fiag\\_artes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3880/1716_2019_quenta_cabrera_a_fiag_artes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**RAMOS, B.** “Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera para teñido de fibra de ovino” [En línea], Universidad Nacional de Altiplano. (Puno- Perú) 2020, p. 36. [Consulta: 2022-05-18]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13309/Ramos\\_Zapana\\_Brenda.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13309/Ramos_Zapana_Brenda.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**RIERA, A.** Extracción y micro encapsulación de antocianinas a partir de la planta de sangorache [En línea], Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2020, p.3. [Consulta: 2022-05-20]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31405/1/BQ%20232.pdf>

**RUBIO, E., & SOTO, L.** Estudio de factibilidad para la implementación de una micro- empresa productora de fibra de dos variedades de agave cabuya negra y agave sisal [En línea], Universidad Técnica de Cotopaxi. (Latacunga-Ecuador). 2015, pp. 28-30. [Consulta: 2022-05-12]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2635>

**SAAVEDRA, J.** Tintura de fibras naturales celulósicas con colorantes naturales [En línea], Artesanías de Colombia S.A. (Pereira), 2018, p.11. [Consulta: 2022-05-18]. Disponible en:

<https://repositorio.artesaniadescolombia.com.co/bitstream/001/5574/4/INST-%202018.%20114.%203.pdf>

**SÁNCHEZ, M.** Obtención de tonalidades azules a partir de la experimentación en el tinturado natural de lana de oveja y fibra de alpaca [En línea], Universidad del Azuay. (Cuenca), 2020, p.14. [Consulta: 2022-11-23]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10015/1/15645.pdf>

**SANGACHE, M.** Desarrollo de una bebida a funcional sensorial, nutricional de quínoa y hojas de amaranto [En línea], Universidad de las Fuerzas Armadas, (Sangolquí-Ecuador). 2020, p.17. [Consulta: 2022-05-20]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22053>

**SANTANA MACÍAS, G. V.** Proceso y diseños alternativos en la obtención de tejidos de fibra de (Cabuya negra). [En línea], ESPOCH. (Riobamba- Ecuador). 2029, pp. 1-88. [Consulta: 2022-05-06]. Disponible en: <https://www.ppd-ecuador.org/wp-content/uploads/2019/FondoBecas/SierraNorte/ESPOCH-Gema-Manual-CABUYA-vf.pdf>

**TAMAYO, A.** Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster con fibra de cabuya [En línea], Escuela Politécnica Nacional. Quito, 2012, pp. 5-7. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4714/1/CD-4344.pdf>

**VIDAL, G., & HORMAZÁBAL, S.** *Las fibras Vegetales y sus Aplicaciones.* [En línea], 2016, (Chile), n° 272.243, 1, pp. 16–17. [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/las-fibras-vegetales-y-susaplicaciones.pdf>

**WILHELM, G.** *Descripción de las características de la fibra de sisal* [En línea], 2019, (Alemania), p. 1. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <https://www.wgc.de/es/produkte/sisal>

**ZHAPÁN, M., & MOSQUERA, J.** Obtención de Fibras Textiles a partir de Residuos Agrícolas [En línea], Universidad del Azuay, (Cuenca-Ecuador)-2019, pp. 23–76. [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9144>

**ZUBILLAGA, M.** Comportamiento del cultivo de amaranto en el Valle Inferior del Rio Negro, Optimización de las condiciones del cultivo [En línea], Universidad Nacional del Sur, (Argentina). 2017, p.17. [Consulta: 2022-05-20]. Disponible en: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4132/Tesis%20Zubillaga.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO A: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA

<b>Variable</b>	<b>Sin estirar(cm)</b>	<b>Estirada(cm)</b>	<b>Micras (um)</b>
Media	165,25	179	308
Error típico	5,234102916	4,339738855	20,04993766
Mediana	169	183	310
Moda	#N/A	183	#N/A
Desviación estándar	10,46820583	8,679477711	40,09987531
Varianza de la muestra	109,5833333	75,33333333	1608
Curtosis	2,820465816	3,943417652	0,361414321
Coefficiente de asimetría	-1,676995405	-1,9820939	-0,273446589
Rango	23	18	96
Mínimo	150	166	258
Máximo	173	184	354
Suma	661	716	1232
Cuenta	4	4	4

### ANEXO B: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA FIBRA DE SISAL

<b>Variable</b>	<b>I Blancura</b>	<b>Tacto</b>	<b>Brillantez</b>
Media	3,25	2,75	4,25
Error típico	0,25	0,25	0,25
Mediana	3	3	4
Moda	3	3	4
Desviación estándar	0,5	0,5	0,5
Varianza de la muestra	0,25	0,25	0,25
Curtosis	4	4	4
Coefficiente de asimetría	2	-2	2
Rango	1	1	1
Mínimo	3	2	4
Máximo	4	3	5
Suma	13	11	17
Cuenta	4	4	4

**ANEXO C. ESTADÍSTICAS DE SOLIDEZ A LA LUZ DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.**

**A. RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
0%	5	5	5	5	20,00	5
100%	5	5	5	5	20,00	5
150%	5	5	5	5	20,00	5
200%	5	5	5	5	20,00	5

Promedio:5,00

Coefficiente de variación: 0,00

**B. ANALISIS DE VARIANZA**

F.V.	SC	GL	CM	EE
Total	0,00	15		
Tratamientos	0,00	3	0,00	0,00
Error	0,00	12		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

**C. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY**

Tratamiento	Promedio	Rango
=%	5	A
100%	5	A
150%	5	A
200%	5	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes( $p>0,05$ )

**ANEXO D: ESTADÍSTICA DE PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.**

**A. RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Media
	I	II	III	IV		
0%	18,30	14,57	14,00	22,86	69,73	17,43
100%	19,14	15,29	14,00	17,57	66,00	16,50
150%	20,14	13,71	17,00	13,57	64,42	16,11
200%	12,86	15,57	17,57	14,43	60,43	15,11

Promedio: 16.29

Coefficiente de variación: 18,34.

B. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	SC	Gl	CM	F	p -valor
Total	118,17	15			
Tratamientos	11,13	3	3,71	0,42	0,744
Error	107,05	12	8,92		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

C. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento	Medias	N	E.E.	Rango
0%	17,43	4	1,49	A
100%	16,50	4	1,49	A
150%	16,11	4	1,49	A
200%	15,11	4	1,49	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes( $p>0,05$ ).

**ANEXO E. ESTADÍSTICA DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE LA FIBRA DE SISAL TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.**

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Media
	I	II	III	IV		
0%.	15569,09	17101,09	15524,07	14882,49	63076,74	15769,19
100%	1844,77	15000,54	21104,28	10290,69	48240,28	12060,07
150%	13895,03	20420,37	27350,76	11079,46	72745,62	18186,41
200%	13181,60	15410,28	15321,80	16307,90	60221,58	15055,40

Promedio: 61071,055

Coefficiente de variación: 36,06

B. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	SC	Gl	CM	F	p -valor
Total	440181995,40	15			
Tratamientos	16417158,78	3	25472386,26	0,84	0,4976
Error	363764836,62	12	30313736,38		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

B. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
0%	15769,19	4	2752,90	A
100%	12060,07	4	2752,90	A
150%	18186,41	4	2752,90	A
200%	15055,40	4	2752,90	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes( $p>0,05$ )

**ANEXO F: ESTADÍSTICAS DE LA INTENSIDAD DE COLOR DEL HILO DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE FLOR DE AMARANTO.**

**A. RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Mediana
	I	II	III	IV		
0%	5	5	5	5	20	5,00
100%	4	3	5	5	17	4,50
150%	5	4	4	4	17	4,00
200%	5	5	4	5	19	5,00

Promedio: 4,63

Coficiente de variación: 13,04

**B. ANALISIS DE VARIANZA**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p -valor
Total	5,94	15			
Tratamientos	1,69	3	0,56	1,59	0,24
Error	4,25	12	0,35		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

**C. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY**

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
0%	5,00	4	0,30	A
100%	4,75	4	0,30	A
150%	4,25	4	0,30	A
200%	4,25	4	0,30	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes(p>0,05)

**ANEXO G: ESTADÍSTICAS DEL TACTO DE LA FIBRA DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.**

**A. RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Mediana
	I	II	III	IV		
0%	4	4	5	3	16	4,00
100%	3	3	4	3	13	3,00
150%	3	4	4	3	14	3,50
200%	3	4	3	4	14	3,50

Promedio: 3,50

Coficiente de variación: 17,66

**B. ANALISIS DE VARIANZA**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p -valor
Total	5,94	15			
Tratamientos	1,19	3	0,40	1,00	0,43
Error	4,75	12	0,40		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

C. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
0%	4,00	4	0,31	A
100%	3,50	4	0,31	A
150%	3,50	4	0,31	A
200%	3,25	4	0,31	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes( $p>0,05$ ).

ANEXO H: ESTADÍSTICA DE LA BLANDURA DEL HILO DE SISAL, TINTURADA CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	REPETICIONES				Suma	Mediana
	I	II	III	IV		
0%	3	4	3	3	13	3,00
100%	3	3	4	3	13	3,00
150%	3	4	3	4	14	3,50
200%	3	3	4	3	13	3,00

Promedio: 3,13

Coefficiente de variación:15,71.

B. ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	SC	Gl	CM	F	p -valor
Total	3,44	15			
Tratamientos	0,19	3	0,06	0,23	0,87
Error	3,25	12	0,27		

Prob:>0,05 no existe diferencia estadística

C. TABLA DE MEDIAS Y ASIGNACION DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
0%	3,50	4	0,26	A
100%	3,25	4	0,26	A
150%	3,25	4	0,26	A
200%	3,25	4	0,26	A

Medias con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes( $p>0,05$ )

**ANEXO I: EVIDENCIA FOTOGRÁFICAS DEL CORTE Y DESPALMADO DE LAS HOJAS DE LA PLANTA DE SISAL (AGAVE AMERICANA).**



**ANEXO J: EVIDENCIA FOTOGRÁFICAS DEL PROCESO DE MACERADO Y DESFIBRADO DE LAS HOJAS DE SISAL (AGAVE AMERICANA).**



**ANEXO K: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS EL PROCESO DE LA LAVADO, SECADO Y ESCARMENADO DE LA FIBRA DE SISAL.**



**ANEXO L: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL PROCESO DE TEÑIDO DE A FIBRA DE SISAL CON DIFERENTES NIVELES DE LA FLOR DE AMARANTO.**



**ANEXO M: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LAS PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS DEL HILO DE SISAL.**

