



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

**“TINTE NATURAL DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) EN LA
APLICACIÓN DE FIBRAS ANIMALES”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para obtener el grado académico de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR: JONATHAN WLADIMIR PILA CAIZA

DIRECTORA: ING. MARITZA LUCÍA VACA CÁRDENAS MSC.

Riobamba-Ecuador

2022

©2022, Jonathan Wladimir Pila Caiza

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

Yo, JONATHAN WLADIMIR PILA CAIZA, 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 autor 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, 31 de mayo del 2022.



Jonathan Wladimir Pila Caiza

CI: 050396894-3

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

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Trabajo Experimental, **“TINTE NATURAL DE GUARANGO (*Caesalpiniaspinosa*) EN LA APLICACIÓN DE FIBRAS ANIMALES”** realizado por el señor: **JONATHAN WLADIMIR PILA CAIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en la virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA	FECHA
Bqf. María Verónica González Cabrera, MsC. PRESIDENTA DEL TRIBUNAL	 31/05/2022
Ing. Maritza Lucía Vaca Cárdenas, MsC. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 31/05/2022
Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán, MsC. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 31/05/2022

DEDICATORIA

Mi tesis lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres Elvia y Nelson ya que son el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio todos estos años, he logrado llegar hasta aquí, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía que me han permitido llegar a cumplir un sueño más. A mis hermanos Richard y Joel por estar siempre presentes, acompañándome y brindándome siempre su apoyo moral, a lo largo de esta etapa de mi vida. A mi abuelito Alberto, a quien el tiempo lo tomo por sorpresa y Dios lo tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida y sé que se encuentra muy orgulloso de su nieto y desde donde este me bendice. A mi novia Eva con todo el amor y cariño ya que este trabajo no fue fácil, pero estuvo siempre motivándome y ayudándome en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad. Además, agradezco a Dios por ser guía de mi camino, a mis padres, hermanos por su amor y paciencia. Agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación académica, de manera especial a la Ingeniera Maritza Vaca, tutora del Trabajo de Titulación quien me ha guiado con sus conocimientos y paciencia.

Jonathan

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRUDUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Fibras de origen natural.....	3
<i>1.1.1. Fibras naturales de origen animal.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Clasificación de las fibras animales.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3. Características morfológicas de la fibra.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.4. Propiedades físicas de las fibras.....</i>	<i>4</i>
1.2. Vicugna Pacos (ALPACA).....	6
<i>1.2.1. Tipos de fibra de alpaca textil.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Características del vellón de fibra de alpaca.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3. Categorización por edad y sexo.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4. Características de la fibra de alpaca.....</i>	<i>10</i>
1.3. Generalidades del tinturado.....	12
<i>1.3.1. Los tintes naturales.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.2. Plantas tintóreas.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3. Procesos de tintura.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.4. Tinción.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.5. Formas de tinción de las fibras.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.6. Adhesión del colorante (uso de mordientes).....</i>	<i>15</i>
1.4. El Guarango.....	16
<i>1.4.1. Características botánicas.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2. Taxonomía.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.3. Usos.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.4. Aprovechamiento.....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.5. Composición química del guarango.....</i>	<i>19</i>

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1.	Localización y duración del experimento	21
2.2.	Unidades experimentales.....	21
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	21
2.3.1.	<i>Materiales.....</i>	<i>21</i>
2.3.2.	<i>Equipos.....</i>	<i>22</i>
2.3.3.	<i>Instalaciones</i>	<i>22</i>
2.4.	Tratamientos y diseño experimental	22
2.5.	Mediciones experimentales	23
2.5.1.	<i>Propiedades físicas-químicas de la fibra animal pigmentada.....</i>	<i>23</i>
2.5.2.	<i>Análisis de rentabilidad.....</i>	<i>23</i>
2.6.	Análisis estadísticos y prueba de significación	23
2.6.1.	<i>Esquema de experimento.....</i>	<i>24</i>
2.6.2.	<i>Esquema del ADEVA</i>	<i>24</i>
2.7.	Procedimiento experimental.....	24
2.7.1.	<i>Clasificación de la fibra.....</i>	<i>24</i>
2.7.2.	<i>Eliminación de impurezas y lavado.....</i>	<i>25</i>
2.7.3.	<i>Secado y cardado</i>	<i>25</i>
2.7.4.	<i>Hilado.....</i>	<i>26</i>
2.7.5.	<i>Teñido.....</i>	<i>26</i>
2.8.	Metodología de evaluación.....	29
2.8.1.	<i>Porcentaje de Elongación.....</i>	<i>29</i>
2.8.2.	<i>Resistencia a la tensión.</i>	<i>29</i>
2.8.3.	<i>Punto de quiebre</i>	<i>30</i>
2.8.4.	<i>Solidez a la luz.</i>	<i>30</i>
2.8.5.	<i>Solidez al lavado</i>	<i>32</i>
2.8.6.	<i>Refractometría</i>	<i>33</i>
2.9.	Mediciones económicas	33
2.9.1.	<i>Ingresos</i>	<i>33</i>
2.9.2.	<i>Egresos.....</i>	<i>34</i>
2.9.3.	<i>Beneficio/costo.....</i>	<i>34</i>
2.9.4.	<i>Utilidad.....</i>	<i>34</i>

CAPITULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
3.1.	Evaluación de las propiedades físicas-químicas del hilo de <i>Vicugna Pacos</i> (ALPACA) tinturado con hojas, corteza, vainas del Guarango <i>Caesalpinia spinosa</i>.....	35
3.1.1.	<i>Porcentaje de Elongación</i>.....	35
3.1.2.	<i>Resistencia a la tensión</i>	36
3.1.3.	<i>Punto de quiebre</i>	36
3.1.4.	<i>Solidez a la luz</i>	37
3.1.5.	<i>pH</i>.....	38
3.1.6.	<i>Refractometría</i>	39
3.1.7.	<i>Solidez al lavado</i>	39
3.2.	Gama de colores obtenidos	40
3.3.	Análisis de rentabilidad.....	41
3.3.1.	<i>Ingresos</i>	41
3.3.2.	<i>Egresos</i>	42
3.3.3.	<i>Beneficio/costo</i>	42
3.3.4.	<i>Utilidad</i>.....	43
	CONCLUSIONES.....	44
	RECOMENDACIONES.....	45
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Características de la fibra de alpaca Suri y Huacaya.	8
Tabla 2-1: Clasificación de la fibra de alpaca.	11
Tabla 3-1: Distribución de las poblaciones naturales de <i>Caesalpinea spinosa</i> , registradas en el Ecuador.	17
Tabla 4-1: Clasificación científica del Guarango (<i>Caesalpinea spinosa</i>).	18
Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas del Cantón Riobamba.	21
Tabla 2-2: Esquema del experimento.	24
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.	24
Tabla 4-2: Valoración cuantitativa de la escala de grises para el cambio de color.	32
Tabla 5-2: Escala de calificación de los valores cuantitativos de la escala de grises.	32
Tabla 6-2: Valoración cuantitativa de la escala de grises para la transferencia de color.	33
Tabla 1-3: Características de las resistencias físicas-químicas del hilo de <i>Vicugna pacos</i> (Alpaca) pigmentada con hojas, cáscara y vainas de <i>Caesalpinia spinosa</i>	35
Tabla 2-3: Gammas cromáticas de los colores obtenidos del tiente natural de Guarango aplicado en hilo de fibra de Alpaca.	41
Tabla 3-3: Análisis económico del hilo de fibra de Alpaca pigmentada con hojas, corteza y vainas de <i>Caesalpinia spinosa</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	La alpaca de raza Suri y sus medidas Zoometricas.....	7
Figura 2-1:	Alpaca de raza Huacaya.....	8
Figura 3-1:	Componentes del vellón.....	9
Figura 4-1:	Tintes Naturales.	13
Figura 5-1:	Fibras teñidas con pigmentos Naturales.....	14
Figura 6-1:	Características botánicas del Guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>).	16
Figura 1-2:	Colores obtenidos en el teñido de las fibras de alpaca con Guarango.	28
Figura 2-2:	Escala de grises para evaluar el cambio de colores.....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (NW/CM²) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO B:** ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO C:** ESTADÍSTICA DEL PUNTO DE QUIEBRE (NW) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO D:** ESTADÍSTICA DE SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO E:** ESTADÍSTICA DE PH DEL PIGMENTO EXTRAÍDO DE HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO F:** ESTADÍSTICA DE LA REFRACTOMETRÍA (°BRIX) DEL PIGMENTO EXTRAÍDO DE HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.
- ANEXO G:** ESTADÍSTICA DE SOLIDEZ AL LAVADO DE LA FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

RESUMEN

El objetivo del presente Trabajo Experimental fue determinar el efecto del tinte natural de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en la aplicación de fibras animales, la misma que se desarrolló en el laboratorio de Lanasy Fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias-ESPOCH. Para lo cual se utilizó 15 unidades experimentales distribuidas en tres tratamientos: Tratamiento 1= hojas, Tratamiento 2= corteza y Tratamiento 3= vainas de Guarango, en el proceso de teñido de fibras de *Vicugna pacos*, sometidos a los siguientes análisis estadísticos: Análisis de Varianza (ADEVA), separación de medias por Tukey ($P < 0,01$ y $P < 0,05$), donde se evaluó las propiedades físicas-químicas del hilo como: porcentaje de elongación (%), resistencia a la tensión (Nw/cm^2), punto de quiebre (Nw), solidez a la luz (puntos), solidez al lavado (puntos), refractometría ($^{\circ}$ Brix) y pH. Los resultados indican un porcentaje de elongación de: (30,58 y 30,55 %), resistencia a la Tensión (18635,12 y 14169,26 Nw/cm^2), punto de quiebre (93,01 y 97,69 Nw), pH (3,59 y 3,46) al utilizar las vainas y corteza, siendo los valores altos, los mismos que no presentaron diferencias significativas. En la evaluación de solidez a la luz, solidez al lavado y refractometría se obtuvo ponderaciones altas de: (5,00 puntos), (4.80 puntos) y (10,40 $^{\circ}$ Brix) determinando que difieren significativamente al uso de las hojas. Además, se registró respuestas económicas altas al tinturar con vainas de Guarango, indicando un beneficio/costo de 1.09 \$ y una utilidad de 1.40 dólares por kg de fibra pigmentada. Concluyendo que al utilizar las vainas de Guarango como tinte natural no influyo en las características físicas químicas del hilo de *Vicugna pacos*. Se sugiere la utilización de las vainas y corteza, como materia prima para la extracción del tinte, ya que permitió un mejor rendimiento físico, químico y económico como pigmento natural.

Palabras claves: <TINTES NATURALES>, <GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*)>, <ALPACA (*Vicugna pacos*)>, <HILO ORGÁNICO>, <TEÑIDO>.

 D.B.R.A.I.
Ing. Christian Castillo

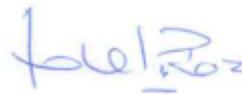


1437-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this experimental work was to determine the effect of the natural dye of Guarango (*Caesalpinia spinosa*) on animal fibers. It was developed in the laboratory of Agroindustrial Wool and Fibers of the Faculty of Animal Sciences-ESPOCH. 15 experimental units in the process of dyeing Vicugna pacos fibers were distributed in three treatments: Treatment 1= leaves, Treatment 2= bark and Treatment 3= Guarango pods. They were subjected to the following statistical analyses: Analysis of Variance (ADEVA), separation of means by Tukey ($P < 0.01$ and $P < 0.05$); where the physical-chemical properties of the yarn were evaluated as: percentage elongation (%), tensile strength (Nw/cm²), breaking point (Nw), light fastness (points), washing fastness (points), refractometry (°Brix) and pH. The results indicate an elongation percentage of: (30.58 and 30.55 %), tensile strength (18635.12 and 14169.26 Nw/cm²), breaking point (93.01 and 97.69 Nw), pH (3.59 and 3.46) when using the pods and bark and they showed the high values with no significant differences. In the evaluation of light fastness, wash fastness and refractometry, high weights were obtained: (5.00 points), (4.80 points) and (10.40 ° Brix) determining that they differ significantly when using leaves. In addition, high economic responses were recorded when dyeing with Guarango pods, indicating a benefit/cost of \$1.09 and a profit of \$1.40 per kg of pigmented fiber. It was concluded that the use of Guarango pods as a natural dye did not influence the chemical physical characteristics of Vicugna pacos yarn. It is suggested the use of the pods and bark as raw material for the extraction of the dye, since it allowed a better physical, chemical and economic performance as a natural pigment.

Keywords: <NATURAL DYES>, <GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*)>, <ALPACA (*Vicugna pacos*)>, <ORGANIC YARN>, <DYEING>.



Gloria Isabel Escudero Orozco

0602698904

INTRUDUCCIÓN

Las técnicas de tinturado han sido utilizadas en el Ecuador desde el periodo Formativo (3500 a.C.). En la época colonial, los tintes se convirtieron en mercancías muy valoradas por los españoles debido a la variedad e intensidad de colores que les resultaban atractivos en las mantas de lana que se exportaban al ‘viejo mundo’ en ese entonces y a los fuertes tributos y demanda europea (Guirola, 2010, p. 100).

Según Manrhone (2015, p. 32) las fibras óptimas para el teñido con tintes naturales son todas aquellas de origen natural, siendo las de mayor afinidad las de origen proteico, es decir, las de origen animal, entre ellas la lana, los pelos de camélidos y la seda.

Los tintes naturales son sustancias obtenidas de diferentes partes de plantas con cualidades de colorear o teñir, mediante diferentes procesos artesanales como la maceración, la fermentación y la cocción (Morales, 2002, p.32).

Posteriormente al desarrollo textil, se incorporó la necesidad de buscar opciones para dar colores atractivos para los tejidos, mediante la extracción de diferentes partes de las plantas que se encontraban en su entorno, de esta forma se dio origen al tinturado natural mediante el uso de hojas, tallos, raíces y flores cultivadas o recolectadas de la vegetación natural que les rodeaba, forjándose de esta manera un conocimiento andino que desde tiempos remotos se ha ido utilizado e innovando (Palacios & Ochoa, 2020, p.11).

Existen una gran cantidad de organismos que por su particularidad producen colorantes naturales, entre los más conocidos son las plantas que contienen altos contenidos de taninos que en su mayoría tiñen de amarillo y verde. Es importante conocer que todas las plantas medicinales tienen propiedades tintóreas y el uso de algunos hongos, líquenes, minerales por su particularidad sirven para obtener una gama amplia de colores. (Vigueras & Portillo *et al.*, 2016, p.6).

(Mancero, 2018, p. 8), menciona que el Guarango, Tara, taro, campeche, vainillo, espino, o taya cuyo nombre científico es *Caesalpinia spinosa*, se trata de un árbol silvestre originario de la región andina que se adapta bien a condiciones semiáridas, a suelos degradados y a terrenos laderosos, crece desde los 50 hasta los 2,800 msnm, su cualidad tintórea principal es el alto contenido de taninos (53%) y ácido gálico (9%), el cual necesita de pocos cuidados y se encuentran en su mayor parte en lugares alejados de difícil acceso y de topografía irregular.

En el Ecuador se le conoce como Guarango, tara o vinillo y con otros nombres comunes en las regiones que se distribuyen, principalmente se lo encuentra en la región andina en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Loja. Es una especie relegada sistemáticamente que ha estado a punto de desaparecer por el desconocimiento de las bondades que puede ofrecer y la introducción de cultivos y especies maderables, fue empleada por las culturas preincas e incas en la elaboración de tintes, el curtido de pieles e incluso con fines medicinales (Mancero, 2018, p. 9).

El trabajo experimental tuvo como finalidad exhortar a la disminución de la contaminación ambiental mediante la utilización del Guarango en los procesos de tintura de fibras animales, los mismos que se encuentran al alcance de nuestras manos, pudiendo obtenerse colorantes de las diferentes partes de las plantas; los antepasados realizaban este tipo de tinturas, hoy se hace imprescindible retomar este tipo de teñido, debido a las bondades que prestan al medio ambiente logrando un producto terminado etiqueta verde, en estos procesos intervienen productos que ayudan a la fijación del colorante en la fibra llamados mordientes los cuales pueden ser naturales y artificiales además que brindan a los hilos de fibras naturales propiedades como brillo, solidez a la luz ,entre otros.

Por lo señalado se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) Identificar las bondades tintóreas del Guarango (*Caesalpinia spinosa*) como colorante orgánico en el tinturado de fibras de *Vicugna pacos* (Alpaca). b) Comparar el efecto de la intensidad de color y solidez al lavado de las fibras animales tinturada con hojas, vaina y corteza del Guarango (*Caesalpinia spinosa*). c) Determinar el mejor tratamiento experimental en la obtención del tinte de Guarango para el teñido de fibras animales. d) Calcular el beneficio/costo de la fibra de *Vicugna pacos* (Alpaca) tinturada con hojas, corteza y vaina del Guarango.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Fibras de origen natural

Son aquellas fibras extraídas específicamente de la naturaleza a través de procedimientos físicos o mecánicos y se clasifican en: Fibras de origen vegetal tales como: el lino, algodón, yute, sisal, cáñamo; fibras de origen animal tales como: la lana de oveja, pelo de llama, alpaca, vicuña, cabra, conejo, gusano de seda y fibras de origen mineral tales como: el silicato de magnesio, calcio, asbesto entre otros. Las fibras vegetales y las fibras animales forman juntos el gran mundo de las fibras naturales ya que las fibras minerales son de menor importancia relativa (González, 2013, p. 5).

1.1.1. Fibras naturales de origen animal

(González, 2013, p. 18), menciona que este tipo de fibras proviene principalmente de animales domésticos que contienen glándulas o folículos pilosos y se encuentra en estado natural que con una ligera adecuación pueden ser hiladas e industrializadas como materia textil, sin duda estas fibras fueron las que brindaron protección ante las inclemencias climáticas a los primeros seres humanos con las pieles obtenidas de los animales que cazaban, luego los domesticó, y con el pasar del tiempo descubrieron la forma de extraer los pelos sin sacrificar al animal, y así se sentó las bases de lo que hoy constituye el procesamiento de las fibras animales de la industria textil.

1.1.2. Clasificación de las fibras animales

Las fibras animales se clasifican en dos orígenes diferentes: de secreciones provenientes de glándulas sedosas del *Bómbix mori* (gusano de seda) o de algunas especies de arañas y de folículos pilosos de animales como ovinos, cabras, conejos (González, 2013, p. 18).

1.1.2.1. Fibras animales de glándulas sedosas

Son fibras compuestas de glándulas sedosas secretadas por orugas de seda entre ellas están la mariposa de la seda de las moráceas y *Bombyx mori* que conforman un capullo de fibras que los recubre. Esta seda es muy valiosa por su uso en tejidos de alta calidad y otros productos textiles. (González, 2013, p.31).

1.1.2.2. Fibras de animales de folículos pilosos

Las fibras animales de folículos pilosos es el grupo más numerable con especies muy variadas que incluyen animales de gran porte entre ellos tenemos el pelo de alpaca, camello, cachemira, cabra, guanaco, llama, pelo de caballo la llama o la vicuña y especies pequeñas como la nutria, angora vicuña, yak (González, 2013, p. 18).

- **Lana**

La lana es suave y rizada conformada de la proteína llamada queratina en torno al 20-25% de proporción total, que recubre el cuerpo de los ovinos en forma de vellón. Cada pelo es segregado en un folículo piloso y consta de una cubierta externa escamosa (lo que provoca el enfieltado) que repele el agua, una porción cortical y otra medular (que absorbe la humedad). Varía entre 12 y 120 micras de diámetro, según la raza del animal productor y la región de su cuerpo, y entre 20 y 350 mm de longitud (Perinat, 1997, p. 2).

- **Pelos**

Los pelos tienen muy poca diferencia a las lanas en su composición química, pero en su estructura física varía, ya que las lanas son risadas y los pelos son lisos. La lana forma vellones, es decir, pelotas de fibras, teniendo muchas impurezas que se llaman churre, el pelo cae suelto y apenas tiene impurezas (Perinat, 1997, p. 8).

1.1.3. Características morfológicas de la fibra

La fibra consta de una estructura molecular alargada, compuesta de cadenas de células que se unen en forma de muelle, esto le confiere características como elasticidad teniendo la capacidad de recuperar su forma original al cesar el estiramiento o la presión. Al estirar una fibra de lana, los enlaces transversales entre células se han forzado, quedando oblicuos, mientras dura el estiramiento. Al cesar éste, los enlaces-peldaño tienden a volver a su posición original. Es una fibra larga, según las variedades de lana de cada raza presenta escamas en su superficie, lo que hace que pueda enfieltarse (Mejía 2015).

1.1.4. Propiedades físicas de las fibras

Higroscopicidad: La capacidad de retención de agua es del 40 o 45% de su peso. Esta capacidad de absorción significa que no se humedece ya que el agua no se adhiere a la superficie, sino que

se introduce en la fibra, sufriendo una poderosa retención, Cuesta secarse ya que la fibra aparentemente seca al aire puede contener un 15% de agua.

Aislante térmico: El volumen del tejido dificulta el intercambio térmico entre una y otra cara. Extendidas en una superficie plana todas las fibras, pueden cubrir una superficie amplia, ello da idea de cuánto aire puede albergar dentro de sí, e inmovilizarlo, un tejido de lana de gran calidad.

Higroscópica: La higroscopicidad de la lana unida a su propiedad de frenar el intercambio térmico le confiere ese carácter de equilibrador que tiene el tejido de lana: 1) Retiene en torno a la piel el calor que ésta produce, proporcionando al cuerpo una sensación cálida. 2) Atrae y retiene la humedad, en evaporación constante cuando la temperatura exterior es suficientemente alta, absorbiendo calorías, lo que produce en el cuerpo la sensación de frescura.

Absorbe la transpiración: Cuando la prenda de lana se lleva puesta, la propiedad que tiene de atraer la humedad actúa sobre la piel absorbiendo el sudor, impidiendo o retrasando su fermentación y el olor característico del sudor fermentado.

Repele el agua: Debido a la grasa natural que es parte constitutiva en ella, la lana repele el agua en su superficie.

No es inflamable: No propaga la llama (huele a pelo quemado); no funde y, por tanto, no se pega a la piel en caso de incendio.

Elasticidad: Es elástica, característica inherente a su rizado natural.

Estabilidad: Es estable, no se deforma fácilmente en puntos de roce continuo, como codos o rodillas.

Poco arrugable: Tiene gran poder de recuperación o resiliencia. La prenda de lana recupera fácilmente la caída; una prenda de lana bien colgada durante una noche recupera de manera sorprendente su buena forma.

Fijación de la forma: Se puede estabilizar en una forma o dimensión determinada mediante: Humedad + presión + temperatura (el plisado, por ejemplo).

Capacidad de afieltrarse: Se consigue mediante fricción + presión + humectación, sus fibras se entrelazan de forma irreversible. Suele ocurrir al lavarla en lavadora. Al eliminar la presión sobre

las fibras, éstas ya no recuperan su posición original. A base de una repetida actuación de estos factores se logra un fieltro muy fuerte que es característico de la lana y otros pelos con superficie escamosa. Tal propiedad es aprovechada para la reutilización de los desperdicios de fibras de lana demasiado cortas para ser hiladas. Este fieltro sirve para la fabricación de sombreros, revestimientos y aislantes acústicos.

Resistencia a los ácidos: Es resistente a los ácidos, pero no lo es a los álcalis (límpidos y/o lejías), incluso diluidos. Se torna amarillenta bajo la acción de la luz solar.

No es efectiva contra las polillas: Los eficaces tratamientos antipolillas han conseguido que esto haya dejado de ser preocupante a la hora de fabricar o adquirir una prenda de lana.

No almacena electricidad estática: Esta propiedad, más la higroscopicidad, la de aislante térmico y la elasticidad, sumadas, le confieren a la lana una propiedad más, excelente y exclusiva, que es la de resultar calmante nervioso, reconocible aun en somero análisis, por su tacto agradable.

Las características anteriores son las que determinan que la lana forme un tejido de calidad y de larga duración (Mejía, 2015).

1.2. Vicugna Pacos (ALPACA)

La alpaca es una especie herbívora rumiante de tamaño mediano en comparación a otros Camélidos, únicamente superando a la Vicuña. Su estatura promedio de 85 cm a la altura cruz. Al nacimiento el peso oscila entre 7-10 kg y a la edad adulta puede llegar a 70 kg. Sus líneas son redondeadas, el perfil es concavilíneo, la línea dorsosacral es convexa. La grupa tiene una curvatura superior caída, la cola es corta y móvil. El cuello es largo recubierto de fibra y pelos y el borde superior es cóncavo. La cabeza pequeña es comprimida lateralmente, tiene un copete que llega hasta los ojos y cubre la frente en las hembras. Las orejas son pequeñas, verticales, puntiagudas se pierden en la lana, tienen el pabellón es enroscado y cubiertas de fibra corta e interiormente con pelos finos. El hocico termina en una punta roma, se describe como un animal asequible para las personas. Se conoce que existe dos razas: la Huacaya y Suri. La Huacaya es abundante a pesar de no existir selección, esto se debe a su rusticidad en comparación con la Suri (Lamo, 2011, p.17).

La alpaca se utiliza en gran variedad de formas, desde prendas económicas creadas para su uso y venta por comunidades aborígenes a productos más costosos como trajes de caballero y prendas de diseño, existen cooperativas que se dedican a la cría de animales, el asesoramiento a

explotaciones dedicadas a su cría, y a la producción de fibra de calidad. En Norteamérica existen pequeños grupos de criadores que han formado lo que se conoce como "cooperativas de fibra", con el fin de abaratar su producción (Córdova, 2014, p. 34).

1.2.1. Tipos de fibra de alpaca textil

1.2.1.1. Fibra de alpaca Suri

La raza de alpaca del tipo Suri se diferencia por ser más pequeña que la Huacaya siendo menos robusta y susceptible a las enfermedades y a los cambios bruscos de temperatura. La fibra carece de ondulación, cayendo hacia ambos lados del cuerpo. El vellón está formado por mechas más largas, ordenadas en rulos lacios, paralelos a la superficie del cuerpo, el vellón es más fino, más pesado y brillante, en la figura 1-1, se puede apreciar las medidas zoometricas de la alpaca de raza Suri evidenciando que la fibra cae paralelamente al cuerpo, dejando una línea superior (Quispe, 2016).

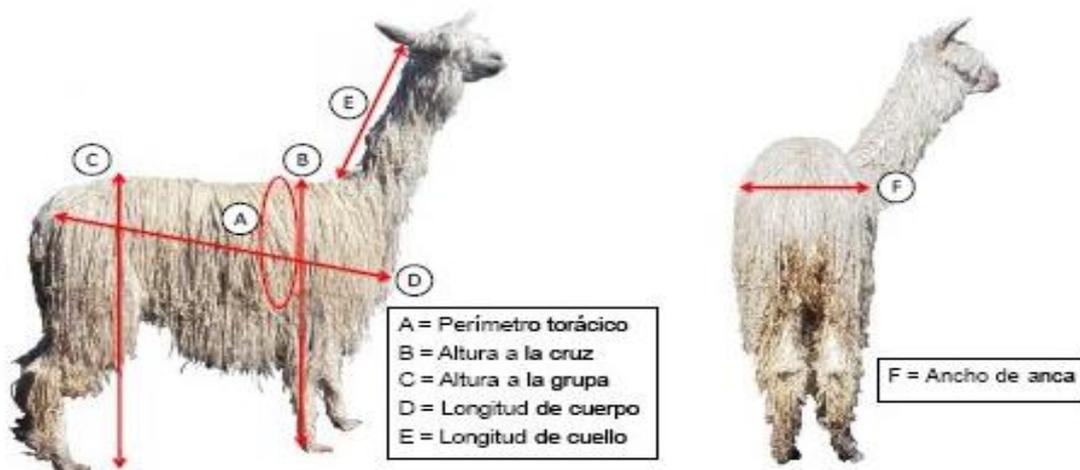


Figura 1-1. La alpaca de raza Suri y sus medidas Zoometricas.

Realizado por: (Quispe, 2016)

1.2.1.2. Fibra de alpaca Huacaya

La raza de alpaca del tipo Huacaya, se caracteriza por tener mayor talla o alzada que la Suri, el vellón es espesa, ondulada y esponjoso con crecimiento perpendicular al cuerpo, es más denso, con fibras más cortas, siendo populares en la industria generando un vellón apreciadísimo, más conveniente para artículos de punto. En Bolivia el 95% de las alpacas son de esta raza por ser más resistentes a las condiciones climáticas y a la altitud (Compendio Agropecuario, 2012, p. 137). En la figura 2-1, se puede apreciar la alpaca raza Huacaya en su ecosistema Natural.



Figura 2-1. Alpaca de raza Huacaya.

Realizado por: (Ulla Ulla - La Paz. MDRyT, 2011).

En la tabla 1.1, se muestra las características de la fibra de la alpaca Suri y la alpaca Huacaya.

Tabla 1-1: Características de la fibra de alpaca Suri y Huacaya.

CARACTERÍSTICAS	SURI	HUACAYA
Tipo	Dividido, deja al descubierto el dorso	Entero, esponjosos protege todo el cuerpo
Longitud	Mayor longitud	Menos longitud
Densidad	Menor	Mayor
Forma de mechass	Colgantes y largas	En forma de rulos al pleno el cuerpo
Risos	Pocos, fibra lacia	Tendencia al rizamiento
Finura	Promedio 26,8 micras más uniforme	Promedio 27,7 micras menos uniforme
Brillo	Brillante con caracteres de pelo	Menor brillo parecido a la lana
Suavidad	Más suave	Menos suave
Elasticidad	Mas elástica	Menos elástica
Poder filtrante	Mayor	Menor
Rendimiento en peso	Mayor	Menor

Fuente: (Fibras textiles, 2018, p. 4).

Realizado por: Jonathan Pila Caiza, 2022.

1.2.2. Características del vellón de fibra de alpaca

El vellón de la alpaca está constituido por fibras finas y gruesas siendo uno de los productos muy apreciado en el mercado. Las fibras finas se encuentran en la parte del lomo y los flancos del animal; mientras que las fibras gruesas se concentran mayormente en la región pectoral,

extremidades y cara, como se puede apreciar en la figura 3-1. El diámetro de la fibra de alpaca oscilará entre 18 y 33 micras, dependiendo a qué parte del cuerpo corresponde y a la edad del animal esquilado. La finura promedio estará en el orden del 26.8 a 27.7 micras (Villaruel, 1983).

La variación del diámetro en la fibra de alpaca está influenciada por diferentes factores como la edad, sexo, nutrición, enfermedades, paracitos. La clasificación de los vellones se basa principalmente en esta característica, permite una mejor valoración al momento de la comercialización; es decir, vellones de mejor calidad tienen mejores precios (Carrasco, 2009, p. 90).

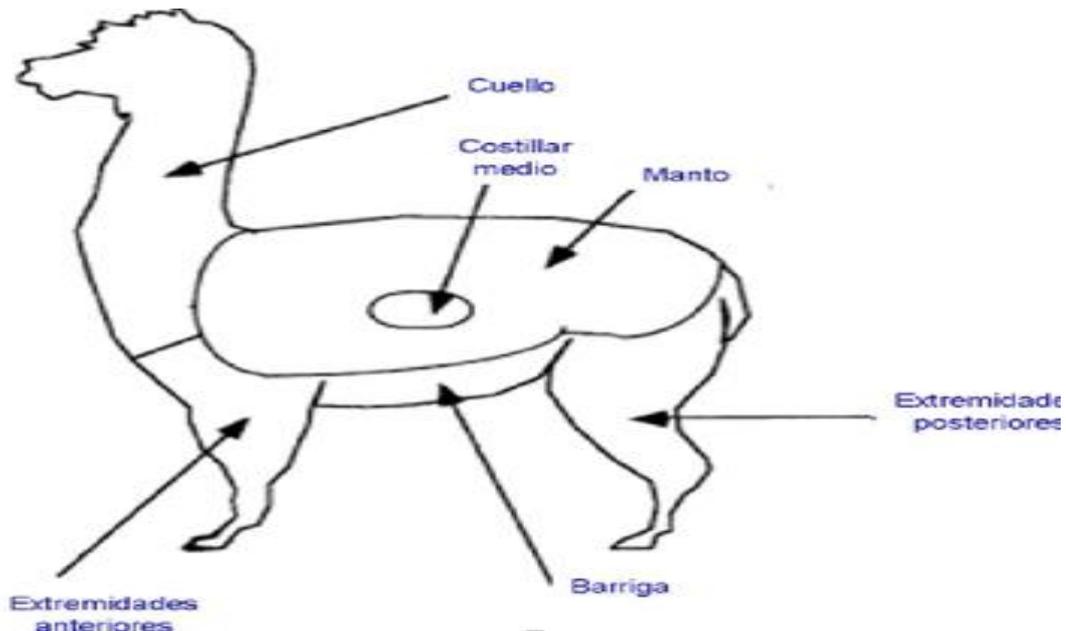


Figura 3-1. Componentes del vellón.

Realizado por: (McGregor & Buttlar, 2004)

1.2.3. Categorización por edad y sexo

Las alpacas de acuerdo a su edad y sexo se clasifican en:

Crías: hembra o macho desde el nacimiento hasta el destete.

Tuis hembras: Se denomina así a las crías hembras desde el destete hasta el primer servicio o cubrición, pudiendo existir tuis de uno o dos años.

Tuis machos: Se llama así a las crías machos desde el destete hasta la edad en que entran al empadre que generalmente es a los dos años.

Hembras primerizas: Se llama así a todos los tuis hembras vírgenes que entran al empadre.

Hembras vacías: Son aquellas hembras que han sido servidas y no quedaron preñadas o han perdido su cría por diferentes motivos.

Hembras preñadas: Son animales que se encuentran gestando en cualquiera de sus etapas.

Reproductor o jañacho: Se denomina a todo macho seleccionado para la reproducción y que entran al servicio a partir de los dos a tres años de edad.

Capones: son machos tuis o adultos castrados, que no son aptos para la reproducción y se conservan como productores de fibra y carne.

Machorras: son hembras primerizas o adultas que no fecundan por anomalías en sus órganos reproductores (Compendio Agropecuario, 2012, p. 137).

1.2.4. Características de la fibra de alpaca

La fibra de alpaca es considerada una de las fibras más lujosas y finas del mundo, tiene capacidad térmica, es suave y resistente y muy escasa en el mercado, haciéndola más exclusiva. La fibra de alpaca tiene muchas cualidades y por ello se ha convertido en la favorita de vendedores, diseñadores y clientes.

Ventajas:

- La fibra de alpaca es muy fina, puede llegar a los 19 micrones de finura, posee excelentes cualidades aislantes y térmicas por tener bolsas de aire microscópicas en el interior lo cual la hace más liviana y es tres veces más fuerte que al de la oveja y siete veces más caliente.
- La fibra de alpaca tiene un brillo sedoso que se mantienen pese a la producción, teñido o lavado y puede resistir a la radiación solar.
- La fibra de alpaca no contiene grasa, aceite o lanolina por lo que ausencia de estos aceites facilita que puede teñirse sin que pierda su brillo, suavidad y no retiene el agua.
- La fibra de alpaca es resistente logrando prendas muy durables y de cuidado fácil, siendo un ahorro para las personas y mayor cuidado para nuestro ambiente.
- La fibra de alpaca por su gran finura es hipo alérgico, conveniente para personas sensibles a la lana y tiene más de 22 colores naturales (café y grises).
- La fibra de alpaca se la puede a fieltar obteniendo hermosos paños, fieltros manuales y también hilar.

Por estas características de la fibra de alpaca es considerada el oro de los andes, lo que la hace, sin duda, una de las más valiosas y apreciadas en el mercado ya que cada ropa hecha con 100% lana de alpaca es una joya, (Aynibolivia, 2018, p. 1).

La fibra de alpaca se mide en micrones y cuanto mayor el micronaje más suave es, como se puede apreciar en la tabla 2-1:

Tabla 2-1: Clasificación de la fibra de alpaca.

CLASIFICACIÓN	SÍMBOLO	MICRONAJE
Baby	BI	17 a 23
Superfina	FS	23,1 a 26,5
Superfine media	FSM	26,5 a 29
Huariza	HZ	29,1 a 31,5
Gruesa	AG	más de 31,5

Fuente: (Aynibolivia, 2018, p. 1).

Realizado por: Pila Jonathan, 2022.

El grosor del hilado de la alpaca se mide por títulos, los usados en Ayni Bolivia son del más delgado al más grueso: 2/16, 2/11, 3/11, 6/11, hilado grueso manual equivalente a 3/6.

El diámetro de la fibra fue de $23.09 \pm 0.31 \mu\text{m}$ (Machaca, 2017, p. 9). En la comunidad de Iscahuaca, distrito de Cotaruse, el diámetro promedio de la fibra fue $19. \pm 0.2 \mu\text{m}$, en alpacas de 1 a 4 años (Vásquez *et al.*, 2015, p. 213), en estudios realizados en Cotaruse el diámetro de la figura fue $22.7 \pm 0.2 \mu\text{m}$ (Montes *et al.*, 2008, p. 47) y $20.94 \mu\text{m}$ (Quispe, 2010, citado por Machaca, 2017, p. 9), en Huancavelica se determina diámetros de la fibra de $22.78 \mu\text{m}$ (Huanca *et al.*, 2007 citado por Machaca, 2017, p. 9) y $20.98 \pm 0.36 \mu\text{m}$ (Ormachea, 2015, p. 215).

1.2.4.1. Efecto del sexo

En los animales machos producen fibras más gruesas, así como más largas y pesadas que las hembras, pero considerando que la eficiencia de producción de lana está fuertemente relacionada con el peso vivo, independientemente del sexo, entonces la mayor producción de lana de los machos enteros, consecuencia de su mayor tamaño corporal y peso vivo, por una adecuada actividad testicular y un buen equilibrio endocrino. Un estudio realizado por (Montes *et al.*, 2004), menciona que el diámetro de la fibra presentó una diferencia de $1 \mu\text{m}$ por efecto de sexo a favor de las hembras siendo semejantes a los señalados. Siendo más finos con relación a la fibra del macho, aunque (Lupton *et al.*, 2006) y (Vásquez *et al.*, 2015) señalan que no difieren entre la fibra de machos y hembras.

1.2.4.2. Efecto del color del vellón

El color del vellón tiene mucho que ver en las características de la fibra de la aplaca, determinándose un efecto fuerte y consistente, debido a que la fibra blanca es más fina que las fibras de colores intermedios y oscuros. La diferencia entre el vellón blanco con el de color intermedio fue de 1.51 μm y con el color oscuro de 4.39 μm (Machaca, 2017, p. 9).

Existen otros factores que modifican la calidad del vellón tales como la comunidad, y el lugar de muestreo (Machaca, 2017, p. 9).

1.3. Generalidades del tinturado

De acuerdo con (Vele, 2017, p.22), los tintes son sustancias elaboradas mediante procesos químicos como el caso de las anilinas o pueden ser de origen animal vegetal y mineral.

1.3.1. Los tintes naturales

Los tintes naturales son sustancias que poseen cualidades de colorear o teñir y se obtienen de diferentes partes de las plantas mediante procesos artesanales, dentro de estos está la maceración, la fermentación y la cocción. (Morales, 2002, p.6).

Los colorantes naturales están al alcance de nuestras manos, principalmente aquellos de origen vegetal, como plantas, cortezas, flores, frutos, semillas, etc. Estos colorantes en su mayoría nos ofrecen, tonos cálidos, desde los marrones, anaranjados y ocre hasta los amarillos y verdes. Para los colores más intensos, como el rojo y el azul, necesitamos colorantes como la cochinilla y el añil o índigo pazos (Pazos, 2017, p.20).

De acuerdo con (Jaramillo, 1988, p. 102), las propiedades de transferencia de color a las fibras se dan por las sustancias químicas que poseen los tintes. Los tintes naturales desempeñan papeles muy diversos en las plantas o animales de que proceden ya que no siempre existe una correspondencia entre el color de la planta y el tinte que se obtiene de ella.

El uso de los tintes naturales se ha llevado a cabo desde tiempos muy remotos de la prehistoria, con el propósito de embellecer y adornar diferentes artículos de uso corriente. Para ello, se empleó un gran número de plantas con propiedades tintóreas, de donde se extrajeron sus cualidades de tinción y así aumentaron sus conocimientos en esta ciencia y fueron creando diferentes colores como se observa en la figura 4-1, (Cordero, 2002 p.16).

Con el paso del tiempo se está perdiendo la tradición ancestral de teñir y colorear. Lo cual debilitan las técnicas o procedimientos de Teñido, desaprovechando el uso de algunos recursos naturales que poseen propiedades colorantes (Morales, 2002, p.6).



Figura 4-1. Tintes Naturales.

Realizado por: (Vele, 2017, p. 22).

El empleo de tintes naturales ayuda a solucionar en gran parte el problema de contaminación con efluentes tóxicos provenientes de procesos de teñido de las industrias textiles. Ante esta situación, surge la preocupación y el interés por preservar la ecología de nuestro planeta, utilizando fuentes naturales de tintes que se encuentran en las plantas, animales y minerales (Warmi, 2000).

1.3.2. Plantas tintóreas

Las plantas tintóreas son especies que contienen diferentes concentraciones de colorantes en diferentes partes de las plantas, como hojas, raíces, tallos, flores y semillas (Acuña y Rivera, 1990 p.13). Estos colorantes se hallan en mayor concentración en las vacuolas de las células vegetales, producidos directamente por la actividad fisiológica de las plantas, donde se asocian con elementos como resinas, aceites, taninos con carácter astringente etc. (Cordero, 2000, p.16).

1.3.3. Procesos de tintura

El proceso de tintura hace mención a colorear las fibras textiles y otras sustancias, mediante la saturación de manera más o menos permanente, mediante la saturación de las mismas con una solución de colorante. Durante el cual los materiales textiles, puestas en contacto con la solución de colorante absorbe a este de tal manera que luego de finalizado el teñido, presentará resistencia

a devolver la materia colorante al baño del cual fue absorbida como se puede apreciar en la figura 5-1. Como la fibra de alpaca suele clasificarse como pelo largo, es sometida a procedimientos de tintura similares a los de la lana. Sin embargo, es necesario conocer sus características morfológicas y químicas que influyen en el proceso de tinturado para poder obtener los mejores resultados (Christie, 2003, p. 32).



Figura 5-1. Fibras teñidas con pigmentos Naturales.

Realizado por: Tomado de iStock by Getty Images. Picmonkey.

1.3.4. Tinción

La tinción consiste en la trituración o machacado de la materia prima vegetal (raíces, tallos, hojas, semillas, frutos, cortezas) con el fin de romper tejidos vegetales y liberar los pigmentos localizados en el citoplasma de la célula. El tiempo de reposo cambia según la especie vegetal utilizada, este puede ser en horas o días dependiendo de la intensidad de color que se desee obtener. Es necesario definir las concentraciones y condiciones ya que algunos colorantes son sensibles a la temperatura (Castillo & Espinoza, *et al.*, 2018, p. 6).

1.3.5. Formas de tinción de las fibras

1.3.5.1. Por afinidad entre colorante y fibra

Este método de tintura es el llamado por agotamiento. Este proceso se desarrolla por las fuerzas de afinidad a través del colorante y la fibra produciendo la transferencia del baño de colorante a la fibra hasta quedar fijada en él (Mejía, 2015).

1.3.5.2. Por impregnación de la fibra

Este método de tintura es denominado de impregnación ya que la fibra textil se introduce en la solución donde está el colorante, lo hace sin que en ese momento quede todavía fijado en él; es después, en el proceso de fijado, cuando la tintura es definitiva (Mejía, 2015).

1.3.6. Adhesión del colorante (uso de mordientes)

El termino mordiente proviene del Latín *mordere* que significa “morder, apresar, agarrar”. Los mordientes son sustancias que se aplican a cualquier sustancia natural o sintético, que actúan como puentes o enlaces de moléculas entre el tinte y las fibras con la finalidad de fijar el color. Existen un gran número de mordientes. Los hay de origen mineral en gran mayoría y el más utilizado el alumbre y de origen vegetal como el vinagre o limón entre otros (Núñez, 2021, p.19).

Son sustancias con que se tratan los hilos o tejidos antes de teñirlo para que sus fibras puedan tomar bien el tinte, su uso posibilita que los efectos de teñido sean duraderos. Hay que aclarar que antiguamente se empleaba el termino enjebir para la acción de aplicar el mordiente a los hilos y tejidos, antes de teñirlo (Jaramillo, 1988, p. 140).

Los mordientes (junto con los tintes) ayudan fundamentales a que los tintes se fijen en la fibra para conseguir un buen teñido natural, es decir lograr colores profundos y que perduren en el tiempo, en otras palabras, lo intensifican o lo hacen más tenue. A partir de un mismo tinte puedes lograr distintas tonalidades dependiendo del mordiente que uses (Núñez, 2021, p.20).

Para que el colorante perdure o no en el tiempo es esencial la utilización de un buen mordiente para lograr una buena fijación del color. Se puede realizar tres tipos de mordentado, antes, durante o después del teñido. El más utilizado es el que se realiza antes del teñido que consiste en preparar la lana con anterioridad a sumergirla en el baño de tintura (Christie, 2001, p. 34).

Los tintes naturales tienen una gran afinidad con las fibras animales (lana, alpaca, seda, etc.), los cuales requieren mordientes de pH ácido. En cambio, con las fibras de origen vegetal (algodón, lino, ramio, bambú, etc.) hay que rebuscarse para lograr colores intensos y perdurables (Núñez, 2021, p. 20).

1.4. El Guarango

Es una planta arbórea nativa de los Andes, cuyo nombre científico es *Caesalpinia spinosa*, conocida como tara, taya, o Campeche vinillo, perteneciente a la familia de las Caesalpinaceas, (dentro del grupo de las Leguminosas), (Ñeto & Barona, *et al.*, 2006, p. 8).

1.4.1. Características botánicas

Es una especie arbórea con amplia adaptación en los valles secos de la Sierra, alcanza una altura de hasta 12 metros en su estado adulto y su diámetro supera los 40 cm. Su tronco es de una madera resistente y está provisto de espinas en su corteza agrietada, sus ramillas cuando no se podan son densamente pobladas por lo que brindan sombra, con ramas repartidas irregularmente en forma de copa, sus hojas encajan en un eje del tipo paripinada sus flores son irregulares de color amarillo-rojizo en forma de racimos de 8-15 cm, sus frutos son vainas de color muy variado de acuerdo al estado de madurez desde tonos verdes, amarillos y marrón rojizo las cuales poseen semillas de color café oscuro en forma ovoides y ligeramente aplanadas, en la figura 6-1: se puede apreciar las características botánicas de Guarango. (De la Torre, 2018, p. 5).

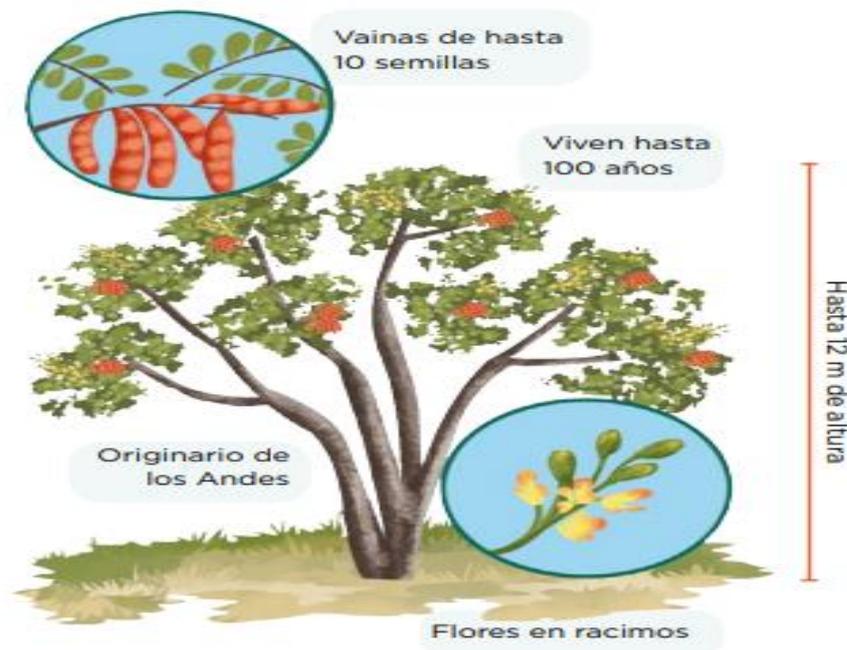


Figura 6-1. Características botánicas del Guarango (*Caesalpinia spinosa*).

Realizado por: (De la Torre, 2018, p. 5).

1.4.1.1. Condiciones de crecimiento

Las mejores condiciones de crecimiento del Guarango, por su adaptabilidad está entre los 1800 y 2500 m.s.n.m. pero se encuentran distribuidos en un rango altitudinal de entre 1500 a 2800 m.s.n.m. Es una especie poco exigente que se desarrolla muy bien en lugares con una precipitación anual de 400 a 800 mm, prefiriendo suelos con buen drenaje, suelos pedregosos y degradados, siendo los mejores para su crecimiento los suelos francos arenosos. Requiere de temperatura ambiental de 16 a 20 °C y no resiste a humedades relativas superiores al 80 % (Ñeto & Barona, *et al.*, 2006, p. 9).

1.4.1.2. Distribución geográfica del cultivo

En el Ecuador esta especie se distribuye geográficamente en distintos lugares crece desde los 50 hasta los 2800 msnm. Su adaptación se da particularmente en la región de la Sierra y se encuentran en las provincias de Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Azuay y Loja, En estado silvestre se encuentra formando parte del matorral seco interandino generalmente en quebradas y junto a fuentes de agua permanentes o estacionales (Narváez, *et al.*, 2009, p. 7)

En la tabla 3-1 se puede observar, la distribución de las poblaciones naturales de *Caesalpinea spinosa* registradas en el Ecuador.

Tabla 3-1: Distribución de las poblaciones naturales de *Caesalpinea spinosa*, registradas en el Ecuador.

PROVINCIAS CON MAYOR DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN EL ECUADOR	LOCALIDADES
Carchi	Valle del Chota, Bolívar, Mira
Imbabura	Ibarra, Atuntaqui, Urcuquí, Angochagua, San Roque, Pablo Arenas, Chaltura, Ambuquí, Chuga, Quiroga
Pichincha	San Antonio de Pichincha, Pomasqui, Guayllabamba, San José de Minas, Quinche, Perucho, El Quinche, Tumbaco
Cotopaxi	Salcedo
Tungurahua	Ambato, Baños, Patate, Panzaleo
Chimborazo	Riobamba, Guano, Penipe, Alausí, Chunchi, Guasuntos
Bolívar	Guaranda, Chimbo
Cañar	Azogues, Gualleturo, Loyola, Solano, Biblián
Azuay	Giron, Oña, La Dolorosa, Llacao,
Loja	Zapotillo, Saraguro, Gonzanama, Catamayo, Catacochi, Malacatos, Chuquipata, Celica, Vilcabamba, La Toma, Las Lagunas, Eguiguren, Chuquipata

Fuente: Nieto & Barona, 2007

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

1.4.2. Taxonomía

En la tabla 4-1, se observa la clasificación científica del Guarango (*Caesalpinea spinosa*).

Tabla 4-1: Clasificación científica del Guarango (*Caesalpinea spinosa*).

REINO	PLANTAE
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Caesalpinioideae
Tribu:	Caesalpinieae
Género:	Caesalpinea
Especie:	Caesalpinea Spinosa

Fuente: Cañadas, 1983, pp. 210.

Realizado por: Pila, Jonathan, 2021.

1.4.3. Usos

Hay que resaltar el valor ambiental del Guarango ya que es una especie nativa que posee muchos beneficios como: la protección de suelos que se encuentran erosionados y en proceso de erosión, barreras vivas, protección de laderas, protección de acequias y cursos de agua. Al plantarse en asociación con todo tipo de cultivo sirve para mejorar el paisaje y la biodiversidad local. La madera del guarango sirve para vigas, postes y otros materiales para la construcción de viviendas; para mangos de herramientas y postes para cercas; para leña y carbón, por sus bondades caloríficas (Ñeto & Barona, *et al.*, 2006, p. 14).

Al procesar los frutos se obtienen una serie de productos y subproductos como los extractos de taninos, que se obtienen de las cáscaras y vainas molidas. Los taninos se los usa en la industria para el curtido de pieles, tintes, clarificación de vinos y de cerveza, fabricación de plásticos y adhesivos, elaboración de productos farmacéuticos, entre otros (Arguello & Saltos, 2017, p. 45).

Las vainas son consideradas una fuente de taninos amigables con el medio ambiente, representan el 62% del peso de los frutos y posee la mayor concentración de taninos que oscila entre 40% y 60%. De estos taninos se obtiene el ácido gálico que es utilizado como antioxidante en la industria del aceite y en la industria cervecera como decolorante, en fotografía, tintes, como agente

curtiembre, manufactura del papel, en productos de farmacia y otros relacionados al grabado o litografía (De la Cruz, 2004, p. 70).

De las semillas se extrae la goma, sus principales componentes es el guar y garrofin, siendo considerado seguro para el consumo humano y se usa en la industria alimenticia como un aditivo alimentario, estabilizante y espesante, con capacidad emulsionante y aglomerante, por lo que mejora y mantiene la textura de los alimentos. Se incluye en la elaboración de helados, preparados de fruta, yogurt, salsas y condimentos, postres y productos a base de carne. Se emplea también para espesar guisos, dar “cuerpo” a las cervezas e incluso mantener la humedad de los quesos frescos. Además, se la utiliza en la industria farmacéutica, cosmética, papelería y textil (De la Torre, 2018, p. 9).

1.4.4. Aprovechamiento

Medicinal: en medicina popular se usa y recomienda para alivios y malestares de garganta, actúa contra la amigdalitis al hacer gárgaras, sinusitis, infecciones vaginales, lavado de ojos inflamados, heridas crónicas y diarreas infecciosas, también considerado un depurativo del colesterol con la infusión de las vainas maduras y como cicatrizante cuando se lavan heridas con dicha infusión.

Farmacéutica: la goma se usa como un depresor del apetito y como desintegrador y agente aglutinador en tabletas y comprimidos.

Tinte: las sustancias llamadas taninos se utilizada desde tiempos remotos en el teñido de diferentes colores, las semillas dan un color negro, las raíces pueden teñir de color azul oscuro y las vainas un color amarillo.

Curtiente: debido a su alto contenido de tanino es muy apreciado por la industria de la curtación.

Cosmético: Su extracto mediante la cocción de las hojas, se utiliza para evitar la caída del cabello.

Plaguicida: la cocción de las vainas secas es efectivo contra piojos e insectos (Ñieto & Hidrobo, 2011, p.31).

1.4.5. Composición química del guarango

Hojas: Contiene glicósidos, gomas, mucílagos, taninos (12.7% en la forma de taninos gálicos), antraquinonas: reína, sennósido, agliconas libres, C-glicósidos, aloe-emodina e isoemodina, esteroides y flavonoides (Huarino, 2011, p. 24).

Vainas: Contiene taninos hidrolizables (galotaninos) en un rango de 40% a 60% según las condiciones ecológicas en las que vegeta, la hidrólisis de estos taninos conduce a la separación del ácido gálico; asimismo se han aislado galato de etilo y cuatro galatos del ácido quínico correspondiendo a los ésteres metílicos de 4,5-di-O-galoilquínico y de 3,4,5- tri-O-galoilquínico, y a los ácidos 3,4-di-O- galoilquínico y 3,4,5-tri-O-galoilquínico (De la Torre, 2018, p. 16).

Semillas: Del endospermo se ha separado la goma o hidrocoloide galactomanánico en la que los componentes monoméricos galactosa y manosa se encuentran en una relación de 41:70. La viscosidad intrínseca permitió determinar su peso molecular promedio en 351400, así mismo la goma da lugar a soluciones acuosas con característica de fluido pseudoplástico con una viscosidad promedio de 4000 cp, (Huarino, 2011, p. 24).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de lanas y fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, los análisis físicos se los efectuó en el Laboratorio de Análisis de Calidad y resistencias Físicas de la misma facultad, ubicados en el kilómetro 1½ de la Panamericana Sur, cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Cuyo periodo de investigación tuvo una duración de 8 semanas (56 días). En la tabla 1-2: se indica las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba.

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas del Cantón Riobamba.

VARIABLE METEOROLÓGICA	VALOR	UNIDAD
Temperatura promedio	14	°C
Humedad	63-82	%
Presión	1015-1020	hPa
Velocidad del viento	4-7	Km/h

Fuente: (Estación Agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH. 2018).

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

2.2. Unidades experimentales

En la investigación se utilizó 15 unidades experimentales distribuidas en tres tratamientos (vaina, hojas y corteza de Guarango como pigmento natural), con cinco repeticiones en donde cada unidad experimental está formada por 200 gramos de fibra hilada de *Vicugna pacos* (alpaca).

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1. *Materiales*

- Ollas o recipientes,
- Cocinas de gas,
- Depósitos o tinas,
- Mortero,
- Cuchara de palo,
- Madejas de hilo de Alpaca

- Vainas, hojas y corteza de Guarango,
- Colador,
- Balanza gramera,
- Ácido cítrico (limón),
- Jabón neutro líquido,
- Tijeras,
- Mandiles,
- Mascarillas,
- Botas de caucho,
- Guantes de hule,
- Mesa,
- Termómetro,
- Cronómetro.

2.3.2. Equipos

- Equipo de control de calidad,
- Pinzas superiores sujetadoras de muestras,
- Refractómetro,
- Calculadora,
- Cámara fotográfica,
- Teléfono.

2.3.3. Instalaciones

- Laboratorio de lanas y fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Laboratorio de Análisis de Calidad y resistencias Físicas.

2.4. Tratamientos y diseño experimental

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó: vaina (T1), hojas (T2) y corteza del Guarango (T3) con 5 repeticiones los cuales fueron distribuidos bajo un Diseño Completamente al Azar cuyo modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

(Ecuación 1-2)

En donde:

Y_{ij} : es el valor estimado de la variable

μ : la media general

τ_i : es el efecto de los tratamientos del guarango como pigmentante natural

ϵ_{ij} : el efecto de la aleatorización de las unidades experimentales en el campo experimental (error experimental).

2.5. Mediciones experimentales

Las unidades experimentales que se tomaron en consideración fueron las propiedades físicas-químicas de la fibra pigmentada, y análisis de rentabilidad.

2.5.1. Propiedades físicas-químicas de la fibra animal pigmentada

- Porcentaje de Elongación,
- Resistencia a la tensión,
- Punto de quiebre,
- Solidez a la luz,
- Solidez al lavado,
- Refractometría.

2.5.2. Análisis de rentabilidad

- Ingresos,
- Egresos,
- Beneficio/costo,
- Utilidad.

2.6. Análisis estadísticos y prueba de significación

El presente trabajo se analizó mediante:

Análisis de varianza (ADEVA).

Separación de medias según Tukey ($P < 0,01$ y $P < 0,05$).

2.6.1. Esquema de experimento

En la tabla 2-2 se observa el esquema del experimento, donde se detalla los tratamientos, las repeticiones, el tamaño de la Unidad Experimental.

Tabla 2-2: Esquema del experimento.

Tratamientos	Código	Repeticiones	TUE (g)	TUE/Trat
Vaina	T1	5	200	1000
Hojas	T2	5	200	1000
Corteza	T3	5	200	1000
Total				3000

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

TUE: tamaño de la Unidad experimental 200 gr de hilo de *Vicugna pacos* (alpaca).

2.6.2. Esquema del ADEVA

En la tabla 3-2 se detalla el esquema del ADEVA donde se esquematiza el modelo lineal aditivo del Diseño Completamente al Azar el mismo que se utiliza para comprobar la hipótesis.

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	= 14
Tratamientos	= 2
Error	= 12

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

2.7. Procedimiento experimental

El trabajo experimental se desarrolló de la siguiente manera:

2.7.1. Clasificación de la fibra

Para clasificar la fibra se debe poseer de un lugar debidamente equipado con mesas emparrilladas para efectuar la operación de desbrague, categorización y clasificación de la fibra; el ambiente debe ser ventilado, con buena iluminación y protegido de las lluvias.

La clasificación de la fibra de alpaca se realiza partiendo el vellón por sus características y cualidades, separando las finas de sus partes gruesas, se selecciona la fibra de acuerdo a la tonalidad de los colores básicos naturales, se retiran impurezas como: tierra, guano, pintura,

residuos de alimento, plásticos, entre otros restos que lo contaminen.

2.7.2. Eliminación de impurezas y lavado

El lavado de la fibra de alpaca se realiza con la finalidad de eliminar impurezas naturales que tiene la fibra tales como el “suint” (cera) tierra, polvo etc. En este proceso se lava con agua tibia a 40 ° C y detergente. Durante el lavado se agregan los primeros agentes químicos realizando la primera transformación de la fibra, ya que su aspecto cambia totalmente. Después del lavado todavía existes contaminantes en la fibra como la materia vegetal y se procede a extraer manualmente.

El lavado se realizó en 3 tinas. La función principal de la primera tina es la de eliminar impurezas sólidas, una gran proporción de suint y una pequeña proporción de grasas con agua a 45°C. La segunda tina de lavado se realiza con agua tibia con la finalidad de eliminar en su totalidad las impurezas y la tercera tina se procedió al enjuague con agua fría eliminando impurezas restantes y residuos de detergente.

Procedimiento del lavado de la fibra: pesar la cantidad 3.5 Kg de fibra clasificada, se realiza el escarmenado de la fibra, se calentó 15 litros de agua para la primera tina a una temperatura de 40 a 45 °C, se realiza el lavado con movimientos leves. Para la segunda tina se pesó 900 gr de detergente biodegradable y se diluyo en 15 litros de agua a temperatura de 40 a 45 °C, se introduce la fibra en el agua con detergente y debe reposar media hora controlando la temperatura, pasado el tiempo de reposo se procede a dar movimientos leves para remover impurezas y un mejor lavado. En la última tina se realizó el enjuague con agua fría.

2.7.3. Secado y cardado

Escurrida la fibra se colocó encima de una malla para que puedan caer las gotas de agua que aun contenga, esto se realizó bajo la sombra y donde ingrese flujos de aire para un mejor secado, se debe estar moviendo la fibra para que el secado sea uniforme.

El cardado o escarmenado de la fibra es una operación que se realizó manualmente en la cual se da la apertura completa de la fibra que presentan aglomerados luego del lavado, logrando homogenizar, además se elimina el contenido remanente de impureza como resto de pajillas, basura, etc. Con la finalidad de poder proceder al hilado.

2.7.4. Hilado

El hilado de la fibra se realizó de forma artesanal, consiste en la torsión o vueltas que se da a la masa de fibra para formar el hilo mediante un palillo incrustado en un disco llamado Huso, realizado por manos hábiles de mujeres dedicadas a este arte. La torsión permite dar resistencia al hilo y obtener el grosor deseado, debe hacerse hasta cierto punto ya que mucha torsión endurece el hilo y hace que pierda finura.

2.7.5. Teñido

Para teñir los hilos de fibra de alpaca se aplicaron técnicas de teñido ancestrales previas a una investigación. Esto logró a través de procesos con colorantes extraídos de partes del Guarango, en tres tratamientos de tintura orgánica con: hojas, corteza, vainas.

2.7.5.1. Extracción del colorante

La planta utilizada para la extracción del colorante fue: Guarango (*Caesalpinia spinosa*). La cantidad de vegetal empleada fue de 400 gr de cada tratamiento en relación al peso de la fibra de fibra a teñir. La extracción del colorante consistió en someter el material vegetal a ebullición en una cantidad de 8 litros de agua, por el lapso estimado de 1 hora. Y su posterior filtrado para eliminar los residuos.

2.7.5.2. Preparación del hilo

Se preparó madejas de hilo de 200 g para cada tratamiento que consiste de 5 repeticiones cada una. Las madejas se colocaron en una solución de jabón neutro líquido al 0,5 %, preparada en una cantidad de 5 litros de agua tibia, se dejó por el lapso de 15 minutos y se realiza el enjuague. Con este tratamiento las fibras presentan una mayor superficie de contacto con el colorante.

2.7.5.3. Mordentado

Se realizó el mordentado directo que consiste en colocar el mordiente en el baño tintóreo. Para esto se debe pesar el mordiente y se agrega al tinte directamente.

Como mordiente se utilizó zumo de limón con respecto al peso de la fibra, esto es 150 ml, por cada madeja de hilo de 200 g.

2.7.5.4. Tinturado con Guarango (*Caesalpinia spinosa*)

El proceso de impregnación del tinte en las fibras se realizó colocando las madejas en la preparación formada por el tinte y el mordiente y sometiéndola a una temperatura de 100°C por 1 hora, hasta lograr que el color se fije de manera sólida. Durante el baño de tintura en el que se da un nuevo color a la fibra es primordial manejar bien el tiempo y la temperatura, puesto que estos son factores muy importantes que crean el ambiente propicio para que las partículas del colorante penetren en las fibras. Finalmente se retiraron las madejas del baño y se lavaron con agua corriente, con el lavado se eliminó el exceso de colorante y se dejaron secar a la sombra.

Cantidades utilizada para teñir la fibra de *Vicugna pacos* (alpaca):

- 200 gr de fibra de *Vicugna pacos* (alpaca),
- 400 gr de colorante natural (hojas, corteza, vainas) de Guarango,
- 150 ml de zumo de limón
- 8 litros de agua.

Receta 1: teñido de la fibra de *Vicugna pacos* (alpaca) con hojas del Guarango:

- En un mortero machacar 400 gr de hoja fresca de Guarango.
- Hervir 8 l de agua con 400 gr de hojas machacadas.
- Una vez que haya botado el color en 60 min sacar del fuego y colar.
- Volver a poner los 8 l del agua teñida al fuego y añadir la madeja de hilo de alpaca (200gr) previamente remojada en agua tibia e incorporar 150 ml de zumo de limón.
- Hervir durante 60 min el tinte, el mordiente (zumo de limón) y la fibra removiendo suavemente con un cucharón de palo para que el color penetre de forma homogénea.
- Retirar la madeja teñida y enjuagar con agua tibia varias veces hasta que el agua esté cristalina.

Receta 2: teñido de la fibra de *Vicugna pacos* (alpaca) con corteza del Guarango:

- Hervir 8 l de agua con 400 gr de corteza.
- Una vez que haya botado el color en 60 min sacar del fuego y colar.
- Volver a poner los 8 l del agua teñida al fuego y añadir la madeja de hilo de alpaca (200 gr) previamente remojada en agua tibia e incorporar 150 ml de zumo de limón.
- Hervir durante 60 min el tinte, el mordiente (zumo de limón) y la fibra removiendo

suavemente con un cucharón de palo para que el color penetre de forma homogénea.

- Retirar la madeja teñida y enjuagar con agua tibia varias veces hasta que el agua esté cristalina.

Receta 3: teñido de la fibra de *Vicugna pacos* (alpaca) con vainas del Guarango:

- Hidratar 400 gr de vainas por 3 horas.
- Hervir 8 l de agua con 400 gr de vainas previamente hidratada.
- Una vez que haya botado el color en 60 min sacar del fuego y colar.
- Volver a poner los 8 l del agua teñida al fuego y añadir la madeja de hilo de alpaca (200 gr) previamente remojada en agua tibia e incorporar 150 ml de zumo de limón.
- Hervir durante 60 min el tinte, el mordiente (zumo de limón) y la fibra removiendo suavemente con un cucharón de palo para que el color penetre de forma homogénea.
- Retirar la madeja teñida y enjuagar con agua tibia varias veces hasta que el agua esté cristalina.

El secado se realizó bajo la sombra en el laboratorio de fibras y lanas en un lugar frío y con poca luz, hasta que seque en su totalidad y se fije el color, en la figura 1-2, se puede observar los colores obtenidos en el teñido de las fibras con hojas, corteza y vainas del Guarango.

HILO DE ALPACA TINTURADA CON DIFERENTES TRATAMIENTOS



Teñido de los hilos con la Receta 1

Teñido de los hilos con la Receta 2

Teñido de los hilos con la Receta 3

Figura 1-2. Colores obtenidos en el teñido de las fibras de alpaca con Guarango.

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022

2.8. Metodología de evaluación

2.8.1. Porcentaje de Elongación

Para conocer el porcentaje de elongación del hilo de fibra de alpaca se sometieron a varias pruebas en el laboratorio en la que se midió la resistencia a la tensión que consiste en la magnitud en que el hilo se estira antes de romperse o alcanzar su punto de ruptura. Tiene relación con la resistencia a la fractura, otra propiedad mecánica definida como la fuerza máxima por unidad de área que debe aplicarse para destruir la unión de las fibras, dependiendo del nivel de elongación pueden dividirse entre: elásticas cuando la elongación es alta y rígidas cuando su resistencia a la fractura es alta.

Para evaluar la capacidad de la muestra de hilo de Alpaca a la resistencia de tensiones multidireccionales se procedió de la siguiente manera:

- Se cortó muestras de 8 cm de la fibra ya tinturada a la cual se realizan nudos en ambos extremos.
- Se utilizó muestras de probetas de 8 cm de medida inicial en forma de L. Estas muestras son fijadas de extremo a extremo por mordazas que cumplen la función de sujetar la muestra al aplicar la fuerza.
- Al utilizar el equipo las piezas introducidas en la probeta se separarán a velocidad constante en dirección perpendicular. En la parte superior de la ranura se aplica mayor fuerza lo que provocó el desgarró del hilo de Alpaca hasta su rotura total.

2.8.2. Resistencia a la tensión.

Con el fin de conocer las propiedades del hilo de alpaca teñido con Guarango, éste fue sometido a diversos ensayos o pruebas. Uno de los ensayos que son clave, es el que permite obtener la resistencia a la tensión.

La resistencia a la tensión es la máxima fuerza o tensión a la que un material es sometido a una carga de estiramiento sin romperse. En esta prueba el material se estira y recupera su longitud original cuando la fuerza no supera el límite elástico del material. Cuando las tensiones son altas, el material no vuelve completamente a su forma original y cuando la fuerza es aún superior, se produce la ruptura del material.

Procedimiento:

Se colocó la muestra en la máquina, conocida como extensómetro la cual posee mordazas que sostiene la probeta. Se aplica una carga progresiva lentamente creciente. Esta carga se mide en Newton de fuerza (N/mm²). Conforme avanza el ensayo y se incrementa la carga, la muestra se va estirando hasta que se rompe, este estiramiento se conoce como esfuerzo.

2.8.3. Punto de quiebre

Para obtener el punto de quiebre del hilo, se somete la muestra al tensiómetro y su lectura se realiza cuando el hilo se rompe. Está relacionada con los lugares de menor diámetro en el hilado de la fibra, producidos por factores nutricionales, ambientales, sanitarios, etc. Lo cual determina la resistencia a la tracción, e indica el porcentaje de mechas que se rompen en la punta, mitad y base de la mecha.

Considerando esta prueba la peor situación se da cuando la mayoría de las mechas se rompen por limitad, esto se debe por diferentes factores como el hilado y la mala manipulación en procesos anteriores lo cual reduce el valor del hilado final, especialmente cuando la resistencia a la tracción es baja.

2.8.4. Solidez a la luz.

La solidez del color es la propiedad de un material coloreado que le permite mantener su tono y saturación originales a través de su tiempo de vida útil, bajo la influencia de algún factor o agente externo. Los ensayos de solidez se realizan conforme a cada país ya que desarrollan sus propios métodos a procedimientos según convengan, pero aceptados a escala internacional, de tal manera que los resultados sean similares, aunque no intercambiables.

Para establecer la resistencia del color se realizaron algunos ensayos a la resistencia a la exposición a luz artificial. Esta prueba se realizó mediante un equipo artesanal que consiste en una caja de 50 cm de largo, 35 cm de ancho una altura de 30 cm cubierta por una película de color negro que la recubre en su totalidad, el mismo que funciona con una lámpara de luz infrarroja que sustituye a la luz natural.

La exposición a esta lámpara se correlaciona muy bien a la sustitución a la luz del día, esta prueba se aplicó durante el tiempo de 72 horas y se utilizó probeta de hilos atadas de 8 cm. Se hizo la medición de color al inicio de la prueba y una vez terminado el tiempo de exposición con la luz artificial.

Los procedimientos más aceptados internacionalmente son los desarrollados por “American Association of Textile, Chemist and Colorist” (AATCC), quienes desarrollan normas, revisan y actualizan los procedimientos específicos que determinan la solidez del color de los productos textiles.

Para la evaluación de solidez del hilo de Alpaca ya tinturada se utilizó las escalas de grises, desarrollada por (AATCC) que aportan en cuantificar el grado de solidez del producto. Esta escala consiste en la valoración de la muestra cuando cambia de color luego que el material sea sometido a un ensayo de solidez y consiste en clases de 5, 4-5, 4, 3-4, 3, 2-3, 2, 1-2, 1, donde la clase 5 es el de mayor solidez (no hay cambio de color) y la clase 1 es el de más baja solidez (hay un gran cambio de color).

La escala de grises para transferencia de color (1) Representa el color original del textil a evaluar, (2) representa la transferencia de color al testigo como se le puede apreciar en la figura 1-2:

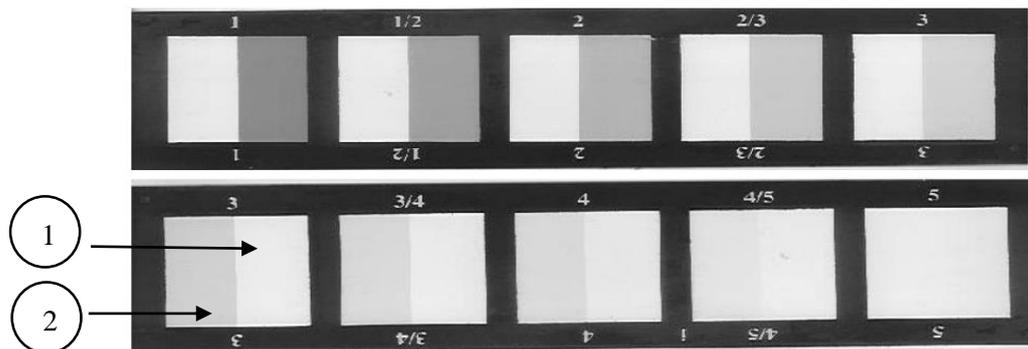


Figura 2-2. Escala de grises para evaluar el cambio de colores.

Realizado por: (Gonzales, 2004, p. 62).

Esta escala de grises también puede ser descrita cuantitativamente como se menciona en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Valoración cuantitativa de la escala de grises para el cambio de color.

CAMBIO DE COLOR		
VALORACIÓN	DENOMINACIÓN	TEÑIDO
Clase 5	Excelente	No se destiñe
Clase 4	Muy Buena	Destiñe un poco
Clase 3	Buena (promedio)	Destiñe sensiblemente
Clase 2	Regular	Destiñe fuertemente
Clase 1	Malo	Destiñe muy fuertemente

Fuente: Núñez, Kemberly 2019.

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

Los géneros textiles que presentan solides de clase 2 o 1 son considerados inaceptables o de baja calidad.

Tabla 5-2: Escala de calificación de los valores cuantitativos de la escala de grises.

EXCELENTE	MUY BUENA	BUENA PROMEDIO	REGULAR-MALO
Cuando los resultados hayan cambiado entre el 0% y 10% de acuerdo a los estándares de calidad.	Cuando los resultados hayan cambiado entre el 10% y 20% de acuerdo a los estándares de calidad.	Límite de aceptación por los estándares de calidad.	Cuando hayan cambiado más del 20% de acuerdo a los estándares de calidad.
5	4	3	2-1

Fuente: Mejía, 2015. Programa de textilización - Ciencias Textiles.

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

2.8.5. Solidez al lavado

La prueba de solidez o resistencia al lavado se lleva a cabo para determinar la cantidad de pérdida de color que muestran los tejidos después del lavado y la cantidad de color que otorgan a otros tejidos. Esta prueba se basa en la norma ISO 105-C06:2010, que consiste en usar jabón neutro (pH 7) y para este ensayo se utilizaron probetas de 20 x 10 cm, se realizó el lavado manual con una solución de jabón neutro al 0,5 % v, en agua corriente (pH 6,5) durante 30 minutos, simulando 5 lavados manuales.

Para la evaluación de solidez al lavado del hilo de Alpaca ya tinturada se utilizó las escalas de grises descrita anteriormente, también puede ser descrita cuantitativamente como se menciona en

la tabla 6-2. Esta escala consiste en la valoración de la muestra cuando transfiere el color luego que el material sea sometido a un ensayo de solidez.

Tabla 6-2: Valoración cuantitativa de la escala de grises para la transferencia de color.

TRANSFERENCIA DE COLOR		
VALORACIÓN	DENOMINACIÓN	TEÑIDO
Clase 5	Excelente	No mancha o mancha insignificante
Clase 4	Muy Buena	Manchado ligero
Clase 3	Buena (promedio)	Manchado notable
Clase 2	Regular	Manchado considerable
Clase 1	Malo	Demasiado manchado

Fuente: Mejía, 2015. Programa de textilización - Ciencias Textiles.

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022.

2.8.6. *Refractometría*

Para esta prueba se utilizó el Refractómetro PCE-010-LED con iluminación LED, ya que es un instrumento de gran importancia en las pruebas de calidad, que determinan la refracción de luz de diferentes líquidos especialmente apto cuando se deba medir en ambientes con poca luz o luz artificial.

Para determinar la refracción de la luz se colocó unas gotas de agua destilada en el lente del refractómetro para encerarle, luego que se limpió en su totalidad se procede a colocar gotas de la solución del tinte con el mordiente ya adicionado a una temperatura de 30° C en el prisma, se tapa y se orienta la luz girando el ocular hasta que se logre observar la interface entre el límite claro/oscuro en el cual se toma la lectura obteniendo el resultado en la pantalla del equipo.

2.9. Mediciones económicas

2.9.1. *Ingresos*

Los ingresos se estimaron en función del volumen de hilo obtenido por el precio por unidad de fibra hilada a mano.

2.9.2. Egresos

Los egresos se estimaron considerando el costo de fibra cruda, el lavado, secado, cardado, hilado, teñido, pigmentos y los adherentes.

2.9.3. Beneficio/costo

Este indicador económico se calculó dividiendo los ingresos estimados sobre los egresos que causan el pigmento de las madejas de hilos de fibra de Alpaca y la pigmentación.

2.9.4. Utilidad.

Este indicador económico se calculó a través de la diferencia de los ingresos estimados menos los egresos que causan el pigmento de la fibra hilada y tinturada.

CAPITULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación de las propiedades físicas-químicas del hilo de *Vicugna Pacos* (ALPACA) tinturado con hojas, corteza, vainas del Guarango *Caesalpinia spinosa*

3.1.1. Porcentaje de Elongación

Los resultados obtenidos en la prueba de elongación (%) del hilo de alpaca hilado a mano y tinturada con las partes de Guarango hoja, corteza y vaina, registró un porcentaje de elongación superior para el tratamiento con vainas: 30.58 %, desciende el porcentaje con corteza: 30.55 % siendo inferior el porcentaje al utilizar las hojas: 27.00 %, como se puede evidenciar en la (Tabla 1.3), valores entre los cuales no difieren significativamente ($p > 0.05$), por lo que se asume que el pigmento no influye en la elongación de la fibra animal.

Tabla 1-3: Análisis de varianza de Características físicas-químicas del hilo de *Vicugna pacos* (Alpaca) pigmentada con hojas, cáscara y vainas de *Caesalpinia spinosa*.

Variables	Tratamientos			Error	
	Hoja	Corteza	Vaina	Estándar	Prob.
Tensión (Nw/cm ²)	18440,74 A	14169,26 A	18635,12 a	3195.59	0,55
Elongación (%)	27,00 A	30,55 A	30,58 a	1,33	0,13
Punto de quiebre (Nw)	90,43 A	97,69 A	93,01 a	7,03	0,76
Solidez a la luz	1,40 B	4,80 A	5,00 a	0,18	1,02E-08
Ph	3,57 A	3,46 A	3,59 a	0,07	0,38
Refractometría (°Bx)	5,10 B	2,10 C	10,40 a	0,38	1,00E-08
Solidez al lavado	2,40 B	4,40 A	4,80 a	0,23	1,82E-05

Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p > 0.05$).

Realizado por: Jonathan Pila Caiza, 2021.

Teniendo en cuenta a (Gil & Saldaña, 2007, p.19), menciona que la elongación es la longitud máxima que soporta una fibra antes de romperse y se mide en % con respecto a su longitud original. En concordancia al texto citado mencionó que la elongación es la resistencia de un material, que soporta a una tracción o fuerza física antes de romperse. Cabe mencionar que el porcentaje variara ampliamente de acuerdo a los materiales usados para la elaboración de hilos, asegurando que la calidad sea superiores o inferiores, por lo que es esencial conocer los porcentajes de elongación.

En la investigación realizada por (Huebla & Rea, 2019, p 34), mencionan los porcentajes de elongación de 47.50 a 53.50 % los mismos que son superiores al registrado en el presente estudio, esto puede ser influenciado a que la prueba de elongación se realizó en productos terminados por lo que se la considera fibras de alta resistencia a la rotura y tienden a estirarse mucho más que el hilo tinturado con Guarango.

De la misma manera señalan que la elongación puede ser atribuible desde 40 - 80 % de acuerdo con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la industria del cuero y textil en su norma técnica IUP 6 (2002), citados por (Huebla & Rea, 2019, p.36), determinándose que esta característica en el presente trabajo está por debajo de los señalados por esta Norma.

3.1.2. Resistencia a la tensión

Los valores determinados en la prueba de resistencia a la tensión del hilo de Alpaca tinturada con Guarango, reportaron valores de: 18440,74 Nw/cm² al utilizar las hojas como tinte natural, seguido del uso de la corteza 14169,26 Nw/cm² y el uso de las vainas 18635,12 Nw/cm², como se puede evidenciar en la (Tabla 1.3), entre los cuales no difieren significativamente ($p > 0.05$) esto se debe a que el pigmento no influyó en la tensión de la fibra de alpaca pigmentada con hoja, corteza y vainas de Guarango.

En la investigación, Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de Alpaca, realizado por (Huebla & Rea, 2019, p. 32) reportan valores en la resistencia a la atención de 2100 – 2663 Nw/Cm² valores superiores a los registrados en el presente estudio, debiendo señalar que esta particularidad se debe a que en el presente trabajo se analiza únicamente la fibra y no una prenda. Los límites permisibles de tensión de la fibra de alpaca son de 800 a 1200 Nw/cm², valores inferiores a los señalados en el presente estudio, pudiendo deberse a la finura del hilo o el número de hebras que conforman el hilo a la vez del cruzado entre hebras en el hilo.

3.1.3. Punto de quiebre

La fibra de alpaca pigmentada con hoja, corteza y vainas de *Caesalpinia spinosa*, registró un punto de quiebre de 90.43 Nw, 97.69 Nw, y 93.01 Nw respectivamente, como se puede evidenciar en la (Tabla 1.3), valores entre los cuales no difieren significativamente ($p > 0.05$) esto se debe que el pigmento no afecta al punto de quiebre de la fibra, ya que el punto de quiebre determina la resistencia a la tracción, e indica el porcentaje de mechas que se rompen en la punta, mitad y base de la mecha. En un estudio realizado por (Quispe *et al*, 2020, p. 31), menciona el punto de quiebre de

la fibra de alpaca machos y hembras fue de 49.25 y 50.15 Nw, siendo inferiores a los registrados en el presente estudio, esto se debe principalmente al grosor del hilo a la rotura de fibras en partes de menor diámetro en el perfil de la fibra, producidos por factores nutricionales, ambientales, sanitarios.

La variación del diámetro de la longitud de la fibra durante el crecimiento estacional va variando debido a la nutrición, cambios fisiológicos, enfermedades, manejo y otras causas de estrés. El resultado es que el diámetro individual de cada fibra varía algunos micrones a lo largo de su desarrollo y durante el proceso industrial se producen quiebres donde se encuentran las secciones más finas de las fibras.

La resistencia de mecha y su punto de quiebre puede orientar al productor a definir un problema en la majada, que puede estar asociado a distintos factores nutricionales (sobrecarga de cuadros), enfermedades o prácticas de manejo (aptitud del cuadro, stress estacionales, falta de agua, fecha de esquila, etc.) pero que puede ser solucionado con algún cambio o introducción de práctica de manejo adecuada (Evara & Jacob, 2004, p. 45)

3.1.4. Solidez a la luz

La valoración de la prueba de solides a la luz del hilo de alpaca pigmentada con vaina y corteza de *Caesalpinia spinosa* permitió registrar la puntuación de: 5.00, al utilizar la vaina como pigmento y de 4.50 puntos al utilizar la corteza, según la escala de grises, considerando una calificación muy buena, valor que difiere significativamente a la fibra pigmentada con hojas de *Caesalpinia spinosa* cuya solidez a la luz fue de 1.40 equivalente a mala como se ilustra en el (gráfico 1-3), se cuantificó el cambio de color usando la escala de grises AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists). Esta escala consiste en la valoración de la muestra cuando cambia de color luego que el material sea sometido a un ensayo de solidez y consiste en clases de 5, 4-5, 4, 3-4, 3, 2-3, 2, 1-2, 1, donde la clase 5 es el de mayor solidez (no hay cambio de color) y la clase 1 es el de más baja solidez (hay un gran cambio de color). Determinando que la solidez a la luz está influenciada por otros factores como el tipo y origen del pigmentante.

La solidez a la luz se refiere al grado de decoloración del hilo teñido bajo la iluminación de la luz solar o fuentes de luz artificial., principalmente debido a la oxidación de los colorantes y su desvanecimiento en las fibras proteicas.

Debido al gran número de factores que pueden afectar la solidez a la luz de los textiles, es crucial el control de las siguientes variables: la distribución espectral de la fuente de luz, la temperatura de las muestras expuestas, la humedad efectiva del aire en contacto con las muestras expuestas

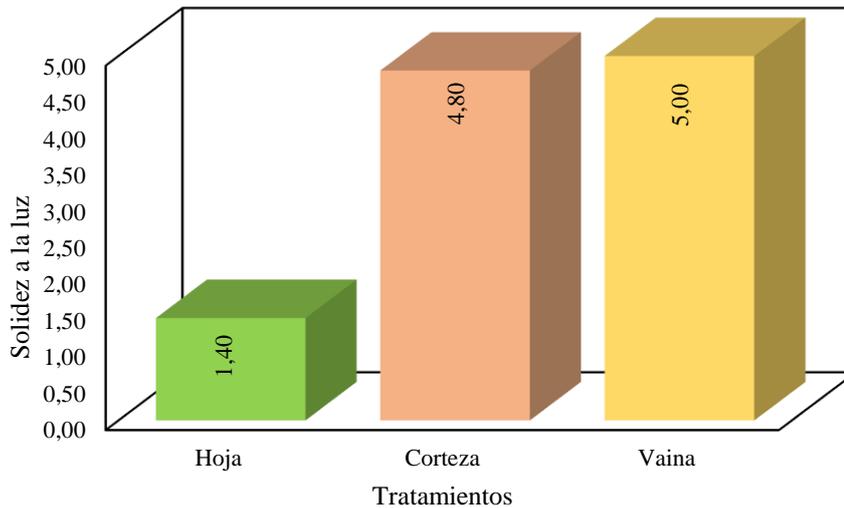


Gráfico 1-3. Comportamiento de la solidez a la luz del hilo de alpaca pigmentada con hojas, corteza y vaina de *Caesalpinia spinosa*.

Elaborado: Pila, Jonathan, 2022

3.1.5. pH

El pH se estimó mediante la aplicación de ácido cítrico como mordiente, logrando la fijación del colorante en la fibra de alpaca, mediante la utilización de partes del Guarango, la cual registró un pH de :3.57 en el tinte extraído de hojas, 3.46 de corteza y 3.59 de vainas, las cuales se puede evidenciar en la (tabla 1-3), valores entre los cuales no difieren significativamente ($p>0.05$) lo que significa que el pH por la aplicación de ácido cítrico como adherente o mordiente en la pigmentación en los tratamientos estuvieron en las mismas condiciones de manejo.

El pH del agua está en función de la cantidad de ácido cítrico se le coloque como mordiente con la finalidad de que el hilo salga bien pigmentado tales como el limón, la sal, el alumbre, vinagre, orina de personas, cenizas, sumo de penco (Terrazas, 2012 citado por Vele, 2017; p.123) esta aplicación dependiendo de la concentración puede variar de 2 a 12 de pH. El lavado generalmente lo hacen a un pH de 8.5 con la finalidad de eliminar impurezas de la fibra (Saldaña, 2017, p. 76).

3.1.6. Refractometría

La refractometría de la fibra pigmentada con vainas de *Caesalpinia spinosa* registro un valor de 10.40 que se considera la mejor el mismo que difiere significativamente ($p < 0.01$) del resto de tratamientos tales como al aplicar la hoja y la corteza de la *Caesalpinia spinosa* con los cuales se determinaron 5.10 y 2.10 como se ilustra en el (gráfico 1-3), esto se debe a que en la vaina se dispone de mayor cantidad de nutrientes principalmente de vitamina la misma que hace que el producto sea más refractante, lo que no ocurre con la hoja y la corteza. Donde se puede mencionar que la intensidad de luz que proporciona la fuente óptica es el coeficiente de transmisión y de atenuación en la interfaz fibra-aire; determinándose que el coeficiente de atenuación toma en cuenta la pérdida generada por a la naturaleza de un empalme no perfecto entre la fibra (Bautista 2017, p. 133). Esto ocurre en la fibra pigmentada con la hoja, mientras que la mayor refractancia se observa al utilizar las vainas de la *Caesalpinia spinosa*.

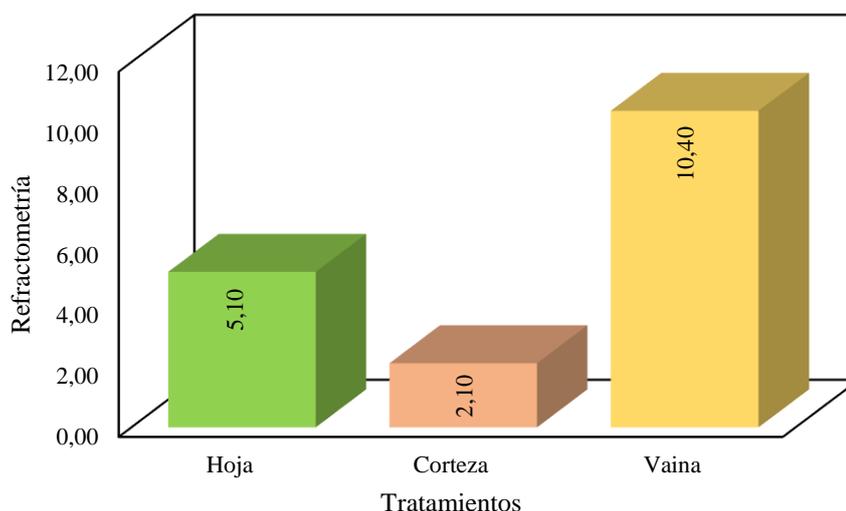


Gráfico 2-3. Refractometría del hilo de alpaca pigmentada con hojas, corteza y vaina de *Caesalpinia spinosa*.

Elaborado: Pila, Jonathan, 2022.

3.1.7. Solidez al lavado

La fibra de alpaca pigmentada con vaina y corteza de *Caesalpinia spinosa* permitió registrar una solidez al lavado de 4.80 y 4.40 puntos como se ilustra en el (gráfico 3-1) según la escala de gris, considerando una calificación muy buena, valores que difieren significativamente ($p < 0.01$) de la fibra pigmentada con hojas de *Caesalpinia spinosa* cuya solidez al lavado fue 2.40 equivalente a regular. Esto se debe a que el pigmento de las hojas de *Caesalpinia spinosa* no contiene muchos

taninos y ácido gálico, componentes necesarios que ayudan en la impregnación del color a la fibra lo que hace que la fibra de alpaca no resista a la solidez al lavado, más aun sabiendo que la fibra de la alpaca tiene médula lo que hace que rebote con facilidad el pigmento. Cada uno de los procesos utilizados para tener una fibra limpia se denominan agentes capaces de modificar su color original. Los distintos agentes que pueden producir alteraciones en el color de los textiles se califican a través de puntos desde malo, regular, bueno, muy bueno y excelente cuyos pesos matemáticos corresponde de 1 a 5 (Mendoza, 2018, p. 111) con respecto a esta aclaración se determina que tiene pigmentos que permiten una solidez desde regular a muy bueno

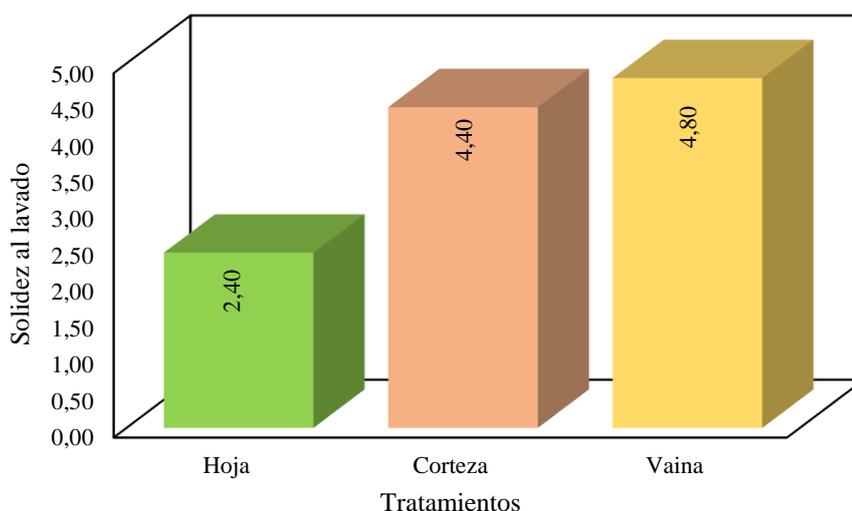


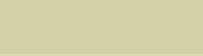
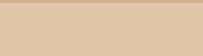
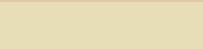
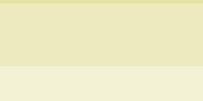
Gráfico 3-3. Solidez al lavado de la fibra de alpaca pigmentada con hojas, corteza y vaina de *Caesalpinia spinosa*.

Elaborado: Pila, Jonathan, 2022.

3.2. Gama de colores obtenidos

Para la codificación de la gama cromática de los colores obtenidos se utilizó la aplicación PANTONE Studio. Esta aplicación es una herramienta que captura el color al subir una foto, o una captura de pantalla, siendo posible su traducción e identificación con su referencia, la cual proporciona el número, codificación y el nombre específico del color que se ha elegido, como se lo puede apreciar en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Gammas cromáticas de los colores obtenidos del tinte natural de Guarango aplicado en hilo de fibra de Alpaca.

CÓDIGO DE MUESTRA	TRATAMIENTOS	RESULTADO OBTENIDO	SATURACIÓN DEL COLOR	CÓDIGO PANTONE
T1	Hojas (Guarango)			#ccc193
				#99948B
				#A6A39C
				#C0C0C0
T2	Corteza (Guarango)			#B1887B
				#C39886
				#D4A891
				#E6B89C
T3	Vainas (Guarango)			#A49494
				#B1A81
				#BEAE8E
				#CBBB9B

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022

3.3. Análisis de rentabilidad

La rentabilidad del tinturado de la fibra de alpaca está dada por la demanda de consumidores que pagan por el hilo pigmentado diferente al natural (blanco), esta rentabilidad se calcula en función de los ingresos y egresos a través de la utilidad y el beneficio /costo, como se indica en el cuadro 3-3.

3.3.1. Ingresos

El ingreso de la fibra de alpaca tinturada con la vaina de *Caesalpinia spinosa* fue de 16.20 dólares seguida de la tinturada con la cáscara que fue de 15.60 dólares y al utilizar las hojas generó un ingreso de 15 dólares siendo inferior al producido con la cáscara y vaina como se puede apreciar en la tabla 3-3. El pigmento elaborado con la vaina, genera un ingreso superior esto se debe a que materia prima posee bondades y propiedades, que al ser procesado se obtienen una serie de productos y subproductos como los extractos de taninos que se usa en la industria para el curtido de pieles, haciendo que esta materia prima en temporadas tenga mayor demanda y mayores ingresos.

Tabla 3-3: Análisis económico del hilo de fibra de Alpaca pigmentada con hojas, corteza y vainas de *Caesalpinia spinosa*.

Rubro	Unidad	Cantidad	<i>Caesalpinia spinosa</i>		
			Hoja	Cáscara	Vaina
Fibra	G	3000	10,00	10,00	10,00
Ácido cítrico	MI	150	0,50	0,50	0,50
Hoja	G	400	2,00		
Cáscara	G	400		2,40	
Vaina	G	400			2,80
Agua	Lt	24	1,50	1,50	1,50
Total Egreso			14,00	14,40	14,80
Cantidad F	G	3000	1000,00	1000,00	1000,00
Precio	USD		0,015	0,016	0,016
Ingreso			15,00	15,60	16,20
Utilidad			1,00	1,20	1,40
Beneficio/costo			1,07	1,08	1,09

Realizado por: Pila, Jonathan, 2022

3.3.2. Egresos

En costo de la fibra de alpaca tinturada con el extracto de las hojas de *Caesalpinia spinosa* fue de 14 dólares seguida del tinturado con corteza que ascendió a 14.40 dólares y al realizar el tinturado con las vainas se generó un egreso de 14.80 dólares. El egreso del colorante extraído de las hojas es menor debido a la abundancia de la materia prima y la fácil impregnación a comparación del colorante extraído de la vaina que por su composición química tiene diferentes utilidades y en temporadas son escasas.

3.3.3. Beneficio/costo

El beneficio costo del hilo de Alpaca, tinturada con hojas fue superior con un valor de 1.09 dólares seguido de la cáscara 1,08 y vainas 1.07 dólares respectivamente, el mismo que varía debido a la calidad de la fibra, pigmento, y reflectancia. Logrando producir un hilo muy vistoso resistente y con muchas cualidades como la solidez a la luz y solidez al lavado apto para su comercialización.

3.3.4. Utilidad

La utilidad del hilo de Alpaca tinturada con hojas de Guarango es de 1.00 dólar seguido de la corteza 1.20 dólares siendo superior el T3: vaina: con un valor de 1.40 dólares, el mismo que varía debido a sus bondades, propiedades, características físicas y químicas y reflectancia de la fibra.

CONCLUSIONES

Las vainas de Guarango utilizadas en la elaboración del tinte natural, no influyeron en las características físicas químicas del hilo de *Vicugna pacos*, obteniendo los mejores resultados y características apropiadas para el uso de este tinte de origen orgánico.

De acuerdo a las evaluaciones físicas químicas del hilo tinturado, reportaron los valores más altos de tensión (18635,12 Nw/cm²), elongación (30,58 %), punto de quiebre (93,01 Nw), solides a la luz (5,00 puntos), solidez al lavado (4,80 puntos), refractometría (10,40 °brix) y Ph (3,59 acidez), al utilizar las vainas como tinte natural, seguido del uso de las cortezas con valores de tensión (14169,26 Nw/cm²), elongación (30,55 %), punto de quiebre (97,69 Nw), solides a la luz (4,80 puntos), solidez al lavado (4,40 puntos), refractometría (2,10 °brix) y Ph (3,46 acidez), siendo los tratamientos más relevantes a diferencia del uso de las hojas.

El utilizar las vainas y cortezas del Guarango como tintes naturales no influyeron en la solidez a la luz y solidez al lavado logrando valoraciones correspondientes a satisfactorios según la escala de grises para la transferencia y cambio de color, obteniendo hilos de buena calidad, no así el obtenido con el uso de las hojas que presentó cambios de color inaceptables.

La mayor rentabilidad económica se encontró al tinturar el hilo de Alpaca con las vainas de Guarango, indicando un beneficio/costo de 1.09 y una utilidad de 1.40 dólares por kg de fibra pigmentada, considerándose rentable a comparación de otras actividades similares.

RECOMENDACIONES

Elaborar el tinte orgánico a base de hojas y corteza de Guarango con diferentes concentraciones y diferentes mordientes, con la finalidad de mejorar la fijación del tinte en las fibras animales e incrementar una amplia gama de colores cromáticos.

Realizar estudios que validen la reducción del impacto ambiental al teñir fibras con tintes orgánicos, de esta manera aprovechar las propiedades y bondades que brindan las plantas que poseen características tintóreas.

Se sugiere el uso de diferentes mordientes como el alumbre, sulfato de hierro, vinagre, sal en grano, en el proceso de tinturado orgánico con hojas de Guarango, para conocer el efecto en las propiedades físicas químicas de hilo.

Se recomienda ejecutar un estudio de factibilidad, en la comercialización de fibras e hilos de Alpaca teñidas con tintes naturales, que ayuden a proporcionar información en cuanto a su beneficio costo y utilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, L; & RIVERA, G. *Plantas tintóreas y otros colorantes de Costa Rica* [en línea]. Cartago-Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1990. pp. 144. [Consulta: 18 septiembre 2020]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?hl=es&id=slsQAQAAMAAJ&focus=searchwithinvolume&q=Plantas+tint%C3%B3reas+y+otros+colorantes+de+Costa+Rica+>

ARGUELLO, E; & SALTOS, W. “El guarango en el cantón guano de la provincia de Chimborazo – Ecuador”. *Investigación Industrial*, vol. 20, n°1, (2017), (Lima, Perú) pp. 43-50.

BAUTISTA, M. *Diseño y construcción de un refractómetro de fibra óptica con alta repetitividad para control de calidad de líquidos* [En línea] (trabajo de titulación). (Maestría) Centro de Investigaciones óptica, México. 2017, pp. 1-133. [Consulta: 2021-06-10]. Disponible en:

<https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/373/1/17285.pdf>

CASTILLO, J; et al. “El color en la memoria: Tintes vegetales usados en la tradición de las comunidades andinas y amazónicas peruanas” *Scielo* [en línea], 2018, (Perú) vol. 17 (n° 1), pp 4-10. [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172622162018000100010&lng=en&nrm=iso

CHRISTIE, R. *La Química del Color*. [En línea]. Barcelona-España: Acribia, Editorial, S.A, 2003. pp. 2011. [Consulta: 18 septiembre 2020]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=RwzIPgAACAAJ&dq=La+qu%C3%ADmica+del+color&hl=es&sa=X&redir_esc=y

COMPENDIO AGROPECUARIO. *Observatorio Agroambiental y Productivo* [en línea]. La Paz – Bolivia: 2012. [Consultado 10 octubre 2020]. Disponible en:

<https://www.bivica.org/files/compendio-agropecuario.pdf>

CORDERO, D. “Colorantes vegetales en la artesanía Panameña”. *Revista lotería* [En línea], 2002, Panamá. [Consultado: 20 noviembre 2020]. Disponible en:

https://www.up.ac.pa/direccionadministrativa/institutos/inestec/colorantes_vegetales_en_la_arte_s.htm

CORDOVA, L. “Proceso de Transformación de La Fibra de Alpaca”. [En línea], 2014. [Consulta: 24 octubre 2020]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/220422151/Proceso-de-Transformacion-de-La-Fibra-de-Alpaca>

DE LA CRUZ, P. “Aprovechamiento Integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa-Caesalpinia tinctoria*” Revista del Instituto de Investigación de ingeniería geológica, minera, metalúrgica y geográfica, [en línea], 2004, 7(14), pp. 2-10. [Consulta: 12 Agosto 2020]. Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/733/584>

DE LA TOREE, L. *La Tara. Beneficios ambientales recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque* [en línea]. Quito: Ed. CONDESAN, 2018. [Consulta: 22 agosto 2020]. Disponible en:

<https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Libro-Tara-Condesan-2.pdf>

ELVIRA, M; & JACOB, M. “Calidad de lana”. Importancia de las mediciones objetivas en la Comercialización e Industrialización de la Lana [en línea], 2004, pp. 43-46. [Consulta: 10 Octubre 2020] Disponible en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia11_lana_ovina.pdf

GONZÁLEZ, L. *Fibrología*. 2013, pp. 00. En línea. (Consultada: 11/12/2020). Disponible en:

<https://luisgonzalezlobo.files.wordpress.com/2013/09/diplo-apunteso2013.pdf>

HUEBLA, W; & REA, J. Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de ingeniería en Industrias Pecuarias. (Riobamba-Ecuador). 2019. pp. 1-76.

JARAMILLO, H. *Textiles y Tintes* [en línea]. Cuenca-Ecuador: CIDAP. 1988, pp. 213. (Consultada: 2020-11-18) Disponible en:

<http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/handle/cidap/655>

LAMO, D. *Camélidos Sudamericanos, historia, usos y sanidad animal*. Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca. Senasa. Perú, 2011. pp. 2-52.

MACHACA, V; et al. *Características de la Fibra de Alpaca Huacaya de Cotaruse*, Apurímac, Perú. 2017, pp. 1-9.

MANCERO, L. *La Tara (Caesalpinia spinosa) en Perú, Bolivia y Ecuador-Quito: ECOBONA-INTERCOOPERATION.* 2018.

MANRRONE, L. *Tintes naturales. Técnicas ancestrales en el mundo moderno.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires.: Editorial Dunken. 2015, pp. 32-37.

MENDOZA, C. *Evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (Vicugna pacos) con aliso (Alnus acuminata h.b.k).* Acomba – Huancavelica. 2018, pp. 1-111.

MEJÍA, F. *Las fibras naturales de origen animal* [blog]. Filadelfia: 2015. [Consulta 19 junio 2021]. Disponible en:

<https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/01/capitulo-3-las-fibraAnaturales-de.html>

MONTES M; et al. *Características de la fibra de alpaca Huacaya producida en la región Altoandina de Huancavelica, Perú. En: Actualidad sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos.* Huancayo, Perú: 2015, Grafica Industrial, pp. 37- 47.

MORALES, A. *Tintura del fique.* Proyecto Agroindustrial. 2002 Curití [Consulta 19 marzo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/handle/001/4004>

NARVÁEZ, A; et al. *Las poblaciones naturales de la tara (Caesalpinia spinosa) en el Ecuador: una aproximación al conocimiento de la diversidad genética y el contenido de taninos a través de estudios moleculares y bioquímicos* [en línea]. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION, Laboratorio de Biotecnología Vegetal Escuela de Ciencias Biológicas Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE. Quito-Ecuador: 2009. [Consulta: 24 agosto 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/309566304_Las_poblaciones_naturales_de_la_tara_Caesalpinia_spinosa_en_el_Ecuador_una_aproximacion_al_conocimiento_de_la_diversidad_genetica_y_el_contenido_de_taninos_por_medio_de_estudios_moleculares_y_bioquimi

NIETO, C; et al. *Cadenas agroproductivas para la conservación de la cuenca media del río Pita* [en línea], 1º ed. Quito-Ecuador: FONAG, 2006. [Consulta: 22 agosto 2020]. Disponible en:

http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/6.pdf

ÑIETO, C; & HIDROBO, G. *La Cadena agro-productiva del Guarango (Caesalpinea spinosa Kutnze) elementos que resaltan su competitividad* [en Línea]. Quito, Ecuador: Fundación Desde el Surco, 2011, pp. 6-46. [Consulta: 25 agosto 2020]. Disponible en:

https://www.academia.edu/36980961/La_cadena_agro-productiva_del_guarango_2

NÚÑEZ, F. *Qué son los mordientes* [blog]. Santiago de Chile, 2021. [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible en:

<https://nunezrevec.com/2021/03/13/tintes-naturales-que-son-los-mordientes/>

ORMACHEA, E; et al “Características textiles de la fibra en alpaca Huacaya del distrito de Corani, Carabaya”. *Rev. Investig Altoandino*, vol. 17, n° 2 (2015), (Puno), pp. 215-220.

PALACIOS, O; & ULLAURI, N. “Revalorización de métodos ancestrales de tinturado natural en las provincias de Loja y Azuay del sur de Ecuador”. *Siembra* [En línea], 2020, (Ecuador) 7(1), pp.1-36. Disponible en:

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1914>

PAZOS, S., *Teñido en base a tintes naturales: conocimiento y técnicas ancestrales de artistas textiles de Perú y Bolivia*. 1° ed. Lima – Perú: Silvia Gonzales, 2017, pp.17-78.

PERINAT, M. *Tecnología de la confección textil*, España 2007; pp. 1-8. [Consulta 14 septiembre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/evelina03/docs/costura_-_corte_y_confecci__n_-_mar.

QUISPE, C; et al. “Evaluación objetiva de características de finura y resistencia en vellones de llama (Lama glama) Ch’aku”. *Rev. Inv. Vet*, vol. 31, n° 2 (2020), (Lima) 2020; pp. 31.

SALDAÑA, L. *Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca*. Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 2017. pp. 1-76.

VÁSQUEZ, O; et al. *Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac*. *Rev. Inv. Vet Perú*. 2015. Pp. 26: 213-222.

VELE, M. Determinación de colorantes naturales Textiles de la Parroquia Tarqui. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Azuay, Cuenca, Ecuador. 2017, pp. 1-123. [Consulta 2021-03-10]. Disponible en:

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7083/1/13029.pdf>.

VIGUERAS, A; & PORTILLO, L. *Contribución al Conocimiento y aprovechamiento de Cáceas y otras Planta suculentas*. Volumen 1, México. 2016, pp. 09.

WARMÍ. “Grupo argentino dedicado a la investigación, desarrollo y divulgación del teñido artesanal con tintes naturales en fibras textiles”. *Tintes naturales* [en línea] 2002, (Argentina). [Consulta: 19 octubre 2020]. Disponible en:

<https://www.oocities.org/warmiargentina/tintesnaturales.htm>

ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (NW/CM²) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	25653,33	11208,53	22411,67	23800,00	9130,17
Corteza	21752,13	12259,42	12568,50	11148,75	13117,50
Vaina	32056,67	22648,33	13730,75	10876,25	13863,58

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	676418866.0			
Tratamientos	2	63711999,1	31855999,5	0,62	0,55
Error	12	612706867.0	51058905,6		
Error Estándar			3195,59		
CV %			41,83		
Media			17081,71		

Separación de medias según Tukey (p<0.05)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	18440,74	a
Corteza	14169,26	a
Vaina	18635,12	a

ANEXO B: ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	31,63	27,38	25,75	26,38	23,88
Corteza	28,50	34,00	34,00	27,38	28,88
Vaina	31,25	27,63	31,50	28,00	34,50

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	148,50			
Tratamientos	2	42,30	21,15	2,39	0,13
Error	12	106,00	8,84		
Error Estándar			1,33		
CV %			10,13		
Media			29,38		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	27,00	a
Corteza	30,55	a
Vaina	30,58	a

ANEXO C: ESTADÍSTICA DEL PUNTO DE QUIEBRE (NW) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	76,96	111,22	79,83	97,25	86,88
Corteza	87,27	92,33	102,65	89,19	117,02
Vaina	87,59	65,84	121,25	94,82	95,57

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	3103,32			
Tratamientos	2	135,57	67,78	0,27	0,76
Error	12	2968	247,31		
Error estándar			7,03		
CV %			16,78		
Media			93,71		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	90,43	a
Corteza	97,69	a
Vaina	93,01	a

ANEXO D: ESTADÍSTICA DE SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00
Corteza	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vaina	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	42,93			
Tratamientos	2	40,93	20,47	122,80	1E-08
Error	12	2,00	0,17		
Error Estándar			0,18		
CV %			10,94		
Media			3,73		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	1,40	b
Corteza	4,80	a
Vaina	5,00	a

ANEXO E: ESTADÍSTICA DE PH DEL PIGMENTO EXTRAÍDO DE HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	3,70	3,73	3,60	3,60	3,20
Corteza	3,30	3,27	3,61	3,53	3,58
Vaina	3,57	3,60	3,52	3,61	3,67

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	0,35			
Tratamientos	2	0,05	0,03	1,04	0,38
Error	12	0,30	0,02		
Error Estándar			0,07		
CV %			4,44		
Media			3,54		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	3,57	a
Corteza	3,46	a
Vaina	3,59	a

**ANEXO F: ESTADÍSTICA DE LA REFRACTOMETRÍA (°BRIX) DEL PIGMENTO
EXTRAÍDO DE HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.**

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	5,00	5,00	4,00	5,00	6,50
Corteza	2,00	2,00	3,50	1,50	1,50
Vaina	11,50	11,00	9,50	10,00	10,00

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	185,23			
Tratamientos	2	176,63	88,316	123,23	1E-08
Error	12	9	0,71		
Error Estándar			0,38		
CV %			14,43		
Media			5,87		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	5,10	B
Corteza	2,10	c
Vaina	10,40	a

**ANEXO G: ESTADÍSTICA DE SOLIDEZ AL LAVADO DE LA FIBRA DE ALPACA
PIGMENTADA CON HOJA, CÁSCARA Y VAINA DEL GUARANGO.**

Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hoja	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00
Corteza	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00
Vaina	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00

Análisis de varianza

F. Var	Gl	S. Cuad.	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	14	19,73			
Tratamientos	2	16,53	8,27	31,00	1,8E-05
Error	12	3,20	0,27		
Error Estándar			0,23		
CV %			13,36		
Media			3,87		

Separación de medias según Tukey ($p < 0.05$)

Tratamientos	Media	Rango
Hoja	2,40	b
Corteza	4,40	a
Vaina	4,80	a



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 07 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jonathan Wladimir Pila Caiza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Ingeniería en Industrias Pecuarias
Título a optar: Ingeniero en Industrias Pecuarias
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


DBRA
Ing. Cristhian Castillo



1437-DBRA-UTP-2022