



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“OBTENCIÓN DE TINTE DE DIFERENTES PARTES DE LA
PLANTA DE EUCALIPTO PARA TEÑIDO DE FIBRA DE
ALPACA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: MAYRA XIMENA SÁNCHEZ VARGAS

DIRECTOR: ING. MANUEL ENRIQUE ALMEIDA GUZMÁN, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Mayra Ximena Sánchez Vargas

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, Mayra Ximena Sánchez Vargas, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 24 de agosto de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra Ximena Sánchez Vargas', with several horizontal lines drawn through it.

Mayra Ximena Sánchez Vargas

060452735-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **“OBTENCIÓN DE TINTE DE DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DE EUCALIPTO PARA TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA”**, realizado por la señorita: **MAYRA XIMENA SÁNCHEZ VARGAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera, MgS. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-08-24
Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-24
Ing. Maritza Lucía Vaca Cárdenas, Mg. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-24

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación la dedico principalmente a mis padres Rodrigo Sánchez y Esperanza Vargas, por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica que con sus consejos y palabras alentadoras han hecho de mí una mejor persona que no se rinde ante las dificultades, por ser mi ejemplo de esfuerzo, valentía y por enseñarme que con la perseverancia se alcanza todo lo que uno se propone. A mis hermanos David, Gino y Narciza por ser las personas que me alentaban día tras día en no abandonar mis sueños, por apoyarme moralmente siempre que les necesitaba y además por verme como su ejemplo a seguir. A mis abuelitos, tíos, primos y a todos quienes confiaron en mí, en especial a mi tía Alexandra que ha sido la mejor tía, amiga que Dios me pudo dar, porque ha sido mi consejera, mi confidente además quien también me motivaba a cumplir mi meta y por su cariño incondicional. Este logro es por todos ustedes.

Mayra

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza y bendecirme en todo el trayecto de mi vida estudiantil, agradecer también de manera especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias por permitir obtener un título universitario y de esta manera aportar a la sociedad en la solución de problemas agroindustriales, a mis docentes por compartir sus conocimientos y dejar plantados en cada uno de los estudiantes, en especial a la Ing. Maritza Vaca e Ing. Manuel Almeida que con sus conocimientos y experiencia han sido un gran apoyo en la realización de mi trabajo de titulación y finalmente agradecer a todas las personas quienes me ayudaron de una u otra manera, en especial a mis amigos quienes han sido parte de mi vida estudiantil con quienes he compartido experiencias bonitas y que a pesar de nuestras diferencias no nos hemos abandonado y sobre todo por apoyarnos en las buenas y en las malas.

Mayra

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Situación actual de los camélidos sudamericanos.....	3
1.1.1. <i>Población de camélidos sudamericanos a nivel mundial.....</i>	3
1.1.2. <i>Población de camélidos sudamericanos en América del Sur.....</i>	3
1.1.3. <i>Población a nivel nacional.....</i>	4
1.2. Alpaca.....	4
1.2.1. <i>Distribución de las alpacas a nivel mundial y nacional.....</i>	4
1.2.2. <i>Generalidades de la alpaca.....</i>	5
1.2.3. <i>Características de la alpaca.....</i>	6
1.2.3.1. <i>Características morfológicas.....</i>	6
1.2.3.2. <i>Características etológicas.....</i>	6
1.2.3.3. <i>Características reproductivas.....</i>	6
1.2.4. <i>Razas de alpacas.....</i>	6
1.2.4.1. <i>Huacaya.....</i>	6
1.2.4.2. <i>Suri.....</i>	7
1.3. Fibra de Alpaca.....	7
1.3.1. <i>Producción de la fibra de alpaca.....</i>	8
1.3.2. <i>Clasificación de la fibra de alpaca.....</i>	8
1.3.3. <i>Características de la fibra de alpaca.....</i>	9
1.3.4. <i>Propiedades físicas de la fibra de alpaca.....</i>	9
1.4. Eucalipto.....	10
1.4.1. <i>Generalidades del eucalipto (Eucalyptus globulus).....</i>	10
1.4.2. <i>Origen y distribución geográfica del eucalipto.....</i>	10
1.4.3. <i>Descripción botánica.....</i>	11
1.4.4. <i>Usos del eucalipto.....</i>	12

1.4.5.	<i>Flavonoides y Taninos presentes en el eucalipto</i>	12
1.4.5.1.	<i>Flavonoides</i>	12
1.4.5.2.	<i>Taninos</i>	12
1.5.	Colorantes	13
1.5.1.	<i>Colorantes naturales</i>	13
1.5.1.1.	<i>Colorantes naturales según su origen</i>	13
1.5.1.2.	<i>Colorantes naturales según su comportamiento en el tinturado</i>	14
1.5.2.	<i>Colorantes artificiales</i>	14
1.6.	Teñido	14
1.6.1.	<i>Etapas del teñido de la fibra de alpaca</i>	15
1.6.2.	<i>Principales factores que intervienen en el tinturado</i>	16
1.6.2.1.	<i>pH</i>	16
1.6.2.2.	<i>Temperatura</i> ´	16
1.6.2.3.	<i>Tipo de mordiente</i>	16
1.6.3.	<i>Mordientes</i>	16
1.6.3.1.	<i>Características de los mordientes</i>	17
1.6.3.2.	<i>Aplicación de los mordientes en el teñido</i>	17
1.6.3.3.	<i>Piedra alumbre</i>	18
1.7.	Evaluaciones en el tinte	18
1.7.1.	<i>Índice de refracción</i>	18
1.7.2.	<i>pH</i>	19
1.8.	Evaluaciones del hilo tinturado	19
1.8.1.	<i>Solidez a la luz</i>	19
1.8.2.	<i>Resistencia a la tensión</i>	20
1.8.3.	<i>Porcentaje de elongación</i>	20
1.9.	Norma ISO 12647	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	22
2.1.	Localización y duración del experimento	22
2.2.	Unidades experimentales	22
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	22
2.3.1.	<i>Materiales</i>	22
2.3.2.	<i>Equipos</i>	23
2.3.3.	<i>Insumos</i>	23
2.3.4.	<i>Instalaciones</i>	23

2.4.	Tratamiento y diseño experimental	23
2.5.	Mediciones experimentales	24
2.5.1.	<i>En el tinte de eucalipto</i>	24
2.5.2.	<i>En el hilo de fibra de alpaca tinturada</i>	24
2.5.3.	<i>Análisis económico</i>	25
2.6.	Análisis estadístico y prueba de significancia	25
2.7.	Proceso experimental	25
2.7.1.	<i>Teñido</i>	25
2.7.1.1.	<i>Obtención del tinte</i>	26
2.7.1.2.	<i>Mordentado del hilo</i>	26
2.7.1.3.	<i>Tinturado del hilo con eucalipto</i>	26
2.8.	Metodología de evaluación	26
2.8.1.	<i>Índice de refracción</i>	26
2.8.2.	<i>pH</i>	27
2.8.3.	<i>Propiedades físicas</i>	27
2.8.3.1.	<i>Solidez a la luz</i>	27
2.8.3.2.	<i>Resistencia a la tensión y porcentaje de elongación</i>	28
2.8.4.	<i>Mediciones económicas</i>	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
3.1.	Comparación de los colores obtenidos de los hilos tinturados con hojas, corteza y aserrín de eucalipto.	30
3.2.	Evaluación fisicoquímica del tinte de las diferentes partes de eucalipto.	31
3.2.1.	<i>Índice de refracción</i>	31
3.2.2.	<i>pH</i>	32
3.3.	Determinación de las propiedades físicas de la fibra de alpaca teñida con las diferentes partes de eucalipto.	33
3.3.1.	<i>Resistencia a la tensión</i>	34
3.3.2.	<i>Porcentaje de elongación</i>	34
3.3.3.	<i>Solidez a la luz</i>	35
3.4.	Beneficio costo del tinturado del hilo de fibra de alpaca	36
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES	38

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Población de camélidos sudamericanos en América del sur	4
Tabla 1-2: Distribución de alpacas por país.....	4
Tabla 1-3: Taxonomía de la Alpaca.....	5
Tabla 1-4: Clasificación de la fibra de alpaca.....	8
Tabla 1-5: Taxonomía del Eucalipto.....	10
Tabla 1-6: Mordientes utilizados en el tinturado	17
Tabla 1-7: Resistencia a la tensión y porcentaje de elongación de la fibra de alpaca.....	21
Tabla 2-1: Esquema del experimento.....	24
Tabla 2-2: Esquema del ADEVA.....	25
Tabla 2-3: Valoración de la escala de grises.....	28
Tabla 3-1: Descripción de colores de los hilos tinturados con eucalipto.....	30
Tabla 3-2: Caracterización fisicoquímica en el tinte con partes de eucalipto.....	31
Tabla 3-3: Caracterización del hilo de la fibra de alpaca tinturada con partes de eucalipto.....	33
Tabla 3-4: Análisis económico del hilo de fibra de alpaca	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Evolución de camélidos sudamericanos a nivel mundial 2009-2013.	3
Ilustración 1-2: Alpacas raza huacaya.....	7
Ilustración 1-3: Alpaca raza suri	7
Ilustración 1-4: Árbol de Eucalipto	11
Ilustración 1-5: Etapas de tinturado.....	15
Ilustración 3-1: pH del tinte obtenido de las diferentes partes de eucalipto.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL TINTE.

ANEXO B: ESTADÍSTICA DEL PH DEL TINTE OBTENIDO DE EUCALIPTO.

ANEXO C: ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL EUCALIPTO.

ANEXO D: ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL EUCALIPTO.

ANEXO E: ESTADÍSTICA DE LA SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL EUCALIPTO.

ANEXO F: TEÑIDO DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA CON PARTES DE EUCALIPTO.

ANEXO G: PRUEBAS DE PH E ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN LOS TINTES.

ANEXO H: RESISTENCIA A LA TENSIÓN, ELONGACIÓN Y SOLIDEZ A LA LUZ.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue obtener tintes de hojas, corteza y aserrín de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para el teñido del hilo de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*). El estudio se realizó en el laboratorio de fibras agroindustriales de la facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, la fibra esquilada se adquirió de la estación experimental Aña Moyocancha, la misma que posteriormente fue procesada hasta la obtención y tinturado del hilo. En el proceso de tinturado se utilizaron 15 unidades experimentales y cada una de ellas con un tamaño de 200 gramos de hilo de fibra de alpaca, distribuidas bajo un diseño complementario al azar (DCA) con 3 tratamientos experimentales Tratamiento 1: hojas de eucalipto + piedra alumbre, Tratamiento 2: corteza de eucalipto + piedra alumbre y Tratamiento 3: aserrín de eucalipto + piedra alumbre. Las variables de estudio en el tinte fueron el índice de refracción y pH, mientras que en el hilo tinturado se evaluó resistencia a la tensión (N/cm²), elongación (%), solidez a la luz (puntos) y beneficio costo. Los análisis fisicoquímicos del tinte reportaron valores que no difieren estadísticamente en el índice de refracción (1,30 y 1,36) mientras que el mejor pH se obtuvo con el aserrín (3,74). En las pruebas físico-mecánicas de resistencia a la tensión (7974 y 9323,27 N/cm²), elongación (30 y 33,14%) y solidez a la luz (4,8 y 5 puntos) no presentaron diferencias entre los tratamientos. Además, se registró una mayor respuesta económica al tinturar con aserrín de eucalipto con un beneficio costo de \$1,17. Se concluye que las partes del eucalipto como tinte natural son eficientes en el teñido ya que no influyeron en las características del hilo y se recomienda investigar otros mordientes que puedan ser aplicados junto con el eucalipto para aumentar la gama de colores.

Palabras clave: <ALPACA (*Vicugna Pacos*)>, <EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)>, <PIEDRA ALUMBRE>, <IMPACTO AMBIENTAL>, <TINTE NATURAL>, <SOLIDEZ DE LA LUZ>, <RESISTENCIA LA TENSIÓN>.



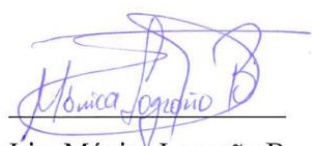
5-10-2023

1800-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

This research aimed to obtain dyes from eucalyptus leaves, bark, and sawdust (*Eucalyptus globulus*) for dyeing alpaca fiber (*Vicugna pacos*). The study was conducted in the Agro-Industrial Fiber Laboratory of the Faculty of Animal Sciences at ESPOCH. The sheared alpaca fiber came from the Aña Moyocancha experimental station and was subsequently processed to obtain and dye the yarn. In the dyeing process, 15 experimental units were used, each one comprising 200 grams of alpaca fiber yarn, distributed under a completely randomized design (CRD) with three experimental treatments: Treatment 1: eucalyptus leaves + alum, Treatment 2: eucalyptus bark + alum, and Treatment 3: eucalyptus sawdust + alum. The study variables for the dye were refractive index and pH. The variables considered for the dyed yarn were tensile strength (N/cm²), elongation (%), lightfastness (points), and cost-benefit. The physicochemical analyses of the dye reported refractive index values that did not differ statistically (1.30 and 1.36), while the best pH resulted from sawdust (3.74). In the physical-mechanical tests, tensile strength (7974 and 9323.27 N/cm²), elongation (30 and 33.14%), and lightfastness (4.8 and 5 points) showed no differences among the treatments. Also, the findings reported a higher economic response when dyeing with eucalyptus sawdust, with a cost-benefit ratio of \$1.17. It is concluded that eucalyptus parts, as natural dyes, are efficient in dyeing as they do not influence the characteristics of the yarn. It is recommended to study other possible mordants to be used with eucalyptus to expand the colour range.

Keywords: <ALPACA (*Vicugna Pacos*)>, <EUCALYPTUS (*Eucalyptus globulus*)>, <ALUM>, <ENVIRONMENTAL IMPACT>, <NATURAL DYE>, <LIGHTFASTNESS>, <TENSILE STRENGTH>.



Lic. Mónica Logroño B.

060274953-3

INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos resultan ser un medio de sustento para los productores de los países andinos centrales de Sudamérica, quienes se dedican a la crianza, mantenimiento y el aprovechamiento de las fibras producidas por estas especies (Quispe et al., 2009, p.2), de los cuatro camélidos se cita a la alpaca, especie que es considerada de alto valor textil ya que cuenta con una fibra especial pues tiene características de suavidad, textura, calidez, resistencia, capacidad hipoalergénicas además que posee 22 colores naturales; las características mencionadas marcan la diferencia frente a otras fibras como la mohair, cashmere, razón por la cual la fibra de alpaca se ha convertido en la más solicitada en la industria textil a partir de la cual se pueden elaborar artículos de lujo por la diversidad de colores (Azabache et al., 2021, p.2).

A pesar de adquirir colores naturales de la fibra de alpaca, la demanda de los textiles, exige a las industrias dar nuevos colores a las lanas y fibras; por lo que la utilización de los colorantes naturales se ha ido fortaleciendo en la población textil, esto por la necesidad de salvaguardar el medio ambiente y la salud de las personas. No se conoce con precisión la fecha en que iniciaron a usar los tintes naturales para dar color a sus prendas (Palacios et al., 2021, p.2), pero se sabe que desde el periodo Formativo (3500 a.C.) la población ecuatoriana realizaba técnicas de tinturado razón por la cual, las mantas de lana que se exportaban al “viejo mundo” resultaban atractivos por su variedad e intensidad de color, esto se debía principalmente al carmín que es extraído de la cochinilla (Palacios & Ullauri, 2020, p.51).

En el año 1856, la aparición del primer colorante sintético descubierto por Willian Henry Perkin provocó que los colorantes naturales dejen de utilizarse por lo que en la actualidad sus usos son casi olvidados; no obstante, estos tintes siguen siendo evidencia de cultura y tradición de la población, además de no causar impactos negativos al ambiente, por lo que es necesario que estas técnicas ancestrales de tinturado natural sean revalorizadas de esta manera también rescatar los conocimientos ancestrales. Entre las plantas más utilizadas en el teñido natural se encuentran el nogal, chilca, molle, retama, mora de castilla, así como también la cochinilla (insecto), ya que estos colorantes presentan mayor compatibilidad con las fibras de origen animal como la fibra de alpaca, lana de oveja y seda (Palacios & Ullauri, 2020, p.51).

Por otro lado el eucalipto también resulta ser una fuente de obtención de tinte natural, este árbol es originario de Australia que puede superar los 43 metros de altura, presenta hojas de color verde claro y alargadas, un tronco en el cual su corteza es de 3 cm de grosor, uno de los principales usos del eucalipto es como antimicrobiana, analgésica, antibacteriana, antiinflamatoria y su tronco es utilizado para la obtención de madera y fabricación de papel (Anchaluisa, 2013, p.16); el contenido

de taninos y flavonoides presentes en el eucalipto favorecen para el proceso de tinturado de fibras y lanas, es por ello que en el presente trabajo se desea realizar el teñido de la fibra de alpaca utilizando diferentes partes del eucalipto, contribuyendo a un tinturado alternativo al uso de los colorantes sintéticos.

Con los antecedentes mencionados el objetivo general de esta investigación fue:

- Obtener tintes de las hojas, corteza y aserrín de la planta de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para el teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*).

Y los objetivos específicos establecidos son:

- Evaluar el índice de refracción y pH del tinte de las diferentes partes de eucalipto.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas de resistencia, elongación y solidez a la luz del hilo de fibra de alpaca teñida con las diferentes partes de eucalipto.
- Establecer que parte de la planta de eucalipto presenta mejor resultado de tinturado en el hilo de fibra de alpaca.
- Calcular el beneficio costo del hilo de fibra de alpaca tinturada con las diferentes partes de la planta de eucalipto.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Situación actual de los camélidos sudamericanos

1.1.1. Población de camélidos sudamericanos a nivel mundial

Actualmente los camélidos sudamericanos incluyen a la alpaca (*Vicugna pacos*) y a la llama (*Lama glama*) como especies domésticas, al guanaco (*Lama guanicoe*) y vicuña (*Vicugna vicugna*) como especies silvestres. En cuando a la población de los camélidos durante los últimos cinco años no se registran estudios realizados, pero se conoce que en el año 2013 mediante un censo realizado por la FAO se registró 8.837.069 animales (ver ilustración 1-1), de este total, américa del sur tiene más del 96% de la población, principalmente Perú con 5.502.942 ejemplares y Bolivia con 2.986.044 camélidos sudamericanos (Córdova, 2015, p.4). El interés por los camélidos sudamericanos en otros países se ha incrementado principalmente por las llamas y alpacas, esto países incluyen a Estados Unidos, Nueva Zelanda, Australia, Canadá, países europeos como Reino Unido, Francia, Italia y Alemania, donde son utilizados para la producción de fibra o como animales de compañía (Pinto, et al., 2010).

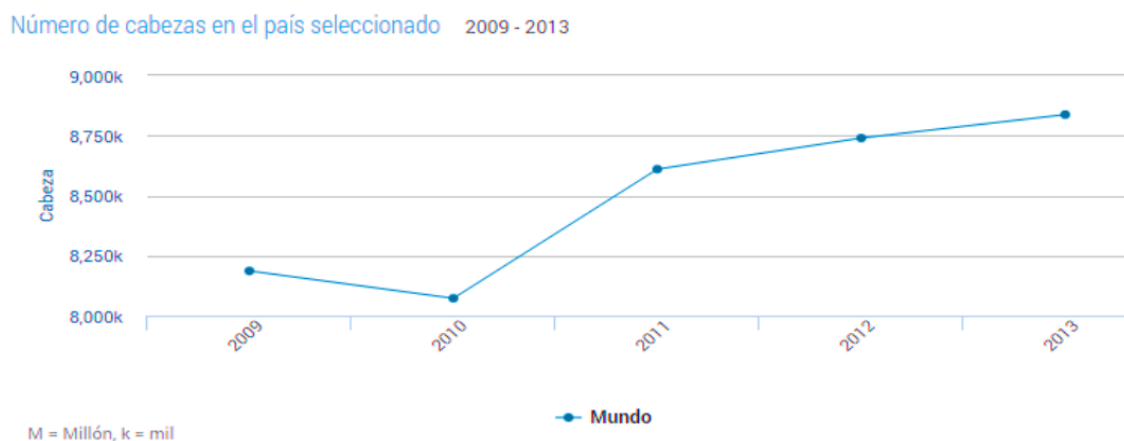


Ilustración 1-1: Evolución de camélidos sudamericanos a nivel mundial 2009-2013.

Fuente: (FAO, 2014, citado en Córdova, 2015)

1.1.2. Población de camélidos sudamericanos en América del Sur

De los cuatro camélidos Sudamérica, tres (alpaca, llama y vicuña) habitan las zonas altoandinas de Sudamérica sobre los 4000 msnm, mientras que la mayoría de guanacos habitan en la región

patagónica de Argentina y Chile (extremo sur del continente). Los países que representan a los camélidos sudamericanos se describen a continuación en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1: Población de camélidos sudamericanos en América del sur

País	Camélidos sudamericanos			
	Alpaca	Llama	Vicuña	Guanaco
Perú	3.000.000	1.000.000	200.000	3.810
Argentina	No hay reportes	200.000	32.000	460.000
Chile	38.000	69.972	11.002	62.000-66.000
Ecuador	6.595	10.286	7.185	0
Bolivia	520.00	2.500.000	13.692	400

Fuente: (Béjar, 2006) (FAO, 2005)

Realizado por: Sánchez, Mayra, 2023.

1.1.3. Población a nivel nacional

Según los estudios de la FAO (2005), el Ecuador cuenta con 6.595 alpacas, 10.286 llamas, 2.455 vicuñas y no se reporta la existencia de guanacos, siendo Cotopaxi la provincia con mayor población de alpacas (3.400) y Bolívar la provincia con mayor población de llamas (2.750). Por otra parte, Chimborazo es la provincia que prevalece con la presencia de vicuñas según el censo poblacional realizado en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo cuenta con 5.989 ejemplares (MAE,2014) para el 2016 la población aumento a 7.185 vicuñas.

1.2. Alpaca

1.2.1. Distribución de las alpacas a nivel mundial y nacional

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) para el 2018, la población de alpacas ascendió a más de 6 millones, como se observa en la Tabla 1-2, Perú es el país de mayor población (71,7%), seguido de Bolivia (8,6%), Australia (8,2%), Estados Unidos (5,8%), Europa (2,5%), etc.

Tabla 1-2: Distribución de alpacas por país

País	Nº de alpacas	%
Perú	4.350.000	71,7
Bolivia	520.000	8,6
Australia	500.000	8,2
EEUU	350.000	5,8
Países europeos	150.000	2,5
Canadá	55.000	0,9
Nueva Zelanda	45.000	0,7

Chile	38.000	0,6
China	12.000	0,2
Sudáfrica	10.000	0,2
Ecuador	6.595	0,1
Israel	5.000	0,1
Demás países	25.000	0,4
Total	6.066.000	100

Fuente: (MINAGRI-DGPA-DEEIA; citados en Contreras, 2019)

Realizado por: Sánchez, Mayra, 2023.

La población de alpacas en el Ecuador es de 6.595 según los datos reportados por la FAO (2005), de los cuales 3.500 corresponden a la provincia de Cotopaxi, 1.816 alpacas a la provincia de Pichincha, Cañar con 654 alpacas y Chimborazo registra 480 animales.

1.2.2. Generalidades de la alpaca

La alpaca (*Vicugna pacos*) es un camélido doméstico, forma parte de los artiodáctilos y tilópodos que son animales que se caracterizan porque sus patas anteriores y posteriores terminan en dos dedos y poseen una almohadilla lo que evita que arruinen el césped, poseen dientes inferiores y una almohadilla dental superior por lo cual no arrancan de raíz las plantas. Esta especie se adapta con facilidad a la mayoría de climas del mundo tiene cualidades especiales dentro de ellas la producción de la fibra que es considerada una de las fibras de origen animal más fina y lujosa del mundo, su carne debido al bajo contenido de grasa tiene un alto valor nutritivo, además por sus características en la piel es muy apreciado en la industria del cuero (Contreras, 2019, p.5). La alpaca presenta dos variedades la huacaya y la suri, la primera se caracteriza por el rizado de su fibra con apariencia esponjosa, mientras que la fibra de la alpaca suri es de aspecto lacio y largo.

En la Tabla 1-3 se detalla la clasificación taxonómica de la alpaca:

Tabla 1-3: Taxonomía de la Alpaca

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrado
Clase	Mamífero
Orden	Artiodáctilos
Suborden	Tilópodos
Familia	Camélidos
Tribu	Lamini
Género	Vicugna
Especie	Vicugna pacos

Fuente: Sepúlveda, 2011, p.9

Realizado por: Sánchez, Mayra, 2023.

1.2.3. Características de la alpaca

1.2.3.1. Características morfológicas

El peso de la alpaca es aproximadamente de 65 kg en un macho adulto y 60 kg la hembra adulta por lo que la altura del suelo a la base de la cola en el macho varía de 1,3 a 1,5 m y en la hembra de 1,3 a 1,4 ms; su cabeza es pequeña, ligeramente triangular con ojos que sobresalen, su labio superior se divide por la mitad; el cuello es largo, delgado con una ligera curvatura hacia adelante; el cuerpo está cubierto por vellón, con una longitud de 80 a 90 cm y de 20 a 25 cm el ancho del tórax, las medidas del cuerpo según la raza y el sexo no difieren con excepción del perímetro torácico, siendo más amplio en las hembras; las extremidades son proporcionales y fuertes con un buen desarrollo de los músculos cubiertas de vellón hasta las rodillas a partir de esto está cubierta por pelos finos y cortos, cada extremidad tiene un par de dedos con una almohadilla (Contreras, 2015, p.15).

1.2.3.2. Características etológicas

La alpaca es un animal social que vive en grupos, se considera una especie dócil, inteligente, curioso, observador, pero sobretodo cauteloso, pues pone en alerta a la manada haciendo inhalaciones agudas y ruidosas, pueden patear y escupir cuando están angustiadas o se sienten amenazadas, este camélido es un corredor hábil, pero en condiciones de relajación es silenciosa y tranquila (Contreras, 2015, p.15).

1.2.3.3. Características reproductivas

Un macho puede aparearse en cualquier época del año con varias alpacas hembras, el acto de apareamiento puede durar de 5 minutos a más de una hora, la gestación por lo general dura de 242 a 345 días por lo que solo tienen una cría al año, las crías son alimentadas hasta los 6 meses con leche materna. Un macho está listo para aparearse entre 1 y 3 años de edad, mientras que una hembra estará madura física y mentalmente entre uno y dos años (Contreras, 2015, p.16).

1.2.4. Razas de alpacas

1.2.4.1. Huacaya

Este tipo de alpaca se caracteriza por su mayor talla que la raza suri, su vellón es esponjoso y su fibra crece de manera perpendicular al cuerpo, las fibras son más cortas y esponjosa como se

observa en la Ilustración 1-2. En Bolivia el 95% de su hábitat son de esta raza ya que resisten de mejor manera a las condiciones climáticas (Compendio Agropecuario, 2012, p.137).



Ilustración 1-2: Alpacas raza huacaya

Fuente: (Sánchez, 2023)

1.2.4.2. *Suri*

En la alpaca suri la fibra cuelga libremente en el cuerpo que se adhiere a los lados del animal, convirtiéndose en un abrigo sedoso (Contreras, 2019, p.15). Son más pequeñas que la raza anterior y al ser menos resistentes a las condiciones climáticas suelen enfermarse con facilidad (Sepúlveda, 2011, p.13). El vellón se forma por mechadas más largas, ordenadas en rulos lacios paralelos a su cuerpo, es más fino, pesado y brillante.



Ilustración 1-3: Alpaca raza suri

Fuente: (Trinidad, 2023)

1.3. Fibra de Alpaca

La fibra es el pelo que cubre el cuerpo de la alpaca, presenta una gran variedad de colores siendo estos 22 naturales y más de 65 tonalidades intermedias (Contreras, 2019, p.24), está constituida por fibras finas y gruesas. La fibra de la alpaca huacaya se encuentra en mayor cantidad y mayores tonalidades de colores, es sedosa, rizada y esponjosa; mientras que la alpaca suri presenta una

fibra lacia, sedosa, lustros y brillante (Aguilar, 2012, p.7). Químicamente es una estructura proteica compuesta principalmente por una proteína compleja, fibrosa y protectora llamada queratina (Illa & Tairo, 2015, pp.4-5).

1.3.1. Producción de la fibra de alpaca

La producción de fibra esta expresada en peso del vellón, la misma que está influenciada por la raza, sexo y principalmente por la edad de los animales, por lo que (Quispe et al., 2009, p.31) establece que los animales adultos producen vellones de menor peso que las alpacas jóvenes, es así que (Bustinza, 2001, citado en Quispe et al., 2013, p.11) registra pesos de 1,15 kg en vellones de alpacas de 10 meses, esto se incrementa hasta los 2,0 kg a la edad de 4 años, de ahí en adelante la incrementación será lenta llegando a pesos de 2,11 a 2,17 kg. En relación al sexo, se han encontrado que los vellones de las hembras son menos pesados que las alpacas machos registrando un peso promedio de 1,57 kg en hembras y 2,36 kg en machos (Castellaro et al., 1998; p.509), esta diferencia de pesos se debería a la superficie corporal del animal y del estado fisiológico de las hembras ya que en estado de gestación y lactancia la producción de la fibra disminuye en un 17% (Franco y San Martín, 2007; citados en Quispe, 2013).

1.3.2. Clasificación de la fibra de alpaca

En el Ecuador se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2852 para realizar la clasificación de la fibra de alpaca como se describe en la Tabla 1-4:

Tabla 1-4: Clasificación de la fibra de alpaca

Longitud y Finura de la fibra	Aplicación de la fibra	Contenido de grados de fibra
a) Grado baby alpaca b) Grado alpaca fleece c) Grado médium fleece d) Grado huarizo e) Grado gruesa f) Grado corta	a) Clase P: Fibra de alpaca apta para hilatura de fibra peinada y semipeinada: - Grado baby alpaca - Grado alpaca fleece - Grado alpaca médium fleece. b) Clase C: Fibra de alpaca apta para hilatura de fibra cardada, sus variantes y no tejidos: - Grado huarizo - Grado gruesa - Grado corta.	a) Tipo extra fino AA b) Tipo fino A c) Tipo semifino B d) Tipo grueso C.

Fuente: (NTE INEN 2852, 2015, p.3)

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

1.3.3. Características de la fibra de alpaca

La fibra reúne características que la hacen especial a comparación de las demás fibras:

- Posee 22 colores naturales y una mezcla de estas se puede obtener una infinidad de colores naturales.
- Fibra fuerte y resistente, tres veces más fuerte que la lana de oveja y siete veces más caliente.
- Contiene bolsas de aire microscópicas, obteniendo prendas ligeras de peso y térmicas.
- Es suave y delicada al tacto debido a la estructura celular de la fibra.
- Mantiene su brillo natural luego de ser teñida.
- La fibra de alpaca produce un alto porcentaje de fibra limpia después de ser procesada (Pazos, 2017, p.19).

1.3.4. Propiedades físicas de la fibra de alpaca

(Zárate, 2012, pp.5-7) describe las siguientes propiedades físicas que presenta la fibra de alpaca:

- Diámetro: define el grosor, finura o calibre de la fibra, de esto dependerá su uso, generalmente los hilados y tejidos finos son realizados con fibras finas y las fibras gruesas usados para tejidos más toscos.
- Longitud de mecha: se mide en cm y se recomienda que la mecha tenga de 8 a 10 cm para que la alpaca pueda ser esquilada, la mayor longitud se obtiene en la primera esquila
- Rizamiento: es el número de ondulaciones que presenta la fibra, influye en la elasticidad o elongación y torsión del hilo.
- Resistencia o tenacidad: es la fuerza que la fibra soporta al ser estirada sin que se rompa, los factores externos e internos como la edad, enfermedades cutáneas, parásitos, gestación, alimentación y el clima afectan la resistencia de la fibra.
- Brillo o lustre: indica la coloración normal de la fibra, las fibras blancas como signo de crecimiento normal deben presentar brillo y un mínimo daño ambiental.
- Suavidad al tacto: representado por la plasticidad y elasticidad de las fibras, las fibras con mayor suavidad al tacto serán de aquellas alpacas que fueron criadas con buena alimentación y limpieza.
- Grasa: es uno de los componentes naturales del vellón de la alpaca, su contenido es de $\pm 6\%$.
- Higroscopicidad: es la capacidad que tiene la fibra para absorber vapor de agua hasta un 50% de su peso y perderla en una atmósfera seca.

- Propiedad térmica: la fibra actúa como un aislante térmico y mantiene la temperatura corporal en sus niveles normales, el volumen y la superficie esponjosa del tejido son factores que intervienen en esta propiedad.

1.4. Eucalipto

1.4.1. Generalidades del eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

Es un árbol que se adapta con facilidad y de un rápido crecimiento, cuya madera es pesada y fácil de aserrar, desarrolla fustes rectos, proporciona leña de alto valor calorífico, es utilizado para la reforestación y tiene gran potencial en el manejo de sistemas agroforestales (Guzmán & Henríquez, 2007, p.28). Es una especie de rápido crecimiento con alta capacidad de rebrote, siendo para los pequeños productores de leña o madera una gran alternativa, la madera obtenida en el mercado local es muy fina y muy cotizada, en el mundo, así como también en la sierra ecuatoriana es la especie forestal más plantada (Ecuador Forestal, 2010, p.1).

La clasificación taxonómica del eucalipto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1-5: Taxonomía del Eucalipto

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	Eucalyptus
Especie	Eucalipto globulus Labill
Nombre Vulgar	Eucalipto

Fuente: (Ayala, 2014, p.14)

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

1.4.2. Origen y distribución geográfica del eucalipto

Los rodales naturales del eucalipto están restringidos a la costa oriental de Australia, entre los 7°C y 26°C de latitud sur (Guzmán & Henríquez, 2007, p.28), esta planta es cultivada en Brasil, Uruguay, Argentina, Chile, Perú, Estados Unidos, África del Sur, Rhodesia, Angola, Kenia, Portugal, Países Mediterráneos, India, etc. El rango óptimo para el crecimiento del eucalipto va desde los 1800 hasta 2700 msnm, en ambientes con poca niebla, con suelos fértiles y con precipitación entre 500

y 1000 mm, en suelo pobres de fosforo, calcio y boro los árboles presentan las hojas rojizas, tallos delgados y secos (Mejía & Moscoso, 2010, p.3).

El eucalipto (*Eucalyptus globulus*), especie originaria del país australiano, durante la presidencia de Gabriel García Moreno fue introducido en el Ecuador, según la FAO el eucalipto fue sembrado principalmente sobre la meseta central entre los 1800 y 3000 m, pero en las localidades entre 2000 y 2900 m el crecimiento es mejor (Anchaluisa, 2013, p.16).

1.4.3. Descripción botánica



Ilustración 1-4: Árbol de Eucalipto

Fuente: (Everton & Pereira, 2022, p.12)

De acuerdo con (Ecuador Forestal, 2010, p.12) el eucalipto es un árbol monoico que llega a superar los 43 metros de altura y tiene una corteza con un grosor de 3 cm la cual se desprende cuando la planta madura, dejando una segunda corteza lisa, esta especie presenta las siguientes características:

- **Hojas:** Las jóvenes son opuestas, sésiles, de base cordada y de un color gris-azulado con una longitud de 8-15 cm y de ancho 4-8 cm; mientras que las adultas son alternas, pecioladas, con la base cuneada, de una longitud de 15-25 cm y con el ápice acuminado. Las hojas desprenden un olor fuerte a limón.
- **Flores:** Axilares, en grupos de 2-3 con numerosos estambres de color blanco.
- **Fruto:** En cápsula y se presenta en forma de campana de color glauco y cubierta de un polvo blanquecino.
- **Semillas:** Las semillas fértiles son negras, rugosas y más grandes a diferencia de las demás semillas, 1 kilogramo corresponde a 280000 semillas.

1.4.4. Usos del eucalipto

El eucalipto es antiséptico y anti fúngico que tiene una acción antiinflamatoria y antiespasmódica, la actividad antimicrobiana de esta planta se debe a los componentes que presenta como son el 1,8 cineol, β cimeno, D-limoneno, α pineno, α terpineo. Las hojas contienen aceites esenciales que son utilizadas en la industria farmacéutica y cosmetológica en vaporizaciones, masajes y es recomendable su uso en casos de fiebre, tos y picaduras de insectos, además, el aroma de las hojas y corteza son un repelente de zancudos y mosquitos.

Otros de los usos del eucalipto son en la construcción y carrocerías, pues la madera aserrada se usa en la fabricación de revestimientos, carpintería y en la fabricación de muebles, postes y mangos de herramientas, la madera arde bien y deja poca ceniza por lo que produce un carbón de buena calidad, las astillas son utilizadas para la producción de papel (Ecuador Forestal, 2010, p.12).

1.4.5. Flavonoides y Taninos presentes en el eucalipto

En el eucalipto se encuentran taninos principalmente ácidos fenólicos entre ellos el gálico y caféico, resinas, etc. Además, tiene pigmentos flavonoides como el heterósido del quercetol (flavonol) y un heterópsido fenólico complejo, (Guzmán & Henríquez, 2007, pp.32-33). En las hojas los componentes activos son los taninos, ácidos polifenólicos, flavonoides, ceras (Ayala, 2013, p.16).

1.4.5.1. Flavonoides

En las plantas, los flavonoides son compuestos fenólicos, responsables del color de la mayoría de flores, frutos y hojas, también protegen al vegetal de los efectos nocivos de la radiación. Estos compuestos son pigmentos vegetales que por mucho tiempo han sido empleados como colorantes de lana, existen 4 grupos de colorantes flavonoides: flavonol, flavonona, calcona y antocianina, de los cuales en el eucalipto se encuentra principalmente flavonol, que se caracteriza por presentar tintes de color amarillo (Cano, 2007, pp.30-32).

1.4.5.2. Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos de origen vegetal, hidrosolubles que poseen sabor astringente y muy utilizados en la curtición de pieles, además proporcionan pigmentos amarillos y castaños oscuros (Palacios, 2022, p.22).

(Cano, 2007, pp.23-26) ha distinguido dos tipos de taninos:

- **Hidrolizables:** llamados gálicos o pirogálicos, en este grupo se encuentran los taninos gálicos (polímeros del ácido gálico) y taninos elágicos o elagitaninos.
- **Condensados:** llamados proantocianidinas, estos taninos se producen en el metabolismo normal de los vegetales y se encuentran ampliamente en el reino vegetal.

1.5. Colorantes

Son sustancias que se fijan por medio de una unión química o por absorción física, comúnmente a través de un medio acuoso, al material o sustrato al que es aplicado. En la industria textil el colorante debe tener la capacidad de unirse fuertemente a la fibra ya sea de origen animal o vegetal y no perder su color después del lavado, los colorantes de acuerdo a su composición química pueden ser inorgánicas que son de origen mineral llamado pigmento; y los orgánicos que son de origen animal y vegetal (Arias, 2018, p.19).

1.5.1. Colorantes naturales

También llamados tintes naturales, estas se extraen de plantas y animales que resultan útiles para el teñido de las fibras textiles. El uso de estos colorantes o tintes tienen como objetivo: reducir el uso de sustancias contaminantes, por ende, no agredir el ambiente, optimizar el tinturado con materiales ya sea de origen animal o vegetal que están a nuestro alcance, obteniendo colores atractivos (Pazos, 2017, p.20).

1.5.1.1. Colorantes naturales según su origen

- Colorantes naturales de origen vegetal: provenientes de las plantas, hongos y líquenes, estos tintes se pueden extraer de cualquier parte de la planta: raíces, bayas, cortezas, hojas, flores, tallos. Los colorante vegetales naturales se derivan en seis familias: antocianinas que son responsables de los colores rojo, anaranjado azul y purpura de las uvas, manzanas y fresas; bataleínicos de los cuales se puede identificar el color rojo y violeta de la planta de remolacha; carotenoides, presentan colores que varía desde amarillo pasando por anaranjado, hasta rojo oscuro; clorofílicos que son responsables del color verde de las plantas; flavonoides, se caracterizan por su color amarillo; taninos que tienen una gama que va desde colores amarillos hasta el castaño oscuro (Arias, 2018, pp.20-22).

- Colorantes naturales de origen animal: estos colorantes se pueden encontrar en menor cantidad, se puede obtener de insectos como el caso de la cochinilla que produce el color rojo en diferentes tonalidades, también de organismos marinos como la cañadilla de la que se extrae un color púrpura (Arias, 2018, p.20).

1.5.1.2. Colorantes naturales según su comportamiento en el tinturado

Estos colorantes se clasifican en tres grupos según (Marrone, 2015, citado en Rodas, 2021, p.21):

- Sustantivos o directos: estos tintes se obtienen de todas las especies que contengan taninos, son solubles en el agua, tiñen por inmersión del tejido, actúan en pH ácidos y por lo general no necesita la adición de mordientes
- Adjetivos: la mayoría de las especies tintóreas pertenecen a este grupo, presentan el mismo comportamiento del grupo anterior a diferencia de que estos tintes si necesitan mordientes para mayor efectividad en el tinturado.
- Colorantes tina: estos tintes son los obtenidos del añil e índigo, no son solubles en el agua, no tiñen las fibras, sino que la pinta, por lo tanto, actúan en pH alcalinos e involucran reacciones REDOX.

1.5.2. Colorantes artificiales

Son colorantes obtenidos mediante síntesis química a partir de derivados del petróleo, los tintes químicos en su composición tienen como base ftalatos, parabenos, perfumes y otras sustancias que al combinarse con el sudor puede llegar incluso a ser cancerígeno, por lo que estos tintes están preparados para resistir la luz, elevadas temperaturas, lavado y otros procesos de acabado y uso (Shagñay, 2021, p.2).

1.6. Teñido

Es un proceso químico en el que se añade un colorante a algún material, con la finalidad que el material obtenga un color diferente al original (Arias, 2018, p.24). Por otra parte, (Alonso, 2021, p.75) menciona que el teñido o tinturado es el proceso en el que la materia textil al estar en contacto con una solución de colorante, absorbe el color ofreciendo resistencia a la eliminación del mismo durante el lavado, a partir del cual establece dos principios fundamentales:

- La tintura es la penetración entre la fibra y el colorante, es decir la absorción de colorante al interior de la fibra.
- Si una fibra se destiñe con facilidad es que no ha sido teñida, por lo que debe ser un proceso de efecto durable.

1.6.1. Etapas del teñido de la fibra de alpaca

En base a (Ojeda, 2012; Carvallo, 2000; citados en Illa & Tairo, 2015, p.31-32) se establece cinco etapas (ver Ilustración 1-5) antes de que el colorante se una químicamente a la fibra, las mismas que se describen a continuación:

- **Disgregación:** las moléculas del colorante se mueven en el agua en sus formas miscelares o formando agregados moleculares que se someten a equilibrios fisicoquímicos, por lo tanto, la disgregación se da al romperse este equilibrio.
- **Difusión:** las moléculas disgregadas se dispersan en el agua.
- **Adsorción:** ocurre en la superficie de la fibra, estas moléculas de colorante son adheridas a la superficie de la fibra.
- **Difusión:** las moléculas presentes en la superficie de la fibra se difunden en el interior de la estructura macromolecular.
- **Fijación:** ocurre el establecimiento de los enlaces fibra-colorante, (Alonso,2021, p. 74) establece que en las fibras proteicas la fijación del colorante se debe a fuerzas electrostáticas (enlace iónico).

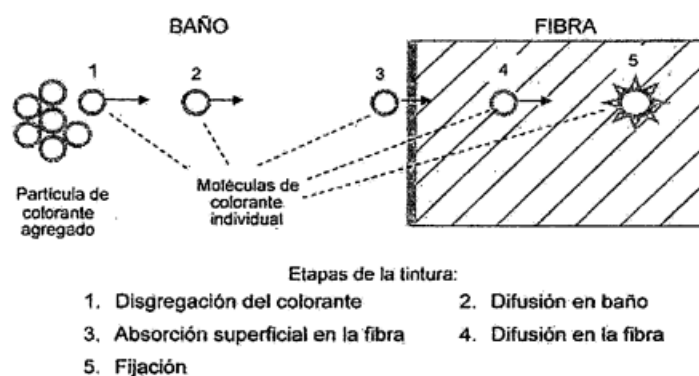


Ilustración 1-5: Etapas de tinturado

Fuente: (Carvallo, 2000)

1.6.2. Principales factores que intervienen en el tinturado

1.6.2.1. pH

La condición del pH medido en el baño tintóreo, repercute en la conducta del colorante lo que influye en la capacidad de teñido, intensidad y cambios de tonalidad del color obtenido en la fibra (Cegarra, 1981, citado en Illa &Tairo, 2020, p.34). La fibra puede soportar tinturar ácidas, esto por las propiedades químicas que presenta la fibra, por lo que todo aumento en la concentración de ácido la fijación del colorante será más rápida y mejor agotamiento del baño de tintura (Obando, 2013).

1.6.2.2. Temperatura´

Durante el teñido, este parámetro influye en el hinchamiento de la fibra, por lo que (Luna, 2015, p.30) ratificó que para lograr el hinchamiento de la fibra se debe alcanzar temperaturas de 40°C y 60°C, pero la absorción del tinte es bastante lenta. Además, las temperaturas elevadas al que se somete la fibra pueden destruir su escamosidad uniforme lo que altera su brillo (Obando, 2013, p.7). Por esta razón (García, 2021, p.54) estableció que la fibra a temperatura máxima de 80° C no sufre daños en su estructura. De la misma manera (Marrone, 2015, p.48) determinó que los hilos expuestos a elevadas temperaturas, afectan a la calidad y suavidad del mismo, volviéndose ásperas y quebradizas, por lo que recomienda como temperatura ideal 80°C.

1.6.2.3. Tipo de mordiente

El mordiente ayuda a fijar el colorante a la fibra, además que aumenta la resistencia del color frente a la luz y al lavado, además de fijar el color, hay mordiente que pueden modificar el color, dando más brillo u oscureciéndolos e incluso cambiar el color original en uno nuevo (Illa &Tairo, 2020, p.37).

1.6.3. Mordientes

Los mordientes pueden ser de origen natural o sintético (ver Tabla 1-6), estos facilitan la fijación del tinte durante el teñido de la fibra, mediante una fusión molecular con el colorante e impregnándose en el interior de la fibra, produciendo una unión química indisoluble, otorgando resistencia en el cambio de color, uniformidad y brillo (Pazos, 2017, p.24).

Tabla 1-6: Mordientes utilizados en el tinturado

Tipos de mordientes		
Origen mineral	Origen vegetal	Otros
Alumbre (Sulfato aluminico potásico)	Taninos	Vinagre
Sulfato de hierro, cobre y zinc	Tara	Ácido cítrico
Bicromato de potasio	Lengua de vaca	Limón
Sulfato de cromo	Quento o romaza	Cremor tártaro
Cloruro de estaño	Cenizas	
Hidrosulfito sódico	Lejías de plantas	
Bicarbonato de sodio	Pulque y chicha	
Carbonato de sodio		
Carbonato cálcico		
Hidróxido sódico		
Cloruro de sodio (sal de mesa)		
Salitre, cal		

Fuente: (Marrone, 2015, pp.23-24)

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

Para trabajar con colorantes naturales se recomienda utilizar solo algunos de los mordientes descritos anteriormente ya que son de fácil acceso e inofensivos para el ambiente y la salud humana, entre ellos están: alumbre, cremor tártaro, limón, ácido cítrico, vinagre de alcohol (Marrone, 2015, p.27).

1.6.3.1. Características de los mordientes

Según, (Moldovan, 2016, p.15) las principales características que presentan los mordientes son:

- Incrementar la fijación del colorante a fibra.
- Aumentar la solidez del colorante a la luz y resistencia al lavado.
- Aumentar tonalidades que se puede obtener del colorante de una sola planta.

1.6.3.2. Aplicación de los mordientes en el teñido

El mordiente se puede aplicar en el teñido en tres diferentes etapas:

- Baño directo: consiste en introducir directamente el mordiente al tinte, antes de tinturar el hilo, es el mordentado más utilizado y es recomendable para fibras proteicas (lana, alpaca, llama) puesto que estas fibras tienen gran afinidad hacia los colorantes naturales (Marrone, 2015, p.47).

- Premordentado: la fibra sin teñir es colocada en agua tibia la misma que contiene un mordiente, se deja calentar hasta ebullición por media a una hora, revolviendo constantemente.
- Posmordentado: la fibra teñida se coloca en agua tibia que contenga un mordiente, por lo general se usa para obtener colores secundarios (Pazos, 2017, p.24).

1.6.3.3. Piedra alumbre

La piedra alumbre o sulfato de aluminio y potasio es una piedra medio transparente que no altera los colores, se utiliza para todos los tipos de fibras naturales ya sea vegetales o animales, así como también se puede emplear con todo tipo de plantas y frutos (Pazos, 2017, p.26). Se caracteriza por ser un polvo blanco, seguro y fácil de usar ya que no es tóxico, proporciona además buena solidez a la luz, generalmente se usa con el crémor tártaro para otorgar a la fibra uniformidad y brillo (Moldovan, 2016, p.15). Del mismo modo (Alonso, 2015, citado en Palacios & Ullauri, 2020, p.51) establece que el alumbre produce una mejor reacción entre la estructura química de la fibra y el colorante por lo cual presenta mejor fijación del colorante, otorgándole luminosidad al material textil.

1.7. Evaluaciones en el tinte

1.7.1. Índice de refracción

Es un valor adimensional al dividir la rapidez de la luz en el vacío entre la rapidez de la luz en un cierto medio, esto se representa a través de un fenómeno que cuando la luz viaja de un medio a otro distinto cambia su dirección, rapidez y longitud de onda, pero conserva su frecuencia. El valor del índice de refracción es siempre mayor a 1 ya que la mayor rapidez se da en el vacío (Gutiérrez, 2016, p.32). El índice de refracción se utiliza como criterio de identificación de compuestos puros característico de cada líquido a una determinada temperatura, por lo general 20°C (Castro & Miranda, 2018, p.11). Se emplea para caracterizar los tintes, puesto que es atribuible a la presencia de sustancias capaces de refractar la luz.

Es así que (Férez et al., 2009, p.4) en su evaluación preliminar de la estabilidad de una tintura de Eucalipto registró 1,36 como índice de refracción en la tintura de eucalipto indicando que los compuestos extraídos en el alcohol utilizado en la extracción tienen la propiedad de refractar la luz.

1.7.2. pH

Es la medida para determinar la acidez de las distintas soluciones, el instrumento de medida se denomina potenciómetro, el pH 7 es neutro, mientras baja la acidez será mayor, por lo contrario, si el valor es mayor este será alcalino (Bermeo, 2016, p.25). En el proceso de tinturado (Cegarra, 1981; citado en Illa & Tairo, 2020, p.34) señala que el pH del baño tintóreo establece la conducta del colorante, por lo que influye en la capacidad del teñido, la intensidad y cambios de color en la fibra, además con el aumento del pH el agotamiento del baño es más rápido. Por otra parte (Marrone, 2015, p.32) establece que las lanas y fibras proteicas se tiñen mejor en pH ácidos, para colorantes naturales lo ideal es que se encuentren en un pH de 4 a 5, puesto que a mayor pH la fibra o lana tiende a degradarse, por lo contrario, una disminución del pH altera el color final del hilo, obteniendo tonos más débiles.

En la investigación realizada por (Palacios et al., 2021: p.3) sobre la evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales, midió el pH de los tintes para el cual, registrando en el tinte de la cochinilla un pH de 5,5, chilca 5, Killuyuyo 5,5, garau 5 y nogal 4,5; la relación del tinte fue de 50:1 con respecto al volumen de la fibra. En base a (Palacios & Ulluari, 2020: p.52) señaló en su estudio de revalorización de métodos ancestrales de tinturado natural en Loja y Azuay, la influencia del pH en los tintes utilizando jugo de limón estableciendo que al variar el pH a niveles ácidos obtuvo tonos más débiles, esto debido a el pH tiene influencia en la estabilidad y estructura de los colorantes ya que al añadir un modificador de color como el limón varía el pH del tinte dando como resultado tonos más claros. En la investigación realizada por (Férrandez et al., 2009: p. 5) obtuvo un pH de 4,81 en la tintura de eucalipto extraída con alcohol al 83%, teniendo un comportamiento ácido débil esto se debería a la presencia de flavonoides, saponinas, taninos y fenoles.

1.8. Evaluaciones del hilo tinturado

1.8.1. Solidez a la luz

Es la evaluación de la fibra tinturada a través de la exposición o la luz solar o luces fluorescentes, amarillas, con la finalidad de evaluar la resistencia de la fibra a la decoloración, es decir en qué momento pierde su tono original (Bermeo, 2016, p.25). La decoloración se por la lenta descomposición de los colorantes, principalmente por radiación ultravioleta (Shagñay, 2021, p.31). En la solidez a la luz intervienen diversos factores, entre los principales se menciona la temperatura del medio en que el artículo recibe la acción de la luz, la humedad del medio y clase de atmósfera (Illa & Tairo, 2020, p.46). Con respecto a esto (González, 2004, pp.66-71) determinó que los

colorantes absorben la energía radiante, si esta energía rompe los enlaces químicos del colorante presente en la fibra, provoca la degradación del color, además señala que a temperaturas elevadas, la velocidad de las reacciones aumentan, por ende aceleran la degradación de las fibras y colorantes e incluso la humedad (condensada o como rocío) junto con la radiación contribuyen a los cambios del color, debido a las fuerzas que intervienen durante su absorción o desorción.

1.8.2. Resistencia a la tensión

Es el máximo esfuerzo de tensión que puede soportar un material antes de llegar a su límite, es decir el esfuerzo que se aplica de una sola dirección a la fibra, esta es estirada para lograr medir cuanto resiste antes de romperse (Shagñay, 2021, p.27). La resistencia a la tensión se describe como la fuerza de tensión requerido para romper una cantidad de lana o fibra, los factores como el tipo de muestra y calibre de las fibras influyen en los resultados (Quispe et al., 2013, p.11), de igual manera (Illa & Tairo, 2015, p.19) en el tinturado de fibra de alpaca con carmín de cochinilla estableció que el hilado tiene como objetivo otorgar fuerza, resistencia y grosor al hilo; esta prueba de calidad permite conocer la afección que tiene el teñido sobre los hilados y evaluar si son aptos para la tejeduría y el acabado (Obando, 2013). Varios estudios establecieron la resistencia tensilar de la fibra de alpaca las mismas que fueron descritas en la Tabla 1-7.

1.8.3. Porcentaje de elongación

Representa la capacidad del hilo para poder estirarse frente a la aplicación de una fuerza unidireccional antes de romperse en su espesor (Shagñay, 2021, p.29), ya que de esto dependerá el uso final del hilo en la tejeduría, pues los hilos con limitada elongación dificultan en los tejidos planos y de punto por las constantes roturas, esta variable está en dependencia del grosor del hilo, entrecruzamiento y longitud de las fibras, etc. (Obando, 2013), el porcentaje de elongación es la longitud máxima que alcanza una fibra antes de romperse, cuando está sometida a la tracción y se mide en % en relación a su longitud original (Gil & Saldaña, 2007; citados en Chicaiza, 2018). A continuación, se detallaron estudios donde establecen el porcentaje de elongación de la fibra de alpaca:

Tabla 1-7: Resistencia a la tensión y porcentaje de elongación de la fibra de alpaca

Autor	Estudio	Extracto tintóreo	Resistencia a la tensión	%Elongación	Factores considerados
(Vaca et al., 2021)	Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la fibra de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>) de la Estación Experimental Tunshi	Ninguno	Fibra fina:590 N/cm ² Fibra gruesa: 2835,5 N/cm ²	Fibra fina:20% Fibra gruesa: 12%	Lavado de la fibra de alpaca con detergente.
(Huebla & Rea, 2019, p.32)	Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca	Remolacha	De 21000 a 2663,33 N/cm ²	47,50 % a 53,50%	Lavado de la fibra de alpaca con bicarbonato + sal en grano +detergente, pruebas realizadas en prendas terminadas, lo que se establece que son más resistentes a la rotura y tienden a estirarse mucho más.
(Guerra, 2022)	Tinturado de la fibra de alpaca utilizando diferentes partes de la planta de nogal (corteza, hojas y fruto)	Nogal	De 7311,90 N/cm ² a 30036,32 N/cm ²	De 27,72% a 33,08%	Establece que se los resultados se deben a la característica higroscópica de la fibra de alpaca y fibras entrecruzadas.
(Pila, 2021, p.35)	Tinte natural de guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>) en la aplicación de fibras animales	Guarango	14169,26 N/cm ² a 18635,12 N/cm ²	De 27% a 30,58%	Los resultados difieren por la finura del hilo, numero de hebras del hilo y el entrecruzamiento de las fibras.

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

1.9. Norma ISO 12647

La norma ISO 12647, es la estandarización de la industria gráfica donde se establece las especificaciones técnicas para la reproducción del color en las diferentes formas de impresión entre ellas la impresión offset, prensa, huecograbado, serigrafía, etc. También se especifican los valores y tolerancia para normalizar el proceso de impresión según su gramaje, brillo y blancura por su color, colorimetría de las tintas primarias, aumento de tonos, entre otros (Normativa ISO 12647). Los principales objetivos de esta norma son:

- Asegurar una reproducción total del color original.
- Mantener un nivel aceptable entre el color de prueba y el color impreso.
- En los procesos productivos el color debe ser comunicado correctamente.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El teñido del hilo de fibra de alpaca con diferentes partes del eucalipto se desarrolló en el Laboratorio de Fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Av. Panamericana Sur Km 1 ½, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo; este trabajo tuvo una duración de 60 días.

2.2. Unidades experimentales

Se utilizaron 3000 gramos de hilo de fibra de alpaca distribuidos en 3 tratamientos experimentales con 5 repeticiones cada una, por lo que se contó con 15 unidades experimentales y cada una de ellas con un tamaño de 200 gramos de hilo de fibra de alpaca.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

Los materiales, equipos e instalaciones utilizadas para el tinturado se detallan a continuación:

2.3.1. *Materiales*

- Machete
- Fundas plásticas
- Botas
- Guantes
- Mandil
- Mascarilla
- Ollas
- Cocina industrial
- Palo de madera
- Tijeras
- Termómetro
- Cronómetro
- Cilindro de gas

- Tela tul
- Recipientes´

2.3.2. Equipos

- Sacudidora
- Escarmenadora
- Cardadora
- Hiladora
- Balanza
- pH metro
- Refractómetro
- Dinamómetro
- Calibrador

2.3.3. Insumos

- Agua
- Detergente
- Planta de eucalipto (hojas, corteza, aserrín)
- Piedra alumbre

2.3.4. Instalaciones

- Laboratorio de fibras agroindustriales y laboratorio de curtiembre para las pruebas mecánicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias

2.4. Tratamiento y diseño experimental

El teñido del hilo de fibra de alpaca con diferentes partes del eucalipto (hojas, corteza y aserrín) fue evaluado, contando con 3 tratamientos experimentales y cada uno con 5 repeticiones como se observa en la Tabla 2-1:

Tabla 2-1: Esquema del experimento

Tinte de la planta de Eucalipto	Código	Repeticiones	TUE*	Total (gramos/trat.)
Hojas	T1	5	200	1000
Corteza	T2	5	200	1000
Aserrín	T3	5	200	1000
TOTAL (g)				3000

TUE*: Tamaño de la unidad experimental de 200 g de fibra de alpaca.

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

Las unidades experimentales fueron distribuidas bajo un diseño completamente al azar, donde se midió el efecto del tinte obtenido de las diferentes partes de la planta de eucalipto (hojas, corteza y aserrín) y que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + \gamma_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Media general

γ_i = Efecto de los tratamientos (tinte de las partes de la planta de eucalipto)

ε_{ij} = Efecto del error experimental

2.5. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales fueron las siguientes:

2.5.1. En el tinte de eucalipto

- Índice de refracción
- pH

2.5.2. En el hilo de fibra de alpaca tinturada

- Solidez a la luz, puntos
- Resistencia a la tensión, N/cm²
- Elongación, %

2.5.3. Análisis económico

- Costo de producción, dólares/Kg de fibra tinturada
- Beneficio/costo

2.6. Análisis estadístico y prueba de significancia

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza para las diferencias entre las medias (ADEVA).
- Comparaciones múltiples entre las medias, mediante la prueba de Tukey con una probabilidad de 0.05.

El esquema del ADEVA utilizado para el trabajo experimental se describe en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2: Esquema del ADEVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	14
Tratamientos (Tipo de tinte)	2
Error	12

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

2.7. Proceso experimental

2.7.1. Teñido

Para el teñido de los hilos de fibra de alpaca se aplicó la técnica ancestral de ebullición del material tintóreo, para lo cual se obtuvo colorantes naturales de las hojas, corteza y aserrín de eucalipto.

La cantidad que se utilizó para teñir 200 gramos de hilo de fibra de alpaca en forma de madejas se describe a continuación:

- 7 litros de agua.
- 800 gramos de hojas, corteza y aserrín.
- 20 gramos de piedra alumbre.

2.7.1.1. Obtención del tinte

La obtención del tinte consistió en someter el material vegetal (hojas, corteza y aserrín) a ebullición como se describe a continuación:

1. En una olla se coloca los 800 gramos de la parte vegetal del eucalipto junto con los 7 litros de agua y se procede a hervir aproximadamente por 1 hora para desprender el tinte.
2. Se filtra el tinte obtenido para eliminar residuos.

2.7.1.2. Mordentado del hilo

Se realizó el mordentado directo, el cual consiste en añadir el mordiente en el tinte preparado, para 200 gramos de hilo se utilizó 20 gramos de piedra alumbre previamente triturada.

2.7.1.3. Tinturado del hilo con eucalipto

Para el teñido del hilo de fibra de alpaca con las diferentes partes de la planta de eucalipto se basó en el procedimiento del manual, conociendo la fibra de alpaca y los teñidos naturales descrito por (Villanueva, 2012 p.24) el mismo que se describe a continuación:

1. El tinte ya obtenido se colocó en una olla al cual se agregará 20 gramos de piedra alumbre y se remueve hasta que se disuelva.
2. Una vez preparada la solución se añadió los 200 gramos de hilo de fibra de alpaca, llevar a fuego a una temperatura de 80°C por 30 min removiendo suavemente con un palo de madera.
3. Se retiró la olla del fuego y se traslada a un lugar frío con poca luz para que se fije el color.
4. Finalmente se enjuagó la madeja con agua tibia cuantas veces sean necesarias hasta eliminar el exceso del colorante y dejar secar bajo sombra.

2.8. Metodología de evaluación

2.8.1. Índice de refracción

El procedimiento para la medición del índice de refracción se basó en el método de ensayo descrito en la NTE INEN 42-1973, la misma que se detalla a continuación:

1. Limpiar y secar suavemente los prismas del refractómetro.

2. Colocar 2 o 3 gotas de la muestra preparada en el prisma inferior, de preferencia a la temperatura del refractómetro.
3. Cerrar la tapa y distribuir la muestra por todo el prisma.
4. Colocar bajo la luz el refractómetro.
5. Observar el resultado y anotar.

2.8.2. pH

Para la evaluación del pH se basó en el método de ensayo establecido en la NTE INEN-ISO 10523, Calidad del agua, determinación del pH, donde se describe el siguiente procedimiento:

1. Calibrar el potenciómetro con una solución tampón generalmente la de un pH 7.
2. Aclarar el electrodo de pH con agua destilada, antes y después de la medición.
3. Sumergir el electrodo en la muestra sin tocar las paredes del vaso.
4. Anotar los datos obtenidos.
5. Lavar el lector de medición con agua destilada.

2.8.3. Propiedades físicas

2.8.3.1. Solidez a la luz

Para determinar la solidez a la luz del hilo tinturado se realizó en base al ensayo AATCC Test Method 16 Colorfastness to light:

La prueba de solidez a la luz indica la resistencia al cambio de color frente a la exposición de luz natural o artificial, este ensayo consistió en exponer muestras del material textil a una fuente de luz y comparar los cambios con una muestra estándar. Para ello a nivel de laboratorio se realizó lo siguiente:

1. Cortar muestras de hilo tinturado de 7 cm de largo, agrupar 5 muestras y amarrar.
2. Colocar las muestras agrupadas en una caja de vidrio oscura con un foco infrarrojo durante 72 horas.
3. Al finalizar la prueba se compara el color del hilo tinturado expuesto a la luz artificial con el estándar para observar si hay cambios de color, para ello se usa una escala de grises de 5 puntos donde 1 indica una baja solidez y 5 una alta solidez, basado en AATCC Evaluation Procedure 1-2007: Gay Scale for color change, como se describe a continuación:

Tabla 2-3: Valoración de la escala de grises

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

Fuente: (Obando, 2013, p.81)

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

2.8.3.2. Resistencia a la tensión y porcentaje de elongación

La resistencia a la tensión y elongación del hilo de fibra de alpaca fue establecida mediante el procedimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1061 – Cueros. Resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento debido a una carga determinada y porcentaje de alargamiento a la rotura:

1. Medir el espesor de cada probeta en centímetros con el calibrador.
2. Para esta medición se utiliza un dinamómetro que tiene una velocidad uniforme de separación de las mordazas de 100mm/ min \pm 20mm/min.
3. Luego se prepara los fragmentos de fibra que medirán al menos 40 mm en dirección de la carga, las cuales son diseñadas para que la fuerza que se ejerza entre las mismas se mantenga constante cuando la probeta se la inmovilice y se procura cuidar que el centro de acción se ubique tan cerca como sea posible del centro de la probeta, es decir que en ningún caso debe estar fuera de las mordazas.
4. Medir la distancia entre las mordazas con una precisión de \pm 0,5 mm, dicha distancia serán la longitud inicial (L_0).
5. Sujetar las probetas en las mordazas y conectar el aparato de medición.
6. Posterior se procede a dar lectura de la fuerza aplicada con un error máximo del 1%.
7. Continuar el ensayo hasta que la probeta se rompa, anotar la carga (F) y la longitud de la probeta (L_f) en el momento de la rotura.

Para el cálculo de la resistencia a tensión se utilizó la siguiente ecuación:

$$S = \frac{F}{he}$$

Donde:

S: resistencia a la tensión

F: carga, en el momento de la rotura de la probeta

h: ancho de la probeta (cm)

e: espesor (cm)

El porcentaje de elongación fue calculada en base a la siguiente fórmula:

$$Sr = \frac{Lr - Lo}{Lo} * 100$$

Donde:

Sr: alargamiento de rotura (%)

Lo: longitud de la probeta bajo la carga (mm)

Lr: Longitud de la probeta en el momento de la rotura (mm)

2.8.4. Mediciones económicas

Para conocer la relación beneficio/costo se establece los ingresos y egresos, donde los ingresos se estiman en base al precio por volumen del hilo tinturado y los egresos son considerados costos del hilado y los productos para el tinturado.

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingresos Totales}}{\text{Egresos Totales}}$$







CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Comparación de los colores obtenidos de los hilos tinturados con hojas, corteza y aserrín de eucalipto

Los colores obtenidos en los hilos tinturados con las diferentes partes del eucalipto fueron codificados en base a la Norma ISO 12647- Estandarización en la industria gráfica la misma que corresponde al control de proceso y gestión de color. Para el hilo tinturado con hojas de eucalipto se alcanzó un color bajo la codificación HEX #F9F3C1 que hace referencia a un color amarillo, para el hilo tinturado con corteza el código HEX #EEE4C4, finalmente el color del hilo tinturado con aserrín se designó el código HEX #D3C196, tanto la corteza como el aserrín presentaron un color marrón.

Tabla 3-1: Descripción de colores de los hilos tinturados con eucalipto.

Tinturado	Color obtenido	Color (ISO 12647)	Codificación
Hojas + piedra alumbre			R:249; G:243; B:193 Código HEX: #F9F3C1 Se compone de 2% de cyan, 1% de magenta, 33% amarillo y 1% negro.
Corteza + piedra alumbre			R:238; G:228; B:196 Código HEX: #EEE4C4 Se compone de 2% de cyan, 7% de magenta, 26% amarillo y 5% negro.
Aserrín + piedra alumbre			R:211; G:193; B:150 Código HEX: #D3C196 Se compone de 5% de cyan, 17% de magenta, 42% amarillo y 14% negro.

Fuente: (ISO 12647)

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

El color amarillo originado de las hojas de eucalipto concuerda con lo establecido por (Villanueva, 2021, p.25) quien indica que el tinte de hojas de eucalipto con piedra alumbre presentó un color amarillo pero con el uso de otros fijadores se obtendrá un color diferente, por otro lado (Pazos, 2017, p.21) en el teñido en base a tintes naturales menciona que el aserrín y la corteza del eucalipto dan una coloración de marrón y sus derivados, estos colores se deben principalmente a sus componentes como lo establece (CONAFOR, 2010, p.6) en la investigación sobre tinturas forestales y su uso en el teñido de fibras naturales, que el flavonol presente en las hojas da la coloración amarilla, mientras que los taninos de la corteza y aserrín derivan el color café del tinte. Por consiguiente, los colores del hilo en este trabajo se encuentran dentro de los estudios citados, pero cabe indicar que las tonalidades pueden cambiar según los fijadores que se utilice.

3.2. Evaluación fisicoquímica del tinte de las diferentes partes de eucalipto.

En la Tabla 3-2 se registran los resultados de la caracterización del pH e índice de refracción del tinte de las diferentes partes de eucalipto utilizadas, las mismas que se analizan a continuación:

Tabla 3-2: Caracterización fisicoquímica en el tinte con partes de eucalipto.

Parámetros	Partes del eucalipto						E.E	Prob.	CV
	Hojas		Corteza		Aserrín				
Índice de refracción	1,32	a	1,30	a	1,36	a	0,06	0,7954	10,66
pH	3,36	b	3,62	ab	3,74	a	0,08	0,0175	5,06

E. E= Error estadístico

CV= Coeficiente de variación

Prob= Probabilidad

Prob>0.05 no hay diferencias estadísticas

Prob<0.05 hay diferencias significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey.

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

3.2.1. Índice de refracción

El índice de refracción del tinte no presentó diferencias significativas (prob>0.05) por efecto de las diferentes partes del eucalipto utilizadas como material tinturante, registrándose valores entre 1,30 cuando se utilizó la corteza a 1,36 al utilizar el aserrín del eucalipto. Debido posiblemente a que las partes de eucalipto utilizadas no influyen en el índice de refracción del tinte, ya que además se utilizaron concentraciones similares; (Fernández, 2012. pp.7-11) en el estudio y caracterización del sensor de nivel de líquido de fibra óptica multimodo establece que el índice de refracción es una medida para caracterizar un material, en los líquidos este valor está comprendido entre 1,3 y 1,55 mismos que dependerán de su composición química, temperatura, pureza, colorimetría,

viscosidad, densidad, radiación y disolución (concentración), por lo tanto, los valores obtenidos con las hojas, corteza y aserrín se encuentran dentro de lo citado.

En la evaluación preliminar de la estabilidad de una tintura de eucalipto realizada por (Fernández et al., 2009, p.5) obtuvieron un índice de refracción de 1,36 de la tintura de hojas de eucalipto, siendo ligeramente superior al registrado en este estudio, por lo que se debe posiblemente a la extracción de ciertos compuestos químicos en el solvente utilizado (alcohol 85%) que tienen la propiedad de refractar la luz, se debe considerar también que la obtención del tinte en este trabajo se hizo de forma tradicional, mediante ebullición del material tintóreo, registrando un valor similar (1,36) en el tinte de aserrín. Por otro lado (Cano et al., 2007, p.61) en el estudio tecnológico sobre los tintes naturales extraídos de la corteza de tres especies forestales para teñir fibras naturales, registraron índices de refracción de 1,33; 1,33 y 1,34 para cortezas de aliso, quebracho y chaperno respectivamente, para su extracción utilizaron el método de maceración con reflujo y como solvente el agua, mientras que en el presente estudio para el tinte de corteza de eucalipto se obtuvo un índice de refracción de 1,30 siendo ligeramente menor a los valores reportados anteriormente. Sin embargo, el índice de refracción del tinte obtenido con las diferentes partes del eucalipto presenta resultados que se enmarcan entre los estudios citados y que determinan que no hay diferencias entre las partes utilizadas.

3.2.2. pH

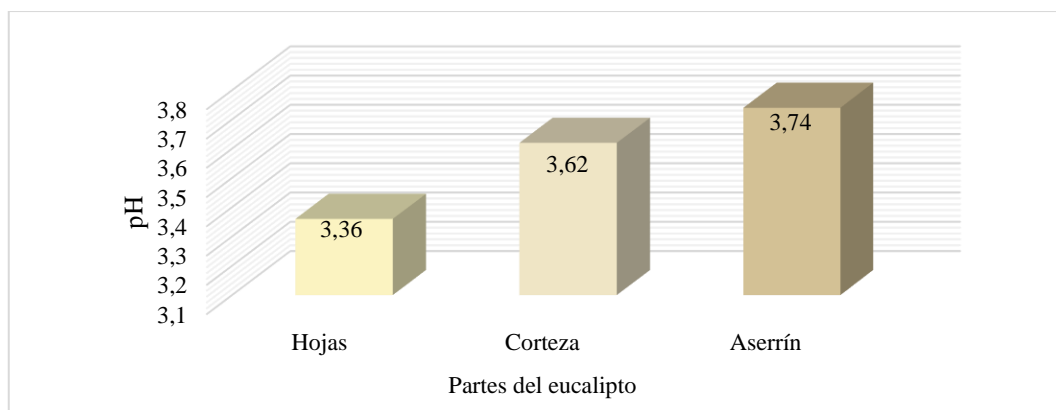


Ilustración 3-1: pH del tinte obtenido de las diferentes partes de eucalipto

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

Las diferentes partes de eucalipto utilizadas para la obtención del tinte registraron diferencias significativas ($\text{prob} < 0.05$) en el pH ya que los valores determinados fueron de 3,36 cuando se utilizó las hojas y 3,74 al utilizar aserrín, como se evidencia en la tabla 3-2.

Las diferencias del pH, pueden deberse al contenido de pigmentos de las diferentes partes del eucalipto utilizadas por cuanto la piedra alumbre utilizada como mordiente fue aplicada en las

mismas cantidades en los diferentes tratamientos. En el estudio de la composición tánica de madera, corteza y hojas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. rudis*, (Cadahia, 1995, pp.148-276) señala que el aserrín es la parte del eucalipto más rica en proantocianidinas y elagitaninos, los últimos están compuestos principalmente por glucósidos de los ácidos polifenólicos gálico y elágico, mientras que en la corteza la composición de elagitaninos es de menor cantidad y variedad que la del aserrín, ya que están constituidos en su mayoría por glucósidos y menor proporción de ácidos gálico y elágico, las hojas contienen una amplia variedad de compuestos fenólicos y también ácido elágico, principalmente tres grupos de compuestos fenólicos, proantocianidinas, elagitaninos. Los elagitaninos de las hojas se caracterizan solo por presentar derivados del ácido elágico y glicósidos de flavonoles siendo los últimos relevantes de las hojas (Cadahia, 1995, pp.91-277). En la investigación realizada por (Fernández et al., 2009, p.4) en la extracción de un tinte de hojas de eucalipto recién elaborada registraron un pH 4,81 (ácido débil) atribuido a la presencia de metabolitos secundarios tales como: flavonoides, saponinas, taninos y fenoles, cabe indicar que el solvente de extracción fue alcohol al 83%, mientras que en el presente trabajo se obtuvo el tinte mediante ebullición de las hojas y el pH del tinte fue medido cuando se adicionó el mordiente. (Pila, 2022, p.38) en la obtención de tinte natural de guarango en la aplicación de fibras animales obtuvo valores similares en el pH de los tintes a los registrados en la presente investigación por cuanto al emplear las hojas de guarango estableció un pH de 3,57 y con la corteza de 3,46. Lo que demuestra que los tintes vegetales presentan similares valores en el potencial de hidrógeno.

3.3. Determinación de las propiedades físicas de la fibra de alpaca teñida con las diferentes partes de eucalipto

Los resultados de la caracterización del hilo de fibra de alpaca tinturada con hojas, corteza y aserrín de eucalipto se registran en la Tabla 3-3, los cuales se describen a continuación:

Tabla 3-3: Caracterización del hilo de la fibra de alpaca tinturada con partes de eucalipto.

Parámetros	Partes del eucalipto						E.E	Prob.	CV
	Hojas		Corteza		Aserrín				
Resistencia a la tensión, N/cm ²	7974,00	a	9035,79	a	9323,27	a	890,82	0,5461	22,69
Porcentaje de elongación, %	30,00	a	33,14	a	31,43	a	4,23	0,8724	30,03
Solidez a la luz, puntos	4,8	a	5,00	a	5,00	a	0,12	0,3966	5,23

E.E= Error estadístico

CV= Coeficiente de variación

Prob= Probabilidad

Prob>0.05 no hay diferencias estadísticas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey.

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

3.3.1. Resistencia a la tensión

Para la resistencia a la tensión de los hilos tinturados se registraron valores de 7974 N/cm² a 9323,27 N/cm² con las hojas y aserrín del eucalipto respectivamente, valores que no presentaron diferencias estadísticas (prob>0.05). Por lo que se puede decir que el tinte de la hojas, corteza y aserrín del eucalipto no influyen en la resistencia del hilo de la fibra de alpaca, sino que puede deberse al hilado, por cuanto (Quispe et al., 2013, p.11), en las características productivas y textiles de la fibra de alpaca, infieren que la resistencia a la tensión de los hilos está influenciado por la fibra utilizada y calibre de los hilos, para (Díaz et al., 2020, p.155) en el diagnóstico del proceso artesanal de producción de hilo de fibra de alpaca, establecen que la intensidad de torsión en el hilado, regularidad del hilo (grosso o delgado en partes), grosor del hilo, longitud de las fibras, entre otros influyen directamente en la resistencia del hilo. La resistencia del hilo será mayor a medida que la intensidad de torsión aumente hasta un punto óptimo, a partir del cual a todo aumento de torsión la resistencia del hilo disminuirá (Vásquez, 2003, p.203).

En cambio, en el tinturado natural con guarango (Pila, 2022, p.32) reportó valores de 14169,26 N/cm² para la corteza y 18440,74 N/cm² al utilizar hojas de guarango, además, (Guerra, 2022, p.25) en el tinturado de la fibra de alpaca utilizó diferentes partes de la planta del nogal registrando valores de 9316,70 N/cm² a 20036,32 N/cm² con hojas y corteza de nogal respectivamente. Los resultados obtenidos en este trabajo son inferiores a comparación de las investigaciones citadas, esto se debe a los factores mencionados anteriormente.

3.3.2. Porcentaje de elongación

Los hilos de fibra de alpaca tinturados con las diferentes partes de eucalipto utilizadas no registraron diferencias estadísticas (prob>0.05) en el porcentaje de elongación ya que los valores registrados fluctuaron entre 30% y 33,14% al utilizar las hojas y corteza respectivamente para tinturar el hilo como se evidencia en la tabla 3-3, lo cual se puede establecer que las partes del eucalipto utilizadas para tinturar no influyen en este parámetro de medición del hilo ya que al igual que la resistencia a tensión, el porcentaje de elongación de los hilos se ve afectado por factores como el número de rizos, la torsión, título del hilo, finura y longitud de las fibras (Solé, 2012, p.53).

La elongación es el máximo estiramiento que soporta una fibra hasta antes de su punto de ruptura con respecto a lo mencionado (Pila, 2022, p.35) determinó un porcentaje de elongación de 30,55% en el hilo de fibra de alpaca tinturado con corteza de guarango, similar resultado registró (Guerra, 2022, p.26) al utilizar corteza de nogal para tinturado de fibra de alpaca con 33,08% siendo valores

cercanos al reportado en este trabajo, por lo que se determina que el porcentaje de elongación del hilo tinturado es similar sin importar la procedencia del tinte natural.

3.3.3. Solidez a la luz

Las partes del eucalipto utilizadas para tinturar el hilo de fibra de alpaca, no registraron diferencias significativas ($\text{prob} > 0,05$) en la prueba de solidez a la luz, registrando valores de 4,8 a 5,00 al utilizar las hojas, corteza y aserrín, valores que estadísticamente son iguales, ya que según la escala de grises de 5 puntos indican que son excelentes, es decir que no se decoloran frente a la exposición de la luz artificial.

Además, (Guerra, 2022, p.24) obtuvo también resultados satisfactorios en el tinturado del hilo de fibra de alpaca con nogal, con una puntuación de 5, la cual no presentó ningún cambio de color en los hilos tinturados con hojas y corteza, de igual manera (Pila, 2022, p.38) al utilizar corteza de guarango registró un valor de 4,80; la valoración obtenida en los diferentes estudios puede deberse al tinte utilizado y al medio de exposición de los hilos. (González, 2004, p.72) en el trabajo sobre la obtención de una correlación entre la Norma AATCC 16-E, solidez del color a la luz en fibras textiles y la degradación de color con láser, establece que los cambios en la tonalidad del color en la prueba de solidez a luz en el hilo tinturado se deben a que los colorantes y pigmentos absorben la energía radiante, la acumulación de esta energía o gran cantidad puede romper los enlaces químicos de los colorantes o pigmentos contenidos en las fibras, causando la degradación y por ende un cambio de color en el textil; por otra parte (Illa & Tairo, 2015, p.46) en el teñido de fibra de alpaca Suri con carmín de cochinilla, indican que la solidez a la luz está íntimamente relacionada con la fibra utilizada para la tintura, la temperatura del medio en que los hilos reciben la acción de la luz, la humedad del medio y la clase de atmósfera en que se realiza la exposición a la luz solar o artificial. Pese a ello, la solidez a la luz de los hilos tinturados con eucalipto son afines a los resultados de los estudios citados, puesto que no hay diferencia entre las partes de eucalipto utilizadas.

3.4. Beneficio costo del tinturado del hilo de fibra de alpaca.

Tabla 3-4: Análisis económico del hilo de fibra de alpaca teñida con hojas, corteza y aserrín de eucalipto.

Descripción	Unidad	Cantidad	Tinturado con el Eucalipto (\$)		
			Hojas	Corteza	Aserrín
Fibra de Alpaca	Vellón	1	12,00	12,00	12,00
Agua	L	35	0,50	0,50	0,50
Detergente		1	1,00	1,00	1,00
Hojas	Kg	4	0,00	–	–
Corteza	Kg	4	–	0,00	–
Aserrín	Kg	4	–	–	0,50
Piedra alumbre	G	100	6,00	6,00	6,00
Hilado	Kg	1	10,00	10,00	10,00
EGRESOS TOTALES, dólares			29,50	29,50	30,00
Total, de hilo producido	Kg	1			
Costo prod/kg del hilo, dólares	\$/kg	1	29,50	29,50	30,00
Precio de venta, dólares/Kg	\$/kg	1	33,00	33,00	35,00
INGRESOS TOTALES, dólares			33,00	33,00	35,00
BENEFICIO/COSTO			1,12	1,12	1,17

Realizado por: Sánchez, M, 2023.

El costo de producción se determinó en base a los egresos por la cantidad de hilo de fibra de alpaca producida, de esta manera con las hojas y corteza se obtuvo \$29,50, mientras que con el aserrín se incrementó a \$30,00 de acuerdo con estos resultados, la parte de la planta de eucalipto utilizada como colorante natural, genera mayor gasto con el aserrín, ya que tiene un precio de adquisición.

La relación beneficio costo indica la rentabilidad del tinturado del hilo, la misma que se calculó en función de los ingresos y egresos generados en el tinturado de hilo de fibra de alpaca con hojas, corteza y aserrín. Los ingresos constituyeron el precio de venta del Kg de hilo tinturado, el mismo que fue establecido en base a la calidad visual del color originado con las partes del eucalipto, por otra parte, los egresos fueron la suma de la fibra de alpaca y los productos para el teñido como se detalla en la Tabla 3-4, donde se registró una mayor rentabilidad de 1,17 al tinturar el hilo con aserrín, lo que indicó, por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 17 centavos.

CONCLUSIONES

- Al evaluar las propiedades fisicoquímicas del tinte de eucalipto, el índice de refracción no presentó diferencias significativas entre las partes de la planta utilizadas, al contrario que el pH presentó diferencias significativas, determinándose como el mejor pH al utilizar el aserrín con un valor de 3,74, siendo un pH ácido.
- Al determinar las propiedades físico-mecánicas de resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y solidez a la luz de los hilos de fibra de alpaca teñida con diferentes partes de eucalipto no presentó diferencias significativas entre ellas.
- Al utilizar las diferentes partes de la planta de eucalipto, tanto la hoja, la corteza y el aserrín no existieron cambios en las características del hilo y presentaron colores que están entre amarillo y marrón de acuerdo a la Norma ISO 12647.
- En el beneficio costo del teñido de hilo de fibra de alpaca con diferentes partes de eucalipto, el tinturado con aserrín presentó mayor beneficio, teniendo por cada dólar invertido el 17% de ganancia.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigaciones sobre procesos de obtención de tinte de eucalipto con diferentes concentraciones de mordientes, de este modo aumentar la gama de colores.
- Generar procesos de transferencia de tecnología a los productores alpaqueros en la obtención de tintes a partir de las hojas, corteza y aserrín de eucalipto, como una alternativa en el tinturado natural de la fibra de alpaca.
- Continuar con estudios de extracción de tintes de diferentes tipos de plantas para caracterizar sus propiedades tintóreas y con esto minimizar la utilización de tintes químicos o sintéticos en la industria textil.

BIBLIOGRAFÍA

AATCC Evaluation Procedure 1-2007. *Gray Scale for Color Change.*

AATCC Test Method 16-2004. *Colorfastness to Light.*

AGUILAR CALLA, Milagros. *Esquila y categorización de fibra de alpaca.* [en línea]. Arequipa-Perú: Programa Regional Sur-DESCO, 2012. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.descosur.org.pe/wp-content/uploads/2014/12/Manual007.pdf>

ALONSO FELIPE, José Vicente. *Manual control de calidad en productos textiles y afines.* [en línea]. Madrid-España: Industriales, 2021. [Consulta: 26 septiembre 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/38763/1/Manual_%20textiles2021.pdf

ANCHALUISA, Stephanie. Efecto del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de los bosques introducidos de eucalipto (*Eucalyptus globulus*.; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) – Ecuador. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ciencias Biológicas y Ambientales) Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2013. p. 16. [Consulta: 2022-09-25]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2899/1/109458.pdf>

ARIAS, Nicole. Tintes naturales de origen vegetal para uso en el teñido de hilo de fibra natural. [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2018. pp. 19-26. [Consulta: 2022-09-26]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/21174/TES-1047.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AYALA PÉREZ, Erika. Efecto genotóxico in vitro de plantas medicinales antibacterianas *Spartium junceum* L. "retama", *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze "tara" y *Eucalyptus globulus* Labill "eucalipto". [en línea] (Trabajo de titulación). (Químico Farmacéutica) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. 2014. p. 14. [Consulta: 2022-09-28]. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/915853/efecto-genotoxico-in-vitro-de-plantas-medicinales-antibacterian_hgPJVjM.pdf

AZABACHE, Diego; et al. Análisis de la evolución de la fibra de alpaca peruana del 2010 al 2019. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Lima, Lima, Perú. 2021. pp. 2-33. [Consulta: 2022-09-20]. Disponible en:

https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13275/Azabache_Analisis-evolucion-fibra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BAPTISTA VARGAS, Viviana. Los camélidos en la reserva de producción de fauna Chimborazo: ¿Una alternativa para la sustentabilidad del páramo? estudio de caso en torno a la organización campesina, la economía y la gobernanza ambiental. [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) FLACSO, Quito, Ecuador. 2009. pp. 11-17. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2011/4/TFLACSO-2009VBV.pdf>

BERMEO POMA, Josselin Anahí. Análisis de la situación actual de técnicas de teñido natural en la provincia de Loja. [en línea] (Trabajo de titulación). (Diseñadora) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2016. p. 25. [Consulta: 2022-09-18]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6048/1/12367.pdf>

CADAHIA FERNÁNDEZ, Estrella. Estudio de la composición tánica de madera, corteza y hojas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. rudis*. [en línea] (Tesis doctoral). (Doctor en Ciencias Químicas) Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. 1995. pp. 91-277. [Consulta: 2023-04-07]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/1825/1/T20060.pdf>

CANO, Telma; et al. Estudio tecnológico sobre los tintes naturales extraídos de la corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, para teñir fibras naturales que cumplan con especificaciones de calidad exigidas por el mercado. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2007. p. 61. [Consulta: 2023-04-06]. Disponible en: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puidi/INF-2007-020.pdf>

CASTELLARO, Giorgio; et al. Alpaca liveweight variations and fiber production in Mediterranean range of Chile. *J. Range Manage* [en línea], 1998, (Chile) 51 (5), pp. 509-513. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/643907/9347-9228-1-PB.pdf?sequence=1>

CASTRO, M & MIRANDA, C. *Determinación del índice de refracción de líquidos*. [en línea]. 2018. p. 11. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: <https://www.rua.unam.mx/portal/Descargas/index/70589>

CHICAIZA JUNTA, Valeria Janneth. Género textil a partir del pelaje canino. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2018. p.

24. [Consulta: 2022-09-29]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28505/1/Chicaiza%20Valeria.pdf>

COELI, Eliphás. *Difusión y sistematización de buenas prácticas con énfasis en todos los eslabones de la cadena de valor de la alpaca en Ecuador.* [en línea]. 2016. pp. 14-15. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en:
<https://www.pastoresandinos.org/images/allegati/Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20Ecuador.pdf>

CONAFOR. *Tinturas forestales y su uso en el teñido de fibras naturales.* [en línea]. 2010. p. 6. [Consulta: 2023-05-23]. Disponible en:
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD851.pdf>

CONTRERAS FLORES, Simón Timoteo. *Potencial productivo y comercial de la alpaca* [en línea]. Lima-Perú: El Perú Primero, 2019. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/423423/potencial_productivo_comercial_de_la_alpaca.pdf

COMPENDIO AGROPECUARIO. *Observatorio Agroambiental y Productivo* [en línea]. La Paz-Bolivia. 2012. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en:
<https://www.ruralytierras.gob.bo/compendio2012/files/assets/downloads/page0175.pdf>

CÓRDOVA RUIZ, Margoth Liliana. Comparación de la calidad de las fibras de *Vicugna pacos* (Alpaca) y *Lama glama* (Llama). [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 4-7. [Consulta: 2023-05-20]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/bitstream/123456789/5205/1/17T1290.pdf>

DÍAZ GARAY, Bertha; et al. “Diagnóstico del proceso artesanal de producción de hilo de fibra de alpaca en Puno, Perú”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2020, (Perú) 40 (s.n), pp. 145-169. [Consulta: 08 abril 2023]. ISSN 2523-6326. Disponible en:
https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/5149/4992

ECUADOR FORESTAL. *Ficha Técnica No. 10 Eucalipto.* [Consulta: 25 septiembre 2022]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>

FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, Dayami; et al. “Evaluación preliminar de la estabilidad de una tintura de eucalipto citriodora hook”. Infármate [en línea], 2009, (Cuba) 5(25), p.5. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Infarmate/9-tintura-eucalipto>

FERNÁNDEZ GARCÍA, Jorge. “Estudio y caracterización del sensor de nivel de líquido de fibra óptica multimodo”. [en línea] (Proyecto Fin de Carrera). (Ingeniería) Universidad de Cantabria. Cantabria, España. 2012. pp. 7-11. [Consulta: 2022-09-29]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/747/345876.pdf?sequence=1>

FAO. Estudio de la situación de camélidos sudamericanos en Ecuador. Ecuador, 2005.

GARCÍA CALLE, Gabriela Estefanía. Técnicas de tinturado artesanal en fibra de alpaca. [en línea] (Trabajo de Graduación). (Diseñadora) Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 2021. p. 54. [Consulta: 2023-05-28]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11067>

GONZÁLEZ MOTA, María Rosario. Obtención de una correlación entre la Norma AATCC 16-E, solidez del color a la luz en fibras textiles y la degradación de color con láser. [en línea] (Tesis profesional). (Maestría) Centro de investigaciones en óptica A.C. Aguascalientes, México. 2023. pp. 66-72. [Consulta: 2022-09-29]. Disponible en: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/735/1/10260.pdf>

GUERRA BUENAÑO, Wilmo Gerardo. Tinturado de la fibra de alpaca utilizando diferentes partes de la planta del nogal (corteza, hojas y fruto). [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 15-26. [Consulta: 2023-04-12]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/16174/1/27T00519.pdf>

GUTIÉRREZ RIVERA, Fernando Alonso. Módulos didácticos basados en la fenomenología de la luz y la óptica, para estudiantes de 1º medio. [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 2016. p. 32. [Consulta: 2022-09-28]. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3076/4/tesis_Modulos_Didacticos_basados_en_la_fenomenologia.Image.Marked.pdf

GUZMÁN DÍAZ, Himelda Marisol, & HENRÍQUEZ ARDÓN, Joaquin Antonio. Determinación de la actividad antimicrobiana de las fracciones obtenidas de la cromatografía de columna (n-Hexano:Acetato de etilo 70%, acetato de etilo puro y metanol puro) procedentes del extracto diclorometánico de la goma-resina de Eucalyptus citriodora (Eucalipto). [en línea]

(Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. 2007. pp. 28-33. [Consulta: 2022-09-24]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4886/1/16100085.pdf>

HUEBLA SOCAG, Wendy Karola & REA REA, Jesica Micaela. Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. p. 53. [Consulta: 2023-05-28]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13503/1/27T0423.pdf>

ILLA CCARITA, Clodo Paulino & TAIRO HUAITA, Gloria. Teñido de fibra de alpaca suri (*Vicugna pacos*) con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*). [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú. 2015. p. 46. [Consulta: 2023-04-12]. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/180/253T20150082.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ISO 12647. *Estandarización en la Industria Gráfica.*

LUNA CHAVEZ, Carmen Mabel. Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú. 2015. p. 30. [Consulta: 2023-05-28]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1057/259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARRONE, Luciana. *Tintes naturales. Técnicas ancestrales en un mundo moderno.* [en línea]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina: Dunken, 2015. [Consulta: 04 junio 2023]. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Tintes_Naturales_T%C3%A9cnicas_ancestrales_e/JXaYBgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&bsh=m=ncc/1

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. *5989 vicuñas se registraron en el censo poblacional realizado en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.* [en línea]. 2014. [Consulta: 2023-05-20]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/5-989-vicunas-se-registraron-en-el-censo-poblacional-realizado-en-la-reserva-de-produccion-de-fauna-chimborazo/>

MEJÍA C, Julio Danilo, & MOSCOSO P, Luis Mario. Efecto de las plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Pino (*Pinus patula*) en la recuperación del suelo y en la regeneración natural de la cuenca media del río Paute. [en línea] (Trabajo de titulación). (Biólogo) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2010. p. 3. [Consulta: 2022-09-25]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/138/1/07527.pdf>

MOLDOVAN, Simona. Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis*, *Synechococcus* sp., *Ulva* sp. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Valencia, Alcoy, España. 2016. p. 15. [Consulta: 2022-09-28]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73893/MOLDOVAN%20-%20COLORANTES%20NATURALES%20PARA%20FIBRAS%20TEXTILES%20A%20PARTIR%20DE%20ALGA%20S.pdf?sequence=1>

MORILLO CHANDI, Sofía Johanna. Propuesta de producción más limpia (P+L) en el proceso de tinturado, en la industria “Textiles María Belén” ubicada en el distrito metropolitano de Quito. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2012. pp. 4-5. [Consulta: 2023-01-09]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/662/1/T-UCE-0012-126.pdf>

NTE INEN 1061. *Cueros, Resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento debido a una carga determinada y porcentaje de alargamiento a la rotura.*

NTE INEN 2852. *Fibra de Alpaca en vellón. Requisitos.*

NTE INEN 42:1973. *Grasas y aceites comestibles. Determinación del índice de refracción.*

NTE INEN-ISO 10523. *Calidad del agua. Determinación del pH (ISO 10523:2008, IDT).*

OBANDO PORTILLO, Ruth Elizabeth. Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2013. pp. 81. [Consulta: 2023-04-20]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2300/1/tesis.pdf>

PALACIOS OCHOA, Cecilia; et al. “Evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales”. *Siembra* [en línea], 2021,

(Ecuador) 8 (2), pp. 1-9. [Consulta: 21 septiembre 2022]. ISSN 1390-8928. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2917/3710>

PALACIOS OCHOA, Cecilia, & ULLAURI, Narcisa. “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. 50-59. [Consulta: 21 septiembre 2022]. ISSN 1390-8928. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1914/2144>

PALACIOS OCHOA, Cecilia. *Tinturado natural -Técnicas ancestrales*. [en línea]. Cuenca-Ecuador: Casa editora, 2022. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://publicaciones.uazuay.edu.ec/flip/books/libro/uazuay-libro-271.pdf>

PAZOS, Shirley. *Teñido en base a tintes naturales: Conocimiento y técnicas ancestrales de Perú y Bolivia*. [en línea]. Lima-Perú: Soluciones Prácticas, 2017. [Consulta: 25 septiembre 2022]. Disponible en: <http://artesianiatextil.com/wp-content/uploads/2017/05/tenido-naturales.pdf>

PILA CAIZA, Jonathan Wladimir. “Tinte natural de guarango (*Caesalpinia spinosa*) en la aplicación de fibras animales”. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 32-38. [Consulta: 2023-04-07]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17800/1/27T00545.pdf>

PINTO, Chris; et al. “Camélidos sudamericanos, origen y características”. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. [en línea], 2010, (Madrid) 4 (1), pp. 1-10. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: link.gale.com/apps/doc/A309979639/AONE?u=googlescholar&sid=bookmark-AONE&xid=1f40541a

QUISPE, Edgar; et al. “Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica”. *Animal Genetic Resources Information* [en línea], 2009, (Perú) 45 (s.n), pp. 1-14. [Consulta: 20 septiembre 2022]. ISSN 1014-2339. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i1102t/i1102t.pdf>

QUISPE, Edgar; et al. “Bases para un programa de mejora de alpacas en la región altoandina de Huancavelica-Perú”. *Archivos de zootecnia* [en línea], 2009, (Perú) 58 (224), pp. 705-716. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v58n224/art8.pdf>

QUISPE, Edgar; et al. “Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya”. *Complutense de Ciencias Veterinarias* [en línea], 2013, (Perú) 7 (1), pp. 1-22.

[Consulta: 08 abril 2023]. ISSN 1988-2688. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/download/41413/39528>

RODAS, FARFÁN, María Isabel. Ensayos para la obtención de tintes naturales a partir de raíces de plantas-aplicación en fibras textiles de algodón y lana. [en línea] (Trabajo de titulación). (Diseñadora) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2021. p. 21. [Consulta: 2023-05-28]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11079/1/16617.pdf>

SHAGÑAY CANDO, Jessica Paola. Extractos vegetales en la tintura ecológica de la fibra de alpaca. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 1-31. [Consulta: 2022-09-19]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15623/1/17T01650.pdf>

SEPÚLVEDA, Noemí. *Manual para el manejo de Camélidos Sudamericanos Domésticos* [en línea]. Santiago-Chile: Fundación para la innovación agraria, 2011. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1953/Manual%2526%2523095%253Bpara%2526%2523095%253Bel%2526%2523095%253Bmanejo%2526%2523095%253Bde%2526%2523095%253BCamelidos%2526%2523095%253BSudamericanos%2526%2523095%253BDomesticos.pdf?seque>

SIMBAINA SOLANO, Juan Carlos. “Calidad de fibra en alpacas de las comunidades del austro, provincia de Cañar”. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. p. 4. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5213/1/17T1299.pdf>

SOLÉ CABANES, ANTONIO. *Hilatura del algodón*. [en línea]. 2012. p. 53. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/306>

VACA, Maritza; et al. “Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la fibra de alpaca (Vicugna pacos) de la Estación Experimental Tunshi”. Knowledge E [en línea], 2021, (Ecuador) 1 (1), pp. 397-410. [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/esPOCH/article/view/9574/15835>

VÁSQUEZ, S. *Apéndice H Análisis del hilo*. [en línea]. 2003. p. 203. [Consulta: 08 abril 2023]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lit/vazquez_s_e/apendiceH.pdf

VILLANUEVA CHAVEZ, Alicia. *Conociendo sobre la fibra de alpaca y teñidos naturales.* [en línea]. Lima-Perú: Servicios Gráficos JMD, 2012. [Consulta: 23 mayo 2023]. Disponible en: http://www.ecosfron.org/sumamanuela/wp-content/uploads/Manual_tenido.pdf

ZÁRATE ZAVALA, ÁNGEL. *Guía técnica. Asistencia técnica dirigida en caracterización y clasificación de fibra de alpaca.*



ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL TINTE OBTENIDO DE LAS HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DEL EUCALIPTO.

Resultados experimentales

Partes del eucalipto	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hojas	1,2	1,5	1,5	1,2	1,2
Corteza	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3
Aserrín	1,5	1,3	1,3	1,2	1,5

Análisis de Varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Refracción	15	0,04	0,00	10,66

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	4,7E-03	0,23	0,7954
Partes de Eucalipto	0,01	2	4,7E-03	0,23	0,7954
Error	0,24	12	0,02		
Total	0,25	14			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,0200 gl: 12

Partes de Eucalipto	Medias	n	E.E.	
Aserrín	1,36	5	0,06	A
Hojas	1,32	5	0,06	A
Corteza	1,30	5	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO B: ESTADÍSTICA DEL PH DEL TINTE OBTENIDO DE LAS HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DEL EUCALIPTO.

Resultados experimentales

Partes del eucalipto	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hojas	3,3	3,3	3,4	3,3	3,5
Corteza	3,4	3,4	3,5	3,7	4,1
Aserrín	3,7	3,7	3,8	3,8	3,7

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,49	0,41	5,06

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,38	2	0,19	5,78	0,0175
Partes de Eucalipto	0,38	2	0,19	5,78	0,0175
Error	0,39	12	0,03		
Total	0,77	14			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,0327 gl: 12

Partes de Eucalipto	Medias	n	E.E.		
Aserrín	3,74	5	0,08	A	
Corteza	3,62	5	0,08	A	B
Hojas	3,36	5	0,08		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO C: ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (N/CM²) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA TEÑIDA CON HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DEL EUCALIPTO.

Resultados experimentales

Partes del eucalipto	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hojas	7278,57	10921,43	6928,57	8471,43	6270,00
Corteza	7225,00	9716,67	8542,86	11200,00	8494,44
Aserrín	11700,00	8614,29	7781,25	12150,00	6370,83

Análisis de Varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tensión (N/cm ²)	15	0,10	0,00	22,69

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5050985,96	2	2525492,98	0,64	0,5461
Partes de Eucalipto	5050985,96	2	2525492,98	0,64	0,5461
Error	47613973,97	12	3967831,16		
Total	52664959,93	14			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 3967831,1641 gl: 12

Partes de Eucalipto	Medias	n	E.E.	
Aserrín	9323,27	5	890,82	A
Corteza	9035,79	5	890,82	A
Hojas	7974,00	5	890,82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO D: ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA TEÑIDA CON HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DEL EUCALIPTO.

Resultados experimentales

Partes del eucalipto	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hojas	30,00	28,57	18,57	52,86	20,00
Corteza	28,57	27,14	37,14	41,43	31,43
Aserrín	42,86	28,57	27,14	31,43	27,14

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Elongación	15	0,02	0,00	30,03

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,75	2	12,37	0,14	0,8724
Partes de Eucalipto	24,75	2	12,37	0,14	0,8724
Error	1075,44	12	89,62		
Total	1100,18	14			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 89,6196 gl: 12

Partes de Eucalipto	Medias	n	E.E.	
Corteza	33,14	5	4,23	A
Aserrín	31,43	5	4,23	A
Hojas	30,00	5	4,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO E: ESTADÍSTICA DE LA SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA TEÑIDA CON HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DEL EUCALIPTO.

Resultados experimentales

Partes del eucalipto	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Hojas	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00
Corteza	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Aserrín	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Solidez a la luz	15	0,14	0,00	5,23

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	2	0,07	1,00	0,3966
Partes de Eucalipto	0,13	2	0,07	1,00	0,3966
Error	0,80	12	0,07		
Total	0,93	14			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,0667 gl: 12

Partes de Eucalipto	Medias	n	E.E.	
Corteza	5,00	5	0,12	A
Aserrín	5,00	5	0,12	A
Hojas	4,80	5	0,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

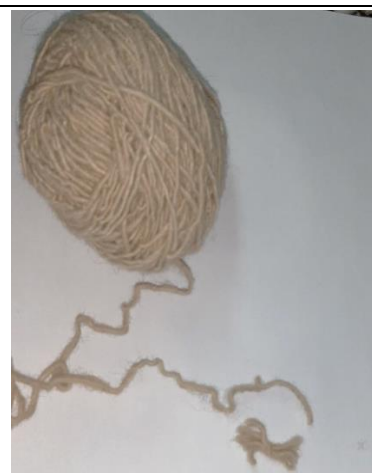
ANEXO F: TEÑIDO DEL HILO DE FIBRA DE ALPACA CON HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN.



ANEXO G: PRUEBAS DE PH E ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN LOS TINTES DE LAS HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DE EUCALIPTO.



ANEXO H: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN, ELONGACIÓN Y SOLIDEZ A LA LUZ DEL HILO TINTURADO CON HOJAS, CORTEZA Y ASERRÍN DE EUCALIPTO.





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: 26 / 10 / 2023

INFORMACIÓN DE LA AUTORA
Nombres – Apellidos: MAYRA XIMENA SÁNCHEZ VARGAS
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS PECUARIAS
Carrera: INGENIERIA EN AGROINDUSTRIA
Título a optar: INGENIERA AGROINDUSTRIAL
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



1800-DBRA-UPT-2023