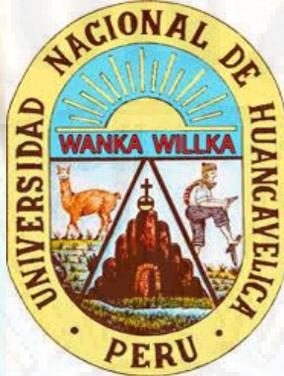


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA
INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA
DE ALPACA (*Vicugna pacos*) CON ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
PROCESOS AGROINDUSTRIALES NO ALIMENTARIOS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
Celia Marta MENDOZA HUAMANI**

ACOBAMBA – HUANCVELICA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la Ciudad Universitaria "Común Era"; auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 27 días del mes de noviembre del año 2018, a horas 3:00 p.m, se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE: M. Sc. Roberto Carlos, CHUQUILÍN GOICOCHEA.
SECRETARIO: Ing. Jimmy Pablo, ECHEVARRÍA VICTORIO.
VOCAL: Ing. Rafael Julián, MALPARTIDA YAPIAS
ACCESITARIO: Ing. Edson Elvis, RAMIREZ TIXE

Designados con resolución N° 069-2018-D-FCA-UNH (07-05-18); del: proyecto de investigación TITULADO:
"EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) CON ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)"
Cuyo autor es la bachiller:

Celia Marta, MENDOZA HUAMANI.

Asesorado por: Ing. Virgilio, VALDERRAMA PACHO.

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

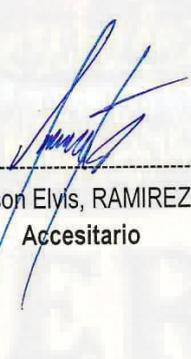
En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



M. Sc. Roberto Carlos, CHUQUILÍN GOICOCHEA.
Presidente



Ing. Jimmy Pablo, ECHEVARRÍA VICTORIO.
Secretario

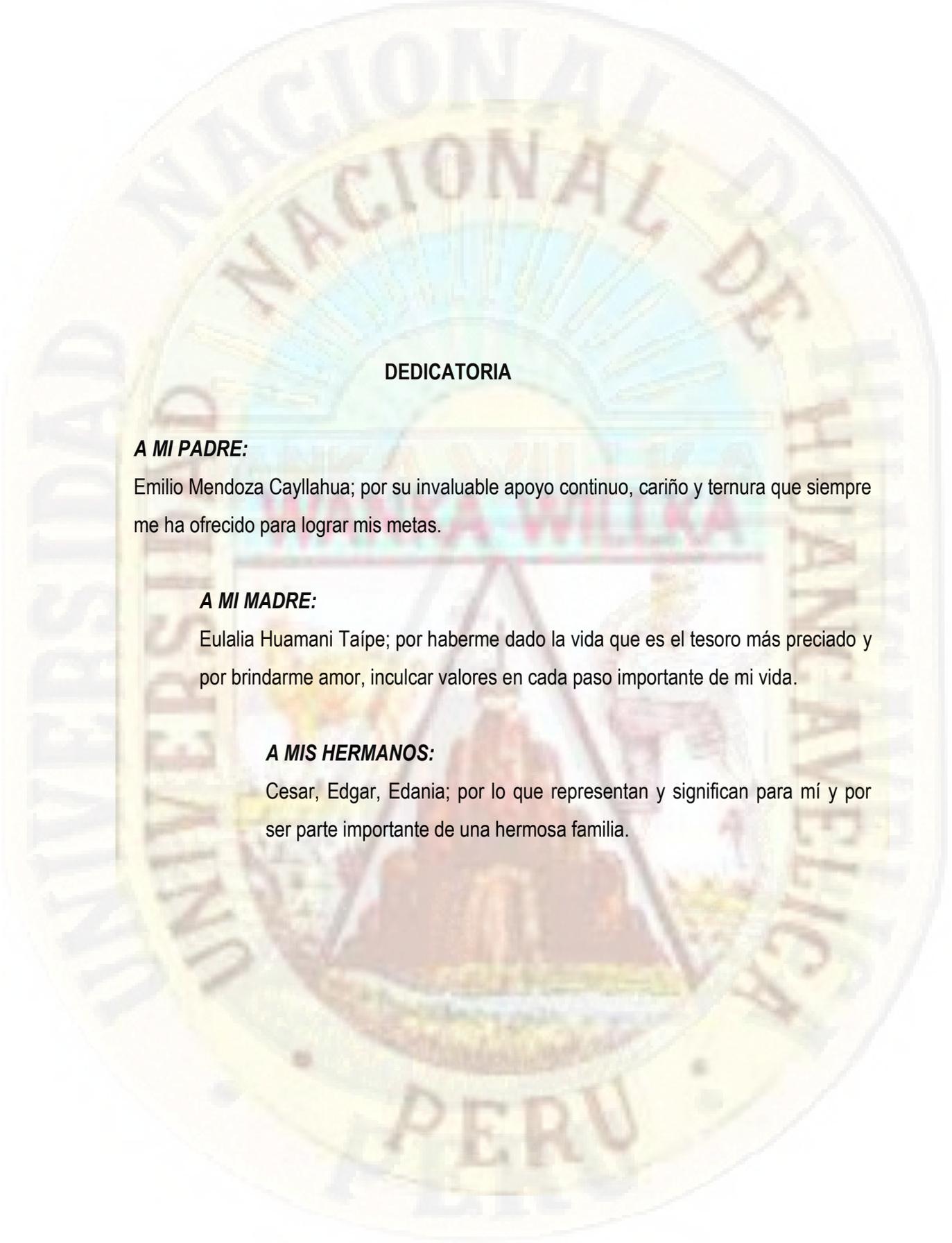


Ing. Edson Elvis, RAMIREZ TIXE
Accesitario



Ing. Virgilio VALDERRAMA PACHO

Asesor



DEDICATORIA

A MI PADRE:

Emilio Mendoza Cayllahua; por su invaluable apoyo continuo, cariño y ternura que siempre me ha ofrecido para lograr mis metas.

A MI MADRE:

Eulalia Huamani Taípe; por haberme dado la vida que es el tesoro más preciado y por brindarme amor, inculcar valores en cada paso importante de mi vida.

A MIS HERMANOS:

Cesar, Edgar, Edania; por lo que representan y significan para mí y por ser parte importante de una hermosa familia.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud principalmente está dirigida a Dios por haberme permitido llegar a cada uno de mis metas.

A mis padres, hermanos, amigos, por ser personas especiales en mi vida quienes me dieron momentos de ánimo y así mismo apoyándome en lo que fuera posible.

Mi cariño más sincero a la Universidad Nacional de Huancavelica A la facultad de Ciencias Agrarias y Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial ente muy importante en mi formación profesional.

Al asesor de tesis Ing. Virgilio Valderrama Pacho, por su guía, apoyo y asesoramiento durante todo el trabajo de investigación por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su persona.

Agradezco a los docentes jurados que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético por valioso apoyo, colaboración durante la ejecución y culminación de mi tesis.

ÍNDICE

	Página
Portada	
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación	2
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Fibra de alpaca	10
A. Generalidades	10
B. Características físicoquímico de la fibra de alpaca	11
C. Características más importantes de la fibra de alpaca	11
D. Propiedades generales de la fibra de alpaca	12
E. Clasificación de la fibra de alpaca	12
F. Delimitación de las partes de vellón	13
2.2.2. Aliso (<i>Alnus Acuminta H.B.K</i>)	13
A. Generalidades	13
B. Morfología del Aliso	14
C. Clasificación taxonómica	16

2.2.3. Colorantes	17
A. Generalidades	17
B. Clasificación de los colorantes	17
C. Distribución de los colorantes naturales	18
D. Uso de colorantes naturales en textilería	19
2.2.4. Teñido	20
A. Generalidades	20
B. Mecanismo del proceso de tintura o teñido	20
2.2.5. Los mordientes	21
A. Generalidades	21
B. Mordientes ácidos y alcalinos	22
C. Características de los mordientes	22
D. Técnicas de mordentado	25
2.2.6. Colorimetría	25
A. Generalidades	25
B. Aspectos del color	26
C. Espacios de color L^* , a^* y b^*	27
D. Intensidad de color	28
E. Solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca	28
F. Determinación de la solidez	28
G. Metodología para determinar la solidez al lavado	29
2.2.7. Tecnologías limpias	29
A. Generalidades	29
2.3. Hipótesis	30
2.4. Definición de términos básicos	30
2.5. Definición operativa de variables e indicadores.	31

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. Tipo y nivel de investigación	32
3.2. Método de investigación	32
3.3. Diseño de investigación	39
3.4. Población y muestra	40
3.4.1. Población	40
3.4.2. Muestra	40
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.5.1. Análisis de intensidad de color de la fibra de alpaca teñida	41
3.5.2. Solidez al lavado	41
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1. Presentación de datos	42
4.1.1. Evaluación de intensidad de color	42
4.1.1.1. Análisis de varianza para luminosidad (L^*)	42
4.1.1.2. Análisis de varianza para la coordenada a^*	44
4.1.1.3. Análisis de varianza para la coordenada b^*	45
4.1.1.4. Análisis de varianza para el croma C^*	47
4.1.1.5. Análisis de varianza para el tono H^*	48
4.1.2. Resultado de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso	50
4.1.3. Evaluación de solidez al lavado	50
4.2. Análisis de datos	51
4.2.1. Evaluación de la intensidad de color	51
4.2.2. Resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida	54
4.2.3. Evaluación de solidez al lavado	55
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
ARTICULO CIENTIFICO	63
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLA

	Página
01 Clasificación de la fibra de alpaca de acuerdo al micronaje	13
02 Clasificación de los colorantes naturales	18
03 Propiedades físicas y químicas de alumbre (sulfato de aluminio-potásico)	24
04 Características del bicarbonato de sodio	24
05 Valores que determinan los diferentes rangos de solideces	28
06 Operacionalización de variables	31
07 Análisis de varianza para un diseño factorial completo	39
08 Descripción del diseño experimental	40
09 Análisis de varianza para la luminosidad L*(unidades codificadas)	42
10 Análisis de varianza para la coordenada a*(unidades codificadas)	44
11 Análisis de varianza para la coordenada b* (unidades codificadas)	45
12 Análisis de varianza para la coordenada C* (unidades codificadas)	47
13 Análisis de varianza para la coordenada H* (unidades codificadas)	48
14 Resultado de la medida de color de la fibra de alpaca teñida con aliso	50
15 Resultados de solidez al lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
01 Estructura de la fibra de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>)	11
02 Partes del vellón de la fibra de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>)	13
03 Partes de la corteza de aliso (<i>Alnus acuminata</i> H.B.K)	16
04 Aliso (<i>Alnus acuminata</i> H.B.K)	16
05 Mecanismo de proceso de tintura o teñido	20
06 Diagrama de espacios de color L*, a* y b	26
07 Diagrama de flujo del proceso de extracción de baño tintóreo de la corteza de aliso	33
08 Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de la fibra de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>)	35
09 Diagrama de flujo del proceso de teñido de fibra de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>) utilizando el baño tintóreo de la corteza de aliso	37
10 Diagrama de Pareto para los efectos principales L*	43
11 Gráfico optimizador de respuestas L*	43
12 Diagrama de Pareto para los efectos principales a*	44
13 gráfico optimizador de respuestas a*	45
14 diagrama de Pareto para los efectos principales b*	46
15 Gráfico optimizador de respuestas b*	46
16 Diagrama de Pareto para los efectos principales C*	47
17 Gráfico optimizador de respuestas para croma C*	48
18 Diagrama de Pareto para los efectos principales H*	49
19 Gráfico optimizador de respuestas para el tono H*	49
20 Resultados de la medida de color en la fibra de alpaca teñida con aliso	50

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
01 Resultado de análisis de intensidad de color (L^* , a^* , b^* , c^* y H)-primera repetición	88
02 Resultado de análisis de intensidad de color (L^* , a^* , b^* , c^* y H)-segunda repetición	89
03 Resultado de análisis de intensidad de color (L^* , a^* , b^* , c^* y H)-tercera repetición	90
04 Testimonio fotográfico	91

RESUMEN

Los colorantes naturales están siendo revalorados en la industria textil, debido a su importancia en la disminución del impacto ambiental, estos tintes en el teñido de diversas lanas y fibras están logrando obtener colores de calidad final similares al de los colorantes sintéticos. El trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar el tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K); para el desarrollo de la investigación primero se realizó la extracción de baño tintóreo de la corteza de aliso, luego se procedió al acondicionamiento de la fibra de alpaca, y finalmente se procedió al teñido de la fibra de alpaca utilizando el baño tintóreo de corteza de aliso, para lo cual se empleó 500 mL del baño tintóreo y 5 g de fibra de alpaca baby final, en el proceso de mordentado se empleó 2 y 4 gramos de alumbre y bicarbonato de sodio. Se encontró que, existe efecto significativo ($p < 0,05$), del tipo (A) y cantidad de mordiente (B) y la interacción del tipo y cantidad de mordiente (A*B) en los parámetros de color: coordenada a^* y b^* , además se encontró que existe efecto significativo ($p < 0,05$), del tipo de mordiente en los parámetros de color: Luminosidad (L^*) y coordenada cromática (C^*), pero en el tono (H^*) se comprobó que no existe efecto significativo ($p > 0,05$) del tipo (A) y cantidad de mordiente (B) y la interacción del tipo y cantidad de mordiente (A*B). Respecto al tratamiento A2T1 (2 g/500 mL del mordiente alumbre) indica que, empleando este mordiente y esa cantidad, es el que proporciona un producto de óptima calidad, en los parámetros: $L^* = 81,45$; $a^* = 5,98$; $b^* = 40,33$; $C^* = 28,65$; $H^* = 83,43$ y solidez al lavado. El resultado demuestra que el tratamiento A2T1 del trabajo de investigación presentado se puede afirmar que el teñido de fibra de alpaca con aliso son resistentes a pruebas de solidez al lavado en grado 4 muy buena (destine poco), Lo que más se busca en este tipo de teñidos naturales es una buena solidez al lavado, siendo el más solicitado el grado 4 en un rango del 1 al 5 además fomenta una tecnología limpia de teñido.

Palabras clave: Fibra de alpaca, aliso, mordiente, teñido, *Vicugna pacos*, *Alnus acuminata*.

ABSTRACT

The natural dyes are being revalued in the textile industry, due to its importance in reducing the environmental impact, these dyes in the dyeing of various wool and fibers are achieving colors of final quality similar to that of synthetic dyes. The main objective of the research work is to evaluate the type and amount of mordant in the color intensity and wash fastness of the fiber dyeing of Alpaca (*Vicugna pacos*) with Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K); for the development of the research, the extraction of the dye bath from the alder bark was carried out, then the alpaca fiber was conditioned, and finally the alpaca fiber was dyed using the alder bark dyeing bath, for which 500 mL of the dye bath and 5 g of final baby alpaca fiber were used, 2 and 4 grams of alum and sodium bicarbonate were used in the etching process. It was found that there is a significant effect ($p < 0.05$), type (A) and amount of mordant (B) and the interaction of the type and amount of mordant (A * B) in the color parameters: coordinate a^* and b^* , it was also found that there is a significant effect ($p < 0.05$), of the type of mordant in the color parameters: Luminosity (L^*) and chroma coordinate (C^*), but in the tone (H^*) found that there is no significant effect ($p > 0.05$) of the type (A) and amount of mordant (B) and the interaction of the type and amount of mordant (A * B). Regarding the A2T1 treatment (2 g / 500 mL of the mordant alum) it indicates that, using this mordant and that amount, it is the one that provides a product of optimum quality, in the parameters: $L^* = 81.45$; $a^* = 5.98$; $b^* = 40.33$; $C^* = 28.65$; $H^* = 83.43$ and wash fastness. The result shows that the A2T1 treatment of the research work presented can be affirmed that alpaca fiber dyeing with alder are resistant to washing tests in grade 4 very good (little destine), what is most sought in this type of natural dyeing is a good wash fastness, being the most requested grade 4 in a range of 1 to 5 also promotes a clean dyeing technology.

Keywords: Alpaca fiber, alder, mordant, dyed, *Vicugna pacos*, *Alnus acuminata*.

INTRODUCCIÓN

La industria textil a nivel industrial realiza los teñidos con colorantes sintéticos, debido a su facilidad de trabajo, en tiempos cortos de teñido, buena reproducibilidad de lote a lote, amplia gama en la obtención de colores que van desde los más limpios y brillantes hasta los oscuros e intensos, con muy buenas solidez al frote, lavado y luz. Debido a estas cualidades de los colorantes sintéticos, es que la utilización de colorantes naturales es muy reducida, aún más sobre la fibra de alpaca baby fina de 23 micras. En la actualidad los productores de fibra de alpaca de la región Huancavelica no realiza el proceso de teñido con colorantes naturales, a pesar de que la fibra peruana es la más reconocida mundialmente; en las antiguas civilizaciones como la pre- incaica (Perú), la maya (México) y la egipcia (Egipto) realizaban el teñido de sus mantos y telares con vistosos colores obtenidos de plantas e insectos, que hasta la actualidad se mantienen coloreados. El Distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica es reconocida como capital Alpacaquera en la esta investigación a nivel regional y también cuenta con recursos vegetales naturales entre hojas, flores, cortezas y raíces; que contienen pigmentos como ficobilinas, clorofila, carotenoides, flavonales, antocianinas, xantonas, naftoquinonas, betalainas, fenezinas, perinas, etc; uno de ellos es el Aliso (*Alnus Acuminata* H.B.K), el grosor del árbol de aliso tubo 30 cm de diámetro la corteza interna es de color anaranjada y rica en taninos y pigmentos de pirimidinas sustituidas como fenoxanizinas carotenoides que brinda coloración anaranjada a amarillo, este colorante se extrae de forma natural para no dañar los componentes de los pigmentos y utilizando mordientes naturales como el alumbre (sulfato de aluminio-potasico) y bicarbonato de sodio. El trabajo de investigación demuestra el desarrollo de una tecnología alternativa favorable al medio ambiente y demuestra las ventajas del teñido con colorantes naturales, así como la variedad de colores que se pueden obtener según el colorante y mordiente usado. Con el uso de colorantes naturales en el teñido de fibras proteicas se busca minimizar la cantidad de contaminantes en los efluentes del proceso de teñido, tales como metales pesados y otros. La tecnología utilizada en esta investigación puede ser transferida a los pequeños y medianos empresarios Agroindustriales obteniendo productos ecológicos con fines de artesanía textil.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad la crianza de Alpacas en la región Huancavelica constituye una actividad principal, debido a que uno de los productos finales es su fibra. El distrito de Pilpichaca provincia de Huaytará departamento de Huancavelica es netamente reconocida como zona Alpaquera, la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*), tiene bajos precios en el mercado local por una débil organización, Por otro lado, los mayores problemas que enfrentamos es la dependencia de colorantes químicos y sintéticos en el proceso de teñido en su gran mayoría sus desechos son depositados en ríos, laderas y provocan en gran parte a la contaminación de medio ambiente por ende a la salud de los seres vivos. También se ha visto que en la corteza de Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) se encuentra una concentración de taninos hidrolizables, colorante vegetal y natural de color naranja intenso que tiene la capacidad tintórea, la corteza de esta planta no se aprovecha en ningún proceso solo se utiliza el tronco para productos de carpintería mas no la corteza más aun lo desechan como materia orgánica el aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) se encuentra al alcance de nuestras manos en toda época del año así podremos dar el uso en el proceso de teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con la corteza de Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) y para fijar el color se podrá utilizar los mordientes naturales como es el alumbre (sulfato de aluminio-potasico) y el bicarbonato de sodio en una cantidad menor, estos productos son para fijar el colorante del Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) hacia la fibra. La misión de los mordientes es servir de puente o enlace entre el tinte y las fibras, es decir, con capacidad de resistir a la acción del agua, el rozamiento, la luz solar y el paso del tiempo que son los cuatro factores que actúan en contra de la perdurabilidad de los colores en los textiles. En este trabajo de investigación se evaluó la intensidad de color de la fibra teñida, también la solidez al lavado de dicho producto teñido con un recurso natural y endémico (aliso) del distrito de Pilpichaca. En respuesta a esta situación económica han motivado la ejecución del presente trabajo de investigación y de esta manera promover la rentabilidad y competitividad económica.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) con aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) con aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.).

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tipo de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) teñida con corteza de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.).
- Determinar el efecto de la cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) teñida con corteza de aliso (*Alnus Acuminata* H.B.K.).
- Establecer la metodología de teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) con la corteza de aliso (*Alnus Acuminata* H.B.K) y diferentes tipos de mordiente.

1.4. Justificación

En el presente trabajo de investigación se promueve el uso de colorantes y mordientes naturales en el teñido de fibras de alpaca dando una alternativa para disminuir el problema de la contaminación al medio ambiente y a la salud; utilizando como recurso vegetal a la corteza de Aliso que no es aprovechado de ninguna forma y que contiene un colorante de color naranja intenso muy aceptable y capaz de teñir fibras vegetales y animales para la confección (artesanía); porque al emplearse los tintes naturales, se está solucionando el uso de colorantes químicos. También se pretende revalorar el uso de la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), ya que cuya característica es su finura, una manera muy eficiente de dar un valor agregado a este

producto de excelente calidad es mediante el teñido con productos naturales más aún si se tiene en cuenta la gran perspectiva que posee la exportación de productos no tradicionales especialmente aquellos que no han sido intervenidos con productos químicos por ello se proyecta dar un valor agregado a la corteza de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) como colorante vegetal por lo que se encuentra en cualquier época del año, como mordiente el alumbre (sulfato de aluminio-potásico) y bicarbonato de sodio y la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), como fibra animal para consolidar un manejo adecuado y alargar la vida útil de los subproductos y beneficiar a la población que se dedique a la ganadería ya que puedan realizar sus propios procesos de teñido con las materias primas que está al alcance del poblador y poder dar rentabilidad económicamente a la población.

En la actualidad existe un interés mundial por retomar el uso de los tintes orgánicos, para la tinción de fibras o lanas en los productos de artesanía utilizando el método directo y sencillo de esta manera minimizar los costos de teñido.

La investigación tuvo como propósito inculcar al distrito de Pilpichaca, perteneciente a la región Huancavelica, a emplear diversas alternativas, métodos de conservación, aprovechamiento en teñidos de fibras e hilos, y para ello se determinó el tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) teñida con corteza de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) de esta manera obteniendo un producto de calidad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Calderón¹ extrajo y caracterizó el extracto tintóreo obtenido de una especie forestal guatemalteca: aliso común (*Alnus jorullensis HBK*), para evaluar la factibilidad de uso como materia prima en la industria textil, para ello utilizaron 3 tipos de extractores (agua, etanol al 35% (v/v) y etanol al 70% (v/v)) y 3 tipos de tamaño de partícula de corteza seca (rangos entre 495 y 420 micrones, 420 y 297 micrones, 297 y 250 micrones), con 3 repeticiones para cada una, resultando 27 extracciones en total. Así mismo se realizaron 27 extracciones en total para determinar el porcentaje de rendimiento del extracto en función del tipo del solvente y tamaño de partícula. Llegando a concluir en que los mayores rendimientos obtuvieron al utilizar el solvente agua al 35% (v/v), utilizando un tamaño de partícula entre 297 y 250 micrones, el cual tuvo un promedio del 15,78%; además la presencia de flavonoides y taninos, no se fue afectada por el tipo de solvente ni el tamaño de partícula a utilizar, ya que todos los extractos presentaron los mismos.

Cavenago *et al.*² realizaron una investigación sobre el teñido de 3 tipos de colorantes naturales de estructuras: Curcuminoide (Colorante proveniente de la planta *Cúrcuma Longa*: Palillo, nombre comercial Globe Yellow 7%), Xantófila (Colorante proveniente de la planta *Bixa Orellana*: Achiote, nombre comercial Globebix EXL), y Antroquinónica (Colorante proveniente del insecto Grana Cochinilla, nombre comercial Carmín Líquido 3K), sobre sustrato de alpaca Suri, trabajaron con las variables pH y concentración de mordiente alumbre; y definiendo como parámetros las características propias del sustrato y en base a bibliografía los parámetros de teñido que se realizan para procesos en fibras proteicas con colorantes sintéticos. Concluyeron que el pH causa los cambios de matiz para los 3 tipos de colorantes, resultando que, a menor pH, la igualación del teñido se ve afectada, sin embargo, la calidad del hilado se conserva. A pH básico la fibra proteica de alpaca Suri se ve dañada, con buen cubrimiento punta raíz. Respecto a la cantidad de mordiente alumbre, la bibliografía indica que una cantidad excesiva de mordiente alumbre podría dañar la calidad del hilado, por lo que las pruebas preliminares partieron desde

2,5% de alumbre, terminando en 25%, siendo esta última la que dio mejores resultados respecto a solidez, matiz brillante y la resistencia del hilado se ve conservada.

Obando³ exhortó a la disminución de la contaminación ambiental mediante la utilización de colorantes naturales en los procesos de tintura de lana, los mismos que los encontramos al alcance de nuestras manos según la época del año y la zona en la que nos encontremos, pudiendo obtenerse colorantes de las diferentes partes tales como las vainas del guarango, las plantas de manzanilla excepto la raíz, los frutos del shanshi, las hojas del nogal; este tipo de tinturas se llevan a cabo desde la antigüedad por nuestros antepasados obteniéndose resultados extraordinarios en cuanto a solidez al paso del tiempo, al color; hoy se hace imprescindible retomar este tipo de tintes debido a las bondades que prestan al medio ambiente logrando un producto terminado etiqueta verde, en estos procesos intervienen productos que ayudan a la fijación del colorante en la fibra llamados mordientes los cuales pueden ser naturales y artificiales además que brindan a los hilos de lana propiedades como brillo, solidez a la luz, entre otros hemos escogido dos combinaciones de mordientes, Primera: Alumbre y Crémor Tártaro, Segunda Alumbre y Sulfato de Cobre debido a que no son tan agresivos con el ecosistema y también a las propiedades que brindan a los hilos de lana; los resultados obtenidos son positivos; del guarango se obtuvo colores en la gama de los marrones, de la manzanilla tonos en la gama de los habanos, del shanshi la gama de los grises, del nogal una gama de los cafés con excelentes propiedades tintóreas como homogeneidad, excelente solidez al frote, a la luz y al lavado, en lo que a costos se refiere, tinturar con colorantes naturales es 1 a 4 veces mayor en comparación con los colorantes artificiales, esto se debe principalmente a los diversos procesos por los que tiene que pasar como son preparación de colorante, mordentado y tiempo de agotamiento; pero en comparación con el costo-beneficio del medio ambiente pues este último será siempre mejor.

Casimiro⁴ determinó el principio activo presente en el colorante del *Prunus capuli Cav* (guindas) para el teñido de mezclas de lana de ovino y alpaca. Para el desarrollo de la investigación primero se realizó la clasificación botánica de la planta del *Prunus*

capuli Cav (guindas), determinando sus principales características morfológicas. Luego se procedió a la extracción del colorante con la ayuda de un equipo Soxhlet realizando dos extracciones sucesivas; la primera extracción se realizó con éter anhidro para eliminar clorofila y lípidos que contenía en mínima cantidad. La segunda extracción se realizó con metanol al 0.01% HCl, se separó una cantidad para realizar reacciones de reconocimiento específicas para antocianinas por el método de pH, con la adición de HCl₂N para un pH 3 la coloración es rojo, con NaOH se obtuvo un pH 8.5 la coloración es violeta y pH 11 la coloración es azul verdoso, con esta prueba se afirmó que se trata de una cianina – 3,5 – diglucósido; la otra parte del extracto metanólico se concentró; el colorante libre de solvente y agua se procedió a purificar, para ello se emplearon los métodos cromatográficos de papel y columna, como sistema de eluyentes fue BAW (butanol – ácido acético – agua; 4:1:5), ácido clorhídrico 1% y HOAc – HCl (agua – ácido acético glacial – ácido clorhídrico 12N; 82:15:3) para ambas cromatografías. Una vez purificado el colorante se realizaron los análisis espectrofotométricos de UV – VIS, IR; donde en el análisis UV – VIS se obtuvo una longitud de onda 517 nm. En el espectro de infrarrojo muestran los grupos funcionales presentes en la estructura de la cianina – 3,5 – diglucósido. Una vez identificado el principio activo se realizó el teñido en la mezcla (50% ovino - 50% alpaca) mordentado con Al₂(SO₄)₃.18H₂O. También se realizó la termodinámica y cinética en el proceso de teñido obteniéndose como resultado: En el espectro de infrarrojo muestran los grupos funcionales presentes en la estructura de la cianina – 3,5 – diglucósido. Una vez identificado el principio activo se realizó el teñido en la mezcla (50 % ovino – 50 % alpaca) mordentado con Al₂(SO₄)₃.18H₂O. También se realizó la termodinámica y cinética en el proceso de teñido obteniéndose como resultado: para 1.5% de mordente ΔG (cal/mol) = - 485.6094, ΔH (cal/mol) = -0.2361, ΔS = 1.3828, Flux difusivo (J) = 3.4886 x 10⁻⁹ cm².ppm/min, coeficiente de difusión experimental (D) = 2.998 x 10⁻⁹ cm²/min; t = 30 minutos; Para 2.0% de mordente ΔG (cal / mol) -79.0294, ΔH (cal / mol) -0.0384 , ΔS = 0.2250, Flux difusivo (J) = 3.5554 x10⁻⁹ cm².ppm/min, coeficiente de difusión experimental (D) = 3.5676 x 10⁻⁹ cm²/min; $2 / 1t$ = 26 minutos. Del trabajo de investigación presentado se puede afirmar que los teñidos con *Prunus capuli Cav* (guindas) son resistentes a las pruebas de solidez.

Paredes⁵ utilizó los diferentes mordientes y sus mezclas, obtuvo una variedad de colores y tonos, tanto en la lana como en el nylon, que van desde el amarillo al café y los verdes. En los ensayos realizados se determinó que es un colorante que presenta afinidad con la lana y con el nylon, más no con el poliéster, algodón ni acrílico, ya que es un colorante de carácter ácido. En los procesos de tintura, el uso de un ácido aclara el baño, en cambio al utilizar un álcali se oscurece el baño. Al realizar las pruebas de solidez se obtuvieron los siguientes resultados: en la fibra de alpaca teñida con aliso y en nylon la solidez al lavado resultó la escala 4, solidez a la luz la escala 4, en solidez al frote la escala 3 y solidez al planchado la escala 3, de acuerdo a las escalas de solidez, por lo tanto, la solidez al lavado y solidez a la luz es resistente en lana de ovino y nylon, no destiñe.

Soto⁶ propuso evaluar el efecto del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino (*Ovis aries*) con ayrampo (*Berberis sp*), con el método directo, utilizando agua destilada como fuente y como mordiente suero de leche (constante), además empleo la corteza (floema) y el tallo (xilema) de ayrampo y el tiempo de ebullición de 40 y 60 min. Llegando a concluir que existe efecto significativo ($p < 0,05$) de la parte del ayrampo (A), el tiempo de ebullición (B) y la interacción de la parte del ayrampo y el tiempo de ebullición (A*B) en los parámetros de color: luminosidad (L^*), coordenada a^* , coordenada b^* , croma (C^*) y tono (H^*), salvo en este último parámetro no existe efecto significativo ($p > 0,05$) del tiempo de ebullición (B). Determinó que, el uso de la corteza (floema) del Ayrampo y un tiempo de ebullición de 40 minutos en el teñido de fibra de alpaca teñida con aliso (*Ovis aries*) es el que proporciona un producto de óptima calidad, cuyos parámetros son: $L^* = 64,7$; $a^* = 6,8667$; $b^* = 45,0667$; $C^* = 45,3667$; $H^* = 81,3333$ y solidez a la luz buena (4 puntos), todos ellos con una deseabilidad cercana a 1.

Sánchez⁷ realizó la comprobación de la actividad tintorera en fibras orgánicas y sintéticas de la *Berberis halli*; llegó a concluir: que el mordentado anterior y posterior permite un teñido con alto rendimiento en las tres fibras lana, algodón y poliéster con porcentajes superiores al 95%. Pero la actividad colorante de *Berberis halli*, tiene

mayor afinidad por la fibra animal (fibra de alpaca teñida con aliso), debido a factores como fotosensibilidad y degradaciones enzimáticas que influyen en la textura, apariencia y permanencia del color, en la fibra sintética el teñido no es sólido.

Según Moldovan⁸ la industria textil es una de las más importantes y contaminantes debido a su emisión de compuestos químicos, representados por los colorantes sintéticos y auxiliares empleados, en las aguas residuales generadas. Los colorantes sintéticos utilizados actualmente suelen ser estables a la luz, la temperatura, acción de detergentes y a la degradación microbiana, por lo que son considerados compuestos altamente recalcitrantes y son complejos de eliminar por los métodos de depuración convencionales. La sustitución de los colorantes sintéticos por colorantes naturales obtenidos a partir de algas, presentan la ventaja de que son colorantes procedentes de recursos renovables, menores problemas de degradación en las aguas y, además, no presentan los inconvenientes detectados en otros colorantes procedentes de plantas que requieren grandes extensiones para su cultivo y con bajo rendimiento. El trabajo de investigación de Moldovan tuvo como objetivo principal estudiar la aplicabilidad de los colorantes obtenidos de 3 micro y macro algas: *Arthrospira platensis* (microalga), *Synechococcus sp.* (microalga), *Ulva sp.* (macroalga) en el proceso de tinción textil, con la finalidad de obtener una gama de colorantes que ofrezcan la posibilidad de obtener una tricromía y puedan en el futuro sustituir a los colorantes sintéticos para una moda sostenible. El objetivo principal fue alcanzado a través de 4 etapas de trabajo representadas por la identificación de cepas de algas con el contenido más alto de los colorantes deseados, representados por los metabolitos secundarios producidos por los organismos marinos y su cultivo en condiciones óptimas por institutos o empresas especializados en este campo. A partir de las 3 algas seleccionadas, se ha realizado la extracción de colorantes azules, rojos y amarillo/naranja, los cuales, fueron caracterizados por métodos instrumentales, empleando la espectrofotometría UV. La aplicación de colorantes extraídos de algas sobre tejidos de algodón se ha realizado vía un proceso de tinción por agotamiento y los parámetros del proceso fueron optimizados durante la presente investigación, teniendo en cuenta que los nuevos colorantes son sensibles a altas

temperaturas. Los resultados y la validación del proceso fueron realizados por la caracterización de los tejidos tintados empleando normas europeas para definir resistencias al lavado y al frote, mediciones de coordenadas cromáticas y el espectro de tejidos. El empleo de colorantes a partir de algas revela resultados aceptables y comparables con los colorantes naturales empleados en la industria a día de hoy, provenientes de otras fuentes. Obteniéndose valores 3-4 para solidez al lavado, representando un comportamiento definido como regular bueno. Por otra parte, las solidez al frote se valoran mejor, 4-5, como un comportamiento bueno. Así se demostró la posibilidad de aplicar colorantes a partir de algas sobre tejidos de algodón de manera satisfactoria. Los resultados obtenidos pueden conducir a la sustitución del uso de colorantes sintéticos por una fuente renovable, que podría transformar el proceso de tintura, en uno seguro para el medio ambiente y más económico frente a la eliminación del agua residual, generación de CO₂ (en la producción de colorantes sintéticos) y consumo de agua y energía.

Según Arroyo-Figueroa *et al.*⁹ actualmente existe un gran interés por retomar el uso de colorantes naturales en el área textil. Sin embargo, los colorantes naturales deben de cumplir con ciertos requisitos para poder ser introducidos en la industria. Uno de ellos es la solidez del color que presentan, ante determinadas pruebas. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la estabilidad del color en el teñido de lana y algodón con extracto de cáscara de cebolla morada (*Allium cepa*), a través de pruebas de solidez del color. La metodología consistió realizar el teñido de las fibras, con tres concentraciones del extracto de la cáscara de cebolla morada (50, 75 y 100%). Se realizaron pruebas de solidez a los ácidos y álcalis, lavado a temperaturas altas, lavado doméstico, frote en seco y luz artificial. Se midió el color a las muestras teñidas antes y después de las pruebas, y se calculó el valor ΔE . Se encontró que las pruebas que afectan en mayor medida a la fibra de lana son las de lavado a temperaturas elevadas y lavado doméstico y para la tela de algodón las que más afectaron son las de lavado a temperaturas elevadas y luz artificial. Con esta investigación se puede ayudar a encontrar procesos que aumenten la solidez final en las prendas teñidas con colorantes naturales.

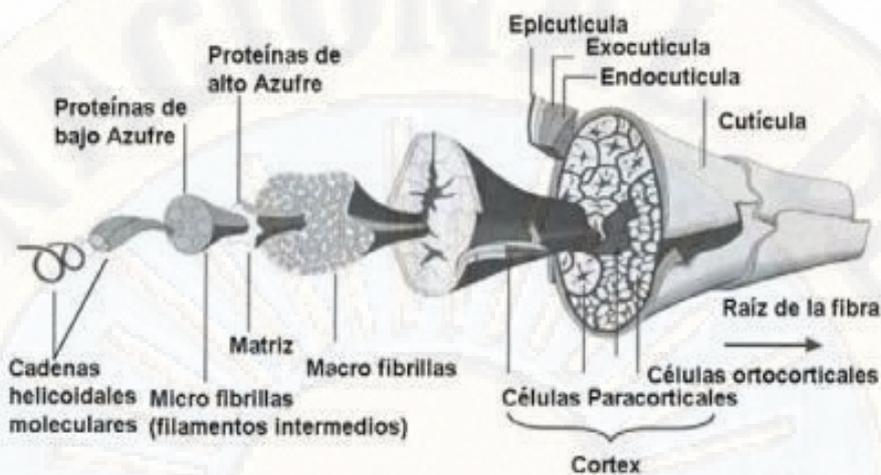
2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fibra de alpaca (*Vicugna pacos*)

A. Generalidades

La fibra está compuesta por la proteína queratina producto de la excreción celular en un folículo. la fibra de alpaca tiene varias características que los hacen ser muy convenientes como insumo para la industria textil. Son bastante flexibles y suaves al tacto, tienen poca capacidad inflamable y de afeitamiento, son poco alérgicas y las prendas que se confeccionan con ellas son bastante agradables a la observación, lo cual es remarcado especialmente en abrigos; asimismo los vestidos exhiben unos excelentes pliegues, apariencia, caída y lustrosidad los cuales dan la sensación de ser nuevos a pesar de que puedan tener tiempo de uso. En referencia a las fibras de alpaca y vicuña, además que resaltan por su suavidad exhiben alta resistencia a la tracción (con valores mayores a 40 N/ktex) lo cual es muy importante para los procesos textiles, pues prendas que se fabrican con lana o fibra que tienen baja resistencia la tracción permiten la formación de “neps” (aglomeraciones circulares de fibras con núcleos bien definidos entre 1 y 4 mm) que es una característica inadecuada de toda prenda de vestir. Su resistencia a la tracción se mantiene mientras más fina sea, volviéndola ideal para procesos industriales. Además, la fibra blanca de alpaca es fácil de teñir a cualquier color y las fibras de color natural siempre mantienen su lustre natural. Así mismo su capacidad de absorber humedad del medio ambiente es relativamente baja (solo un 10 al 15%), por lo que su aspecto no es afectado, y debido a su estructura especial la suavidad de las prendas es comparables a las prendas elaboradas de fibra de alpaca teñida con aliso que tiene 3 o 4 micras menos de diámetro¹⁰.

La importancia económica que tiene la producción de alpacas se debe a que su fibra es un producto cotizado en el mercado internacional como una fibra de alta calidad por su finura. La fibra de Alpaca es un recurso en potencia que es necesario impulsar, sobre todo para beneficiar a los campesinos de altura en las zonas altoandinas. La fibra de Alpaca se ubica en el mercado internacional de pelos finos junto con otras fibras como el mohair, el cashmere y el angora, todas ellas con una alta presencia en el mercado¹⁰.



Fuente: Zarate⁹.

Figura 1. Estructura de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*)

B. Características fisicoquímicas de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*)

- Baja combustión (incendios)
- Capacidad termodinámica (aislamiento)
- Capacidad higroscópica
- Afinidad a colorantes
- Elástica y extensible
- Resistente a la fricción, pisoteo o doblamiento
- Antialérgica
- Óptica blanco lustroso (brillo)

C. Características más importantes de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*)

Según Zarate¹⁰ las características de la fibra de Alpaca son:

- **Finura.** Es la medida del grosor de la fibra, también se denomina diámetro de fibra y se mide en micras. Es la característica que determina la calidad y precio de la fibra.
- **Rizo.** Son las ondas o número de ondulaciones que se presentan a lo largo de la fibra. Se mide por el número de ondulaciones y amplitud o distancia de las ondas.

Esta característica influye en el volumen y elasticidad durante la torsión del hilo y también en la conservación del calor.

- **Uniformidad.** Es la característica que se relaciona con la finura. Se mide como porcentaje de coeficiente de variabilidad (CV).
- **Longitud.** Es el largo de la fibra y se mide en centímetros (cm). Esta característica es influenciada por la alimentación.

D. Propiedades generales de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*)

Según Zárate¹⁰ las propiedades generales de la fibra de alpaca son:

- **Elasticidad y capacidad de tensión al hilado:** Otorgada por la uniformidad y sincronizado del rizo que se da en el crecimiento natural de la fibra.
- **Sensación de suavidad:** Esta dada por la tersura, la humedad y el carácter mismo de la fibra.
- **Propiedad Térmica:** Actúa como un aislante que mantiene la temperatura corporal en sus niveles normales; esto debido a la cavidad o vacío de aire que posee cada una de las fibras.
- **Resistencia a la tracción y flexibilidad:** Sobresaliendo en resistencia ampliamente a comparación de otras fibras como la lana de Merino y el Mohair.
- **Durabilidad:** Se conserva admirablemente en el tiempo, no sufriendo daños por hongos u otros microorganismos.
- **Color:** Obteniéndose más de veinticinco colores naturales, tonos que van desde blancos, grises, marrones hasta llegar al negro.

E. Clasificación de fibra de Alpaca de acuerdo con el micronaje

La clasificación es un proceso manual mediante el cual el vellón de fibra grasienta es separado en diferentes grupos de calidades. Este proceso se encuentra regulado por las Normas Técnicas Peruanas en las que se especifican las calidades de la fibra de Alpaca¹¹.

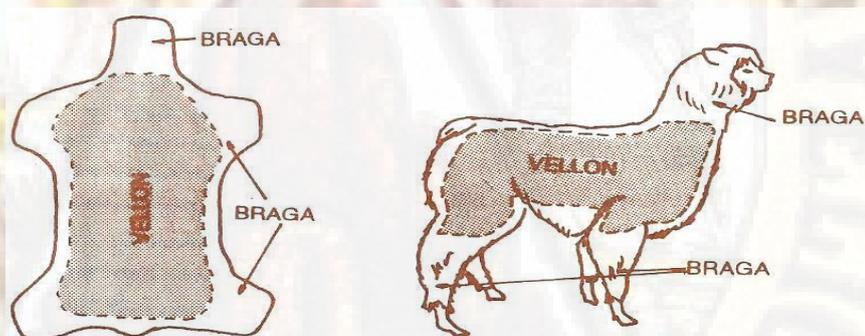
Tabla 1. Clasificación de la fibra de Alpaca de acuerdo con el micronaje

Grupos de clasificación	Finura (μm)	Largo mm	Humedad max (%)	Sólidos minerales max (%)	Grasa max (%)
Alpaca Baby	Hasta 23	65	8	6	4
Alpaca Fleece	23,1 a 26,5	70	8	6	4
Alpaca Médium fleece	26,6 a 29	70	8	6	4
Alpaca Huarizo	29,1 a 31,5	70	8	6	4
Alpaca Gruesa	Más de 31,5	70	8	6	4
Alpaca Corta	-	20 – 50	8	6	4

Fuente: De los Ríos¹².

F. Delimitación de las Partes del Vellón

En las figuras se puede apreciar que el vellón propiamente dicho está constituido por la zona de la paleta, costillar medio, grupón y muslo, zonas de mayor uniformidad de finura y longitud. Las bragas están conformadas por patas, barriga y cuello; zonas heterogéneas y variables¹².



Fuente: De los Ríos¹³.

Figura 2. Partes del vellón de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*).

2.2.2. Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.)

A. Generalidades

El aliso es una de la especie ampliamente distribuida en América, es un Árbol silvestre y cultivado, de tamaño mediano, ampliamente distribuido en la sierra y vertientes orientales andinas, muy cerca de las fuentes de agua. Este árbol da una madera

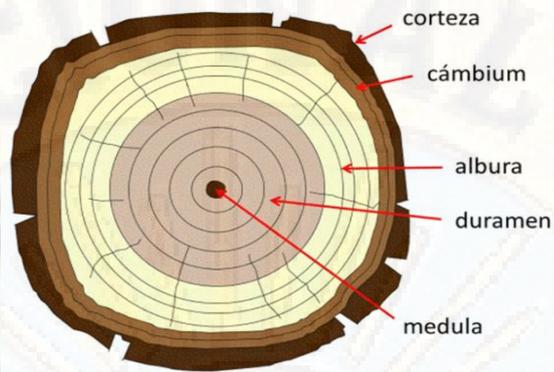
blanca y suave muy apreciada para la fabricación de muebles rústicos. También posee propiedades medicinales y actúa contra la fiebre, hemorragias, gripe, como cicatrizante y anti reumático. De la corteza del aliso se obtiene un tinte de color marrón, que fue utilizado en el teñido de los textiles prehispánicos Descripción botánica: El aliso es un árbol que crece de mediano hasta grande. Posee hojas alternas y puntiagudas con los bordes finamente dentados. Su inflorescencia es alargada y da un fruto en forma de cono con escamas y semillas aladas. La madera del aliso es blanca y suave. El aliso es uno de los árboles más apreciados y comunes en toda el área andina. Fue cultivado en épocas prehispánicas. En el arte textil de las culturas Ancón, Chancay, Inca, Nazca, Tiahuanaco y Wari, se han observado fibras de color marrón, anaranjada, amarilla, teñidas con las hojas y cortezas de aliso. Los antiguos peruanos también usaron la madera de este árbol para la confección de vigas largas empleadas en la construcción de viviendas. Y en medicina popular, para el tratamiento de enfermedades reumáticas, inflamaciones y heridas infectadas. Las sub especies y sinónimos *Alnus acuminata* H.B.K, *Alnus jorullensis* H.B.K, *Alnus jorullensis* H.B.K. var. *Ferruginea*¹³.

B. Morfología del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K)

La morfología de aliso es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm; excepcionalmente puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro. Tiene fuste recto, con aletones pobremente desarrollados, y es cónico cuando crece sin competencia. La corteza es de color grisáceo, a veces plateado, con lenticelas amarillentas, ovales y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es irregular y generalmente es angosta. El aliso posee un sistema radical superficial y extendido¹³.

- **La raíz:** Presenta nódulos, como consecuencia de la simbiosis con un actinomiceto del género *Frankia*, posiblemente la especie *alnii*, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Los nódulos forman grupos hasta de 6 cm de diámetro y se concentran en los primeros cinco centímetros del suelo. Entre los componentes químicos de estos nódulos se halla un glucósido de color amarillo rojizo capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos.

- **Las Hojas:** Son simples, alternas, acuminadas, de forma elíptica u ovoide, de 8 a 15 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, con bordes dentados irregularmente. El haz es de color verde oscuro y algo brillante y el envés verde claro a grisáceo, y frecuentemente con pelos de color ocre o rojizo. Por ser una especie caducifolia, pierde las hojas antes de la floración.
- **Las flores:** Son unisexuales, dispuestas en inflorescencias llamadas amentos. Las flores masculinas se encuentran en amentos terminales en forma de espiga y de color verde amarillento de 5 a 12 cm de largo y caen enteros después de la floración; las flores femeninas se encuentran dispuestas en forma de piña), de cm de largo, de color verde y erectos.
- **Los frutos:** Están dispuestos en infrutescencias llamadas estróbilos, en forma de conos o piñas pequeñas, ovoides, de color verdoso a amarillento en estado inmaduro y marrón al madurar, con 1,5 a 3 cm de largo, escamas leñosas, algo aladas y persistentes donde se alojan las semillas. Un árbol adulto puede producir de 6000 a 10000 frutos, cada una con 80 a 100 semillas.
- **La semilla:** Es elíptica, plana, de color marrón claro brillante, de 0,65 a 1,34 mm de largo, con dos alas angostas y pequeñas. El peso de la semilla es variable y algunos autores indican que su variación se relaciona con la latitud de la región de procedencia, encontrándose entre 1400000 y 4400000 semillas viables por kilogramo.
- **La corteza (floema):** Parte externa de color gris oscuro, plumiza, liza y con pocas deformaciones, provista de lenticelas visibles conspicuas y de cicatrices anulares. La corteza interna es de color amarillo y rica en taninos y pigmentos de pirimidinas sustituidas como Fenoxanizinas carotenoides que brindan coloración anaranjada a amarillo.



Fuente: Ospina *et al.*¹³

Figura 3. Partes de la corteza de Aliso (*Alnus Acuminata H.B.K.*).

C. Clasificación taxonómica:

Según Ospina *et al.*¹³ la clasificación taxonómica indica:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Subclase : Hamamelidiadae
- Orden : Fagales
- Familia : Betulaceae
- Género : *Alnus*
- Especie : *Alnus acuminata* H.B.K



Según Ospina *et al.*¹³

Figura 4. Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.).

2.2.3. Colorantes

A. Generalidades

Los colorantes son sustancias que tienen la propiedad de transferir color a las fibras. Los tintes naturales desempeñan papeles muy diversos en las plantas o animales de que proceden y no existe necesariamente una correspondencia entre el color de la planta y el tinte que de ella se obtiene. Algunos de ellos pueden centrarse muy sencillamente. Los solubles en agua y hasta dar un hervor a la parte de la planta que lo contiene. Algunas sustancias tiñen por sí mismos. Con los llamados tintes substantivos. Tienen una afinidad natural hacia la fibra de lana, a la que se unen químicamente. Otras sustancias necesitan de un vehículo intermedio para ceder el color. Este vehículo se llama mordiente. Los tintes naturales son sustancias obtenidas de diferentes partes de la planta con cualidades de colorear o teñir, mediante diferentes procesos. Dentro de estos procesos está la maceración, la fermentación la cocción. Los colorantes quedan detenidos en las sustancias que colorean (substrato) por la adsorción física, por retención mecánica, por formación de enlaces covalentes o de complejos como sales o metales, o bien por disolución. Dentro de los colorantes se pueden diferenciar entre los pigmentos (que mantienen la estructura cristalina) y tintes (pierden la estructura cristalina cuando se disuelven o vaporizan) etc. Los tintes naturales fueron los únicos usados desde la antigüedad hasta que se descubrieron los sintéticos a mediados del siglo XIX, acompañando la evolución de la humanidad para satisfacer su necesidad de llevar el color a los textiles que formaban parte de su vida cotidiana. Los tintes naturales se obtienen a partir de diversas fuentes vegetales, minerales o incluso animales¹⁴.

B. Clasificación de colorantes

Según Flores¹⁴ se clasifican en:

- **Colorantes artificiales:** Los colorantes sintéticos o artificiales, aunque son compuestos de composición variable, son básicamente derivados del benceno, tolueno, y naftaleno como es el caso de la anilina. Otros como los azoicos se usan para las gamas de los amarillos, anaranjados y rojos. También hay otros colorantes que se fabrican añadiendo grupos químicos, como por ejemplo grupos

amino (-NH₂), nitro (-NO₂), o halógenos como el flúor, cloro o bromo, a un sistema de anillos aromáticos. Generalmente poseen grupos de ácidos sulfónicos en su estructura, los cuales le confieren solubilidad y estabilidad.

➤ **Colorantes naturales:** Los términos colorantes naturales y tintes naturales hacen referencia a colorantes o tintes derivados de plantas, invertebrados o minerales. La mayor parte de los colorantes naturales son colorantes vegetales provenientes de plantas – raíces, bayas, cortezas, hojas y madera, y otras fuentes orgánicas como, por ejemplo, los hongos y los líquenes. Las Potencialidad de los colorantes naturales son¹⁴:

- Calidad y originalidad de estos al utilizarlos
- Estabilidad de los colores una vez aplicado
- La gama de colores que se pueden extraer de la especie.
- Diferencias respecto a los colorantes de síntesis

C. Distribución de los colorantes naturales

Los colorantes naturales pueden ser clasificados, según su naturaleza química en diversos grupos. Como fuentes naturales de estos colorantes se pueden considerar las plantas superiores, las algas, hongos y líquenes, algunos insectos, así como algunos organismos marinos invertebrados. La función de diversos pigmentos que se encuentran en forma natural en plantas y animales es muy variada, tal es el caso de algunos fenoles que absorben la luz ultravioleta y pueden desempeñar la función de guiar a los insectos a las flores para realizar la polinización. Las quinonas (compuestos fenólicos) pueden actuar como sustancias tóxicas para defensa¹⁴.

Tabla 2. Clasificación de colorantes naturales según su composición.

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante
Tetrapirroloes	Ficobilinas	Azul-Verde
	clorofila	Verde
Carotenoides	carotenoides	Amarillo - anarajado
Flavonoides	Flaonas	
	Flavonales	

	Chalconas	
	Auronas	
	antocianinas	
Xantonas	xantonas	Amarillo
Derivados		
indigoides	naftoquinonas	Rojo-azul-verde
Pirimidinas	Indigo	Azul – rosado
sustituidas	betalainas	Amarillo – rojo
	Perinas	Blanco-amarillo
	Flavinas	Amarillo
	Fenoxanizinas	Amarillo-rojo
	fenazinas	Amarillo-purpura

Fuente: Flores¹⁴.

D. Uso de colorantes naturales en textilería

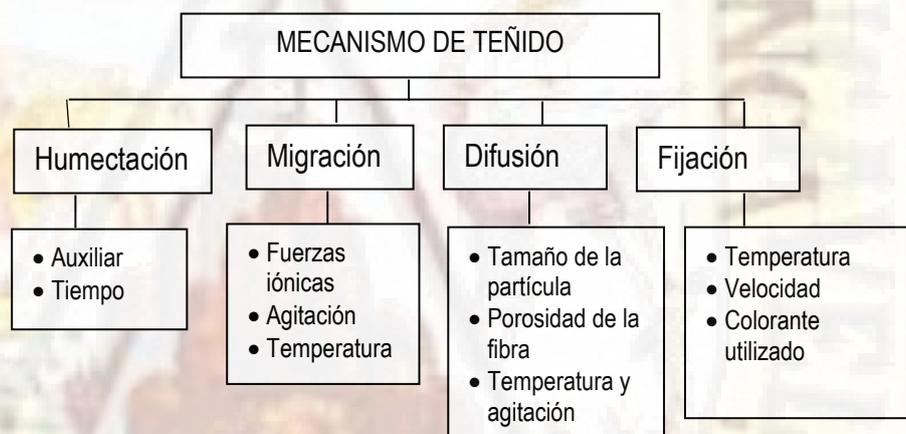
Debido a que, los colorantes contienen una gran capacidad de interaccionar con la fibra; es difícil predecir sin lugar a equivocación la manera de atracción de las moléculas del colorante por la fibra. Ambos, colorantes y fibra, poseen grupos capaces de atracción polar y no polar. Entre las fibras de origen animal se encuentran la lana, la seda, el mohair, la alpaca y algunas otras menos conocidas; todas ellas están basadas en proteínas. Los tintes naturales se fijan mejor en la lana, seda y mohair, tres de las fibras más comúnmente preferidas para teñir¹⁴.

El componente principal de las fibras es la queratina. Los grupos funcionales de la fibra desempeñan un papel en las fuerzas de atracción involucradas en la aplicación de los tintes a las fibras. Los tintes deben estar firmemente unidos a las fibras textiles a las que son aplicadas para resistirse a su eliminación, por ejemplo, con los lavados. Todos los colorantes deben tener un número de propiedades para ser útiles. La solidez de los colorantes usados para teñir fibras varía enormemente en su resistencia a la luz solar. La solidez a la luz está íntimamente influenciada por la fibra sobre la que se ha llevado a cabo la tintura, la temperatura del medio en el que el artículo recibe la acción de la luz; la humedad en el medio y la clase de atmósfera en

la que se lleva a cabo la exposición. Algunos tintes necesitan de un vehículo intermedio para ceder color. Este vehículo se llama mordiente. Los mordientes son sales minerales, de aluminio, cobre, estaño, etc. Los mordientes son sustancias que se emplean para fijar el tinte a las fibras. Fijan el color de modo permanente, mejoran la absorción por parte de las fibras y aumentan la resistencia del color frente a la luz, o los sucesivos lavados¹⁵.

2.2.4. Teñido

La historia del teñido es una de las actividades que acompaña el hombre desde hace muchos años atrás. Su importancia radica en las posibilidades de la creatividad e investigación que ofrece esta actividad. La materia colorante se extrae de raíces, cortezas, tallos, hojas vallas y flores de distintas plantas y de ciertos insectos y moluscos por medio de una serie compleja de procesos que, con pocos cambios se habían venido utilizando desde cientos de años antes¹⁶.



Fuente: González *et al.*¹⁶.

Figura 5. Mecanismo del Proceso de Tintura o teñido.

A. Mecanismo del Proceso de Tintura o teñido

Según Dean¹⁷ los mecanismos del proceso de tintura son:

- 1. Humectación:** Proceso en el cual se produce un hinchamiento de la fibra con el fin de facilitar la penetración del colorante. Se realiza con un humectante, y su función es disminuir la energía superficial del sustrato.

2. Migración: Es la etapa donde la materia colorante que se encuentra en dilución en el baño, comienza a moverse hacia la superficie del textil. La migración está controlada por:

- Las fuerzas iónicas: ocurren entre la fibra, el colorante y el auxiliar. Primero interactúa el auxiliar con la fibra, segundo el colorante y la fibra, debido a las atracciones iónicas.
- El pH del baño: a mayor pH menor será la migración.
- La temperatura: una elevada temperatura y agitación constante, favorecen una mayor migración del color.

3. Difusión: Es la penetración de los colorantes al interior de la fibra. La difusión está controlada por: El tamaño de partícula de los colorantes: a menor tamaño mayor es la difusión.

- La porosidad de la fibra: a mayor porosidad, mayor es la difusión del colorante.
- La temperatura y agitación: al aumentar estas variables existe mayor difusión.

4. Fijación: Es la adherencia de las moléculas del colorante en el interior de la fibra. La fijación depende de:

- Temperatura: a mayor temperatura mayor fijación, esta no se debe elevar rápidamente porque puede causar teñidos irregulares.
- Velocidad de difusión: aumenta con la temperatura y con el pH del baño.
- Colorante: para cada colorante existe una zona de pH máximo del cual dependerá la fijación.

2.2.5. Los Mordientes

A. Generalidades

Los mordientes son sustancias químicas, naturales y sintéticas que actúa como fijadores, puente o enlace teniendo como función abrir la porosidad de la fibra para facilitar a penetración del colorante y la fibra. Antiguamente se utilizaban productos naturales (agallas de roble, cerezas) actualmente se utilizan, por su acción más energía, fundamentalmente sales metálicas de aluminio, cobre, estaño. Al introducir

la fibra mordida en la disolución de tinte se forma un conjunto con el mordiente tinte que es insoluble. La naturaleza química de la disolución mordiente tinte puede ser ácida o alcalina¹³. Los mordientes pueden ser de origen natural o químico. Antiguamente se emplean productos naturales como: cenizas, orina o lejías, tierra, arcilla, hojas de aguacate, corteza de nogal, etc. Hoy en día el empleo de mordientes es de origen químico, la mayoría son sales minerales o metálicas como: aluminio, cobre y estaño, las cuales se disuelven en agua caliente separando el metal de la sal para posteriormente unirse a la fibra para fijar el tinte, las cuales enlazan, intensifican o cambian el color del baño de tintura y hacen que el color sea más fuerte a la luz, al lavado y al roce. El mordentado puede realizarse antes, durante o después del teñido, llamándose Premordentado cuando se realiza antes del teñido y Posmordentado cuando se realiza después del teñido¹⁵.

B. Mordientes ácidos y alcalinos

Según Pino¹⁵ menciona que, la acidez o alcalinidad de un baño de tinte afecta de manera determinante el resultado del teñido e incide en su éxito final. Por ello es muy importante controlar el pH que permite clasificar el líquido como ácido, neutral o alcalino.

- **Alcalinos:** Entre los alcalinos más requeridos se encuentran el alumbre, el hierro, el amoníaco, cenizas y lejías. Otros alcalinos son el carbonato de sodio. Los álcalis fuertes incluyen las lejías¹⁵.
- **Ácidos:** Entre los ácidos, el más común es el crémor tártaro. Otros ácidos menos fuertes son el limón y el vinagre. Los taninos son también ácidos. Los ácidos se emplean en fibras animales. Fibras como el algodón y otras de origen vegetal pueden ser dañadas por los ácidos. Todos los entonadores y fijadores tienen una característica común, modificar el pH del colorante¹⁵.

C. Características de los mordientes

Como ya se ha dicho son muy pocos los tintes que actúan sobre la fibra sin el recurso de un mordiente, puesto que incluso aquellos que actúan como ácidos bases que se incorporan a la estructura molecular de esta con buen resultado aparente son a la larga poco resistentes a la luz y agua¹⁵.

Según Pino¹⁵ los mordientes son:

- **Crémor tártaro (Tartrato de potasio):** Es un polvo blanco que siempre se utiliza en combinación con otros mordientes (alumbre) tiene la propiedad de dar brillantes y uniformidad al color. En los monoles antiguos se denomina resinas y se obtiene de la uva del fondo de los cubos de vino. Cromo (En bicromato potásico) (K_2Cr_2) Es un polvo o un cristal de color naranja fuerte.
- **Sulfato de cobre ($CuSO_4$):** Es un cristal azul turqueza. da de por sí un ligero tono verde a la lana por lo que es interesante para obtener colores verdes a partir de los tonos amarillos.
- **Vinagre:** El ácido acético es el vinagre común que se emplea en la cocina. Fija los colores y los deja más brillantes. Es indispensable en los rosas y rojos. Se utiliza el vinagre común de uva o la fermentación del plátano, manzana, etc.
- **Limón:** Contiene ácido acético. El jugo de limón tiende a avivar y a aclarar los colores.
- **Alumbre (Sulfato de aluminio – potásico):** El Alumbre es un sulfato triple compuesto por el sulfato de un metal trivalente, como el aluminio, y otro de un metal monovalente. Por ejemplo, sulfato de aluminio y potasio, sulfato de aluminio y amonio El alumbre es un mineral que se presenta en la naturaleza en forma de cristal. Se obtiene de una roca magmática, de origen volcánico, denominada traquita alunífera, que una vez procesada se convierte en alumbre potásico. Los cristales de alumbre pueden tener variaciones en apariencia, color o textura, aunque todos mantienen sus propiedades. No existe producción industrial de este compuesto, y suele encontrarse en forma de mineral de origen volcánico y las trazas proceden de la acción de las solfataras (una combinación de ácidos sulfúricos y anhídridos sulfúricos) sobre las rocas que contienen sales aluminóicas potásicas. El alumbre es una sal astringente que se emplea para aclarar las aguas turbias colocándose en los filtros donde pasan las corrientes; sirve de mordiente en tintorería y de cáustico en medicina, curtido de pieles, endurecedor del yeso. Se emplea en la fabricación de papel y antitranspirantes¹⁵.

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del Alumbre (Sulfato de Aluminio - Potásico).

Nombre químico	Sulfato de aluminio	Conformidad
Sinónimos	Alumbre, torta de alumbre	
Formula	$KAl_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	
Familia Química	Salas Inorgánicas	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento
Estado Físico	Sólido Granulado	
Apariencia	Olor blanco sin olor Característico	
pH	8.3 alcalino en agua	

Fuente: Pino¹⁵.

➤ **Bicarbonato de sodio:** También llamado bicarbonato sódico o hidrogenocarbonato de sodio o carbonato ácido de sodio es un compuesto sólido cristalino de color blanco muy soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio, de fórmula $NaHCO_3$. Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente. Cuando se expone a un ácido moderadamente fuerte se descompone en dióxido de carbono y agua. El bicarbonato de sodio se usa principalmente en la repostería, donde reacciona con otros componentes para liberar CO_2 , El bicarbonato de sodio se utiliza como un agente alcalinizante¹⁵.

Tabla 4. Características de Bicarbonato de sodio

Parámetros	Especificación	Conformidad
Nombre comercial	Bicarbonato de sodio	
Formula química	$NaHCO_3$	Es un
Peso molecular	80 g/mol	producto de
pH	8.1 alcalinizante	grado
Estructura	Finos cristales de color de color blanco	alimentario

Fuente: Pino¹⁵.

D. Técnicas de Mordentado

Según Pino¹⁵ la mayoría de los tintes naturales requieren de ciertos fijadores o asistentes para poder teñir, estas sustancias son denominadas mordientes, mismas que pueden ser de origen natural o químico, las cuales facilitan la fijación del tinte a la fibra, además funcionan como elementos de uniformidad y brillo de color. El mordentado puede realizarse antes, durante o después del teñido e implica generalmente agregar el mordiente en agua caliente junto con la fibra que puede estar o no teñida¹⁵.

Pino¹⁵ menciona los tres procesos de mordentar:

- **Método directo.** Utilizado desde la antigüedad y consiste en introducir la fibra directamente al tinte juntamente con el mordiente.
- **Pre mordentado.** Se introduce la fibra sin teñir en agua tibia que contenga un mordiente en suficiente cantidad para que cubra la fibra. Se deja calentar a un punto de ebullición por un lapso de 30 minutos a una hora agitando constantemente.
- **Post mordentado.** Se coloca la fibra previamente teñida y/o pre – mordentado en agua tibia que contenga un mordiente. Este procedimiento tiene por objeto cambiar la tonalidad del baño o reforzar la solidez al lavado.

2.2.6. Colorimetría

A. Generalidades

La colorimetría es la determinación cuantitativa de la profundidad del color. Es decir, se trata de una técnica de carácter instrumental que tiene como objetivo final la determinación de la absorción de la luz visible a partir de una muestra. Esta muestra, a su vez, puede ser una sustancia sumamente pura, o bien, una mezcla o una disolución específica. De esta forma, la colorimetría desarrolla continuamente una serie de métodos, con el objetivo de realizar una cuantificación de los colores, siempre teniendo en la meta a la obtención de todos los valores numéricos con los que cuentan los colores²⁰.

El color es un atributo que percibimos de los objetos cuando hay luz. La luz es constituida por ondas electromagnéticas que se propagan a unos 300 000 kilómetros

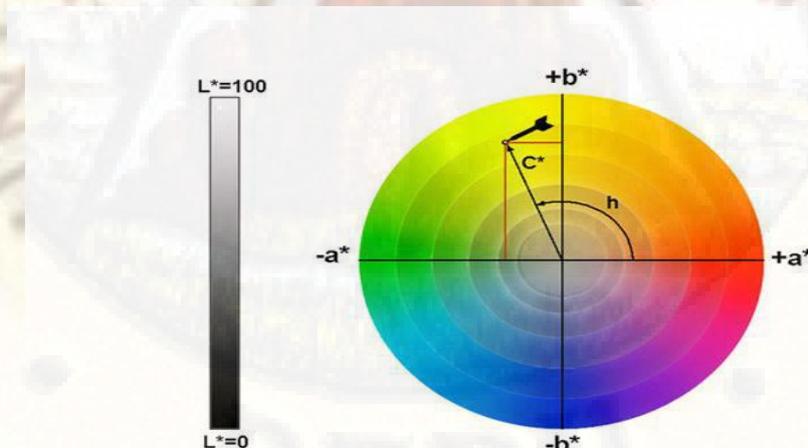
por segundo. Esto significa que nuestros ojos reaccionan a la incidencia de la energía y no a la materia en sí. Según Münsell²⁰ Identifico los atributos:

- **Tono (HUE)**, matiz o croma es el atributo que diferencia el color y por la cual designamos los colores: verde, violeta, anaranjado etc.
- **Saturación (Saturation)**, es la intensidad cromática o pureza de un color.
- **Brillo (Brightness)**, es la cantidad de luz emitida por una fuente lumínica o reflejada por una superficie.
- **Luminosidad (Lightness)**, es la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación.
- **Valor (Value)** es la claridad u oscuridad de un color, está determinado por la cantidad de luz que un color tiene.

B. Aspectos del color

Según Münsell²⁰ son:

- **Matiz o tonalidad:** Es el nombre del color.
- **Brillo:** Es la intensidad subjetiva con la que vemos el color, ya que depende del ángulo con que se observa superficie. Ejemplo: la luz blanca no tiene color, pero tiene brillo.
- **Saturación:** Es la pureza de un color. Cuanto más blanco contiene, menos saturado está el color.



Fuente: Münsell²⁰.

Figura 6. Diagrama de espacios de color L*, a* y b*

C. Espacios de color L^* , a^* y b^*

En este código, la L^* representa la luminosidad o claridad del color; la a^* es el componente rojo (cuando es positiva) o verde (si es negativa); mientras que la b^* representa el componente amarillo (si es positiva) o azul (si es negativa).

En el gráfico aparecen también los códigos C^* y h . C^* representa el “croma” (cantidad, pureza o saturación del color) y h corresponde al “tono”, definido como el ángulo (en grados) en la rueda de los colores. (C^* y h no son más que las coordenadas cilíndricas polares equivalentes a las cartesianas a^* y b^*).

Según Gilabert ²¹ menciona que, tras los esfuerzos encaminados a lograr un espacio de color lo más uniforme posible, la CIE (Comisión Internacional d' Ecléragé) o Instituto Internacional del color recomendó en 1976 el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, adoptado también como norma UNE. Este espacio es un sistema coordinado cartesiano definido por tres coordenadas colorimétricas L^* , a^* , b^* , magnitudes que derivan matemáticamente de los valores de las coordenadas triestímulo. A continuación, se comenta la especificación de los parámetros colorimétricos del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$.

- **L^*** : recibe el nombre de “luminosidad”, atributo según el cual una superficie parece emitir más o menos luz. Para superficies reflectoras o transmisoras se reserva el término de “claridad”, por la que un cuerpo parece reflejar (o transmitir) por difusión una fracción mayor o menor de la luz incidente. Puede tomar valores entre 0 (negro absoluto) y 100 (blanco absoluto): Define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si $a^* > 0$, hacia el verde si $a^* < 0$.
- **b^*** : Define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el amarillo si $b^* > 0$, hacia el azul si $b^* < 0$.
- **C^*ab** : Identificado como “saturación” o “croma”, es el atributo que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación total. Este concepto representa, por lo tanto, la pureza o intensidad relativa de un color. Numéricamente corresponde, en el plano cromático a^*-b^* , a la distancia desde el centro de la esfera de color al punto en cuestión.

- **h*ab:** Corresponde al “tono”, atributo que ha suscitado nombres como azul, verde, amarillo, rojo, etc. Numéricamente, también en el plano cromático a*-b*, es una medida angular y corresponde al ángulo de matiz definido desde el eje positivo de la coordenada a*, que varía entre 0 y 360°.

D. Intensidad de color

La medición de la intensidad de color se preocupa a menudo por los múltiples aspectos del color. Entre estos, la cromaticidad, o la totalidad del color, es uno de los más importantes. Debido a la pureza y saturación de un color específico dentro del espectro de color, se puede a menudo ofrecer información importante como la composición química de una sustancia o la visibilidad total de partes específicas de una escena, pudiendo medir y analizar la intensidad de color en forma precisa y cuantificable, lo que es de suma importancia²⁰.

E. Solidez al lavado del teñido con el método acelerado

Se denomina “Solidez” a la resistencia que presenta el textil teñido a cada uno de los agentes que son capaces de modificar su color original (cambio de color) y/o originar un manchado sobre un testigo blanco (transferencia de color). Los distintos agentes que pueden producir alteraciones en el color de los textiles¹⁰.

F. Determinación de la solidez

Según Obando³ los valores utilizados para determinar la solidez se presentan en la siguiente escala:

Tabla 5. Valores que determinan los diferentes rangos de solidez.

Valores	Denominación	Teñido
1	Malo	Destiñe muy fuertemente
2	Regular	Destiñe fuertemente
3	Buena	Destiñe sensiblemente
4	Muy buena	Destiñe un poco
5	Excelente	No destiñe

Fuente: Obando³.

G. Metodología para Solidez al lavado

Según Obando³ para llegar a la determinación de la solidez al lavado se realiza el siguiente proceso:

- Colocar en un recipiente agua con detergente común, según las instrucciones que indica en la funda del detergente.
- Pesar 5 g de muestra a analizar y dos telas blancas de algodón 100% de igual peso como testigo utilizar de 8 a 10 g de detergente común para 500 ml de agua.
- Coser la muestra con los testigos en forma de sándwich.
- Poner la muestra cosida en la solución de detergente.
- Lavar por 10 minutos.
- Enjuagar y observar las manchas en los testigos y si existe sangrado de color.

2.2.7. Tecnologías limpias

A. Generalidades

Las tecnologías limpias son un grupo de técnicas empleadas de forma continua para la disminución de la contaminación de los ecosistemas, minimizando las repercusiones sobre las personas y los ecosistemas en general. El concepto de Producciones Más Limpias fue lanzado por vez primera en el año 1989, por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lo cual define la Tecnologías Limpias como: aplicación continua de una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a la vida humana y al medio ambiente. Al tratar de encontrar la mejor definición para la terminología de tecnología limpia podemos hacer referencia la presentada en el programa de las Naciones Unidas para el medio circundante natural y artificial, que dice que esta es “la aplicación continua de una estrategia amigable con el medio natural que sea preventiva integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio natural. Una tecnología limpia ideal sería aquella capaz de producir energía, bienes o productos intermedios o de consumo, mediante un proceso no contaminante, al mismo tiempo que

permita la producción directa de los recursos. Su implementación se puede dar mediante cambios y ajustes en equipos o instalaciones, y mediante la modificación de procedimientos que deben seguirse. Y con su adecuada aplicación se puede alcanzar una reducción de más de un 30% en desechos y emisiones. Este es un elemento importante para lograr el Desarrollo Industrial Ecológicamente Sostenible y a su vez, su aplicación puede generar beneficios económicos importantes²².

Castillo *et al.*²² menciona los beneficios económicos son:

- Ahorro de materias primas, energía (electricidad, combustible, etc.)
- Ahorro en el consumo de agua.
- Reducción de pérdidas de materiales, reducción de fallas en equipos.
- Reducción de accidentes.
- Disminución del costo de tratamiento y/o disposición final de los residuos.
- Mayor accesibilidad a los mercados con sensibilidad ambiental (o menor probabilidad de perder un mercado por problemas ambientales).

2.3. Hipótesis

H₀: El tipo y cantidad de mordiente no influyen en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).

H_a: El tipo y cantidad de mordiente influyen en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).

2.4. Definición de términos básicos

- **Mordiente:** Son sustancias químicas, naturales y sintéticas, que se utilizan, para fijar los colores en un material¹⁵.
- **Teñido:** Es un proceso en el que se añade un colorante extraído de raíces, tallos, hojas y flores de distintas plantas a diversos textiles y materiales¹⁵.

- **Fibra de alpaca:** Es una fibra proveniente de la alpaca, caracterizándose por su finura, rizo, uniformidad y longitud, resaltando por su suavidad, así mismo su alta resistencia a la tracción, favorece en los procesos textiles¹⁰.
- **Aliso:** Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm; excepcionalmente puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro, posee un sistema radical superficial y extendido¹³.
- **Colorantes:** Son sustancias que tienen la propiedad de transferir color a las fibras¹⁴.
- **Colorimetría:** Es la determinación cuantitativa de la profundidad del color, determina la absorción de la luz visible a partir de una muestra²⁰.

2.5. Definición Operativa de Variables e indicadores

Tabla 6. Operacionalización de variables.

Variables	Tipo de variable según categoría	Tipo de variable según naturaleza	Indicadores
Tipo de mordiente	Independiente	Nominal	Alumbre y bicarbonato de sodio
Cantidad de mordiente	Independiente	Cuantitativa	2 – 4 g/500 mL
Intensidad de color	Dependiente	Cuantitativa	Luminosidad (L*). Coordenada a*. Coordenada b*. Croma (C*) Tono (H*)
Solidez al lavado	Dependiente	Cualitativa	Tonalidad

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en razón, que se utilizaron conocimientos de los tipos de mordientes y colorantes naturales, a fin de aplicar, utilizar y observar las consecuencias sobre la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca. El nivel de la investigación experimental, porque está orientada a descubrir la validez de un hecho para la modificación de una situación problemática y se buscó explicar que efecto produce el tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca con aliso; comprobándose mediante los análisis correspondientes.

3.2. Método de investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se recurrió al Método Hipotético – Deductivo.

a. Proceso de extracción de baño tintóreo de la corteza (floema) del Aliso (*Alnus Acuminata* H.B.K)

A continuación, se muestra en la figura 7, el diagrama de flujo del proceso de extracción del baño de tintóreo de la corteza del aliso:

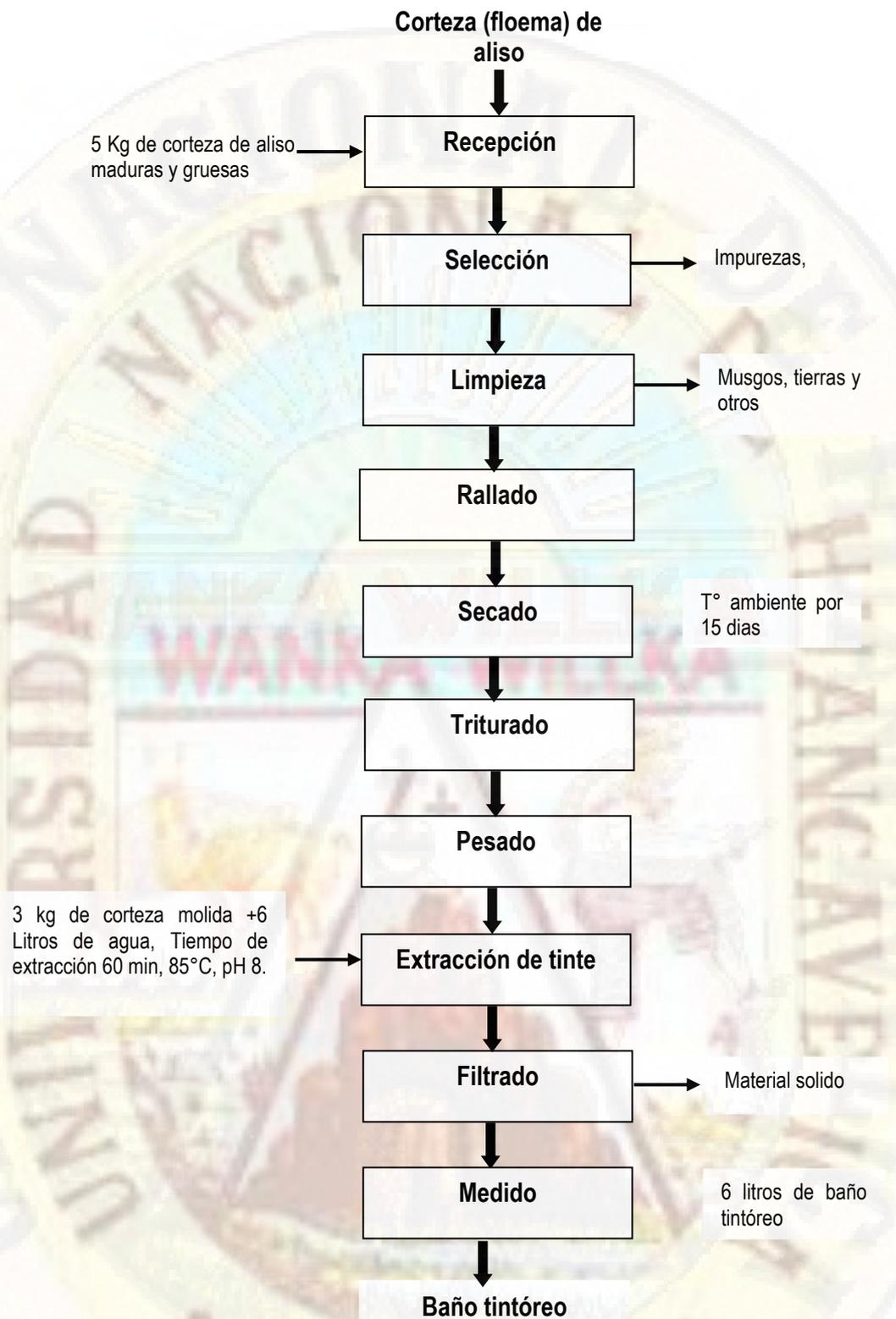


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso extracción de baño tintóreo de la corteza (floema) de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).

Descripción del proceso de extracción de baño tintóreo de la corteza (floema) de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).

- **Materia prima:** Se realizó la recolección 5 kg de corteza de un árbol de aliso con un diámetro de grosor de 30cm de corteza de fresca y madura proveniente del distrito de Pilpichaca.
- **Selección:** Se eliminó la parte inmadura y delgadas de la corteza de Aliso y las que tenían magulladuras secas y que no estaban aptas para utilizar aquí hubo una pérdida de 1 kg de corteza de Aliso.
- **Limpieza:** Se realizó la limpieza de la corteza del Aliso utilizando un cuchillo para retirar las impurezas existentes como musgos y tierras impregnadas en este proceso también hubo pérdidas de 1 kg por presencia impurezas.
- **Rallado:** Se realizó el rallado de la corteza de aliso con un rallador de acero inoxidable para minimizar el tamaño de la corteza y enseguida almacenar en una caja de cartón para posterior secado.
- **Secado:** El secado se realizó durante 15 días en ambiente seco bajo sombra con la finalidad de mantener los componentes tintóreos de la corteza.
- **Triturado:** Este proceso se realizó manualmente con ayuda de un mortero para poder moler en partículas pequeñas y así obtener muestras finas para mayor concentración de colorante de la corteza de aliso.
- **Pesado:** Se pesó 3 kg de corteza de aliso con una balanza digital, con la finalidad de determinar el rendimiento de la muestra de la corteza de Aliso a adicionar para la obtención del baño tintóreo.
- **Extracción del tinte:** Este proceso se realizó colocando en una olla grande de acero inoxidable 6 litros de agua más 3kg de corteza de Aliso triturada bien molida, se hizo hervir durante un tiempo de 60 minutos, con la finalidad de preparar el baño tintóreo a una temperatura de 85°C, con un pH 8.
- **Filtrado:** Se realizó con dos materiales primero con un colador y luego con una la tela de algodón para evitar que ingrese partículas finas al baño tintóreo.

- **Medido:** el medido se realizó en litros con ayuda de una balanza y jarras de un litro y se obtuvo 6 litros en total.
- **Baño tintóreo:** La muestra total preparada fue de 6 litros, y para realizar el teñido de fibra de Alpaca fue de 500 mL para cada tratamiento.

b. Proceso de acondicionamiento de la fibra de alpaca (*Vicugna pacos*).

A continuación, se muestra en la figura 8, el diagrama de flujo del proceso del proceso de acondicionamiento de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*).

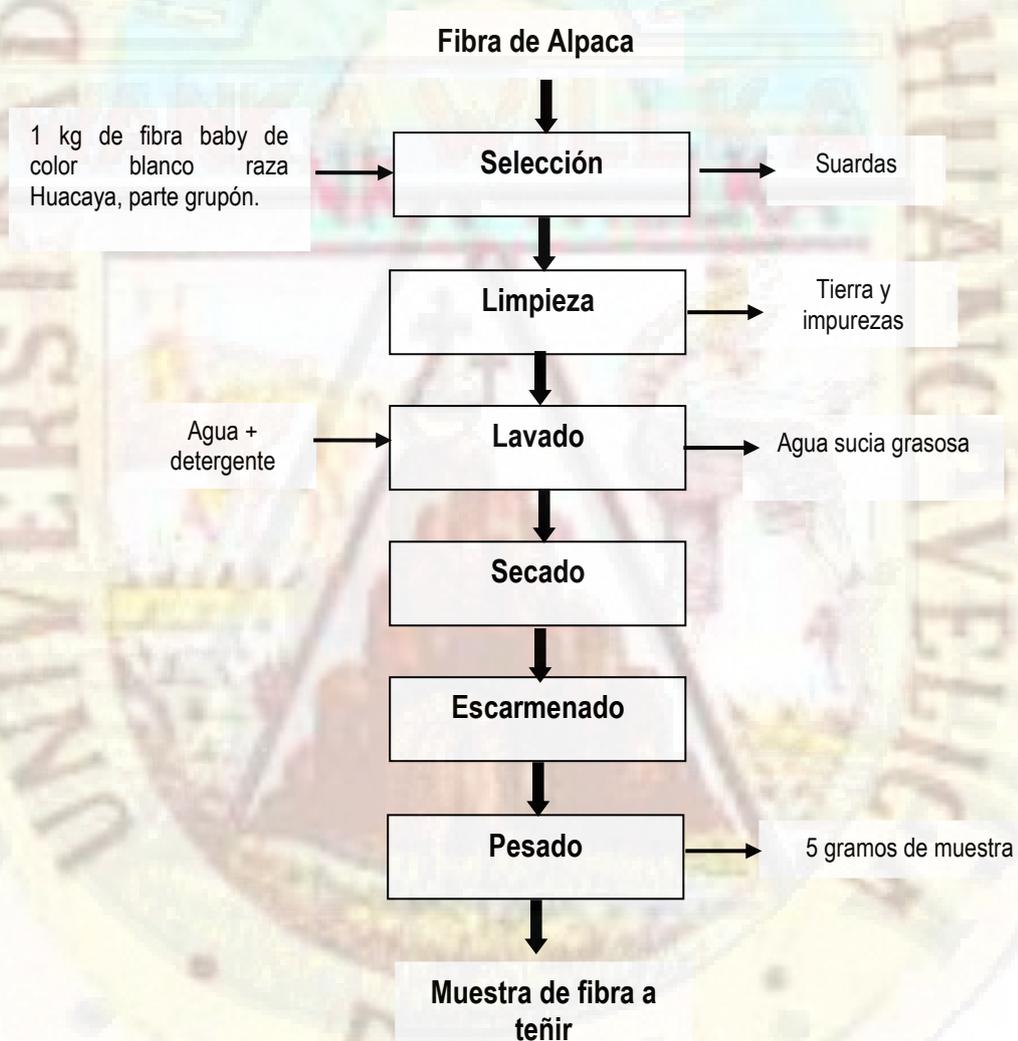


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*).

Descripción del proceso de acondicionamiento de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*).

- **Materia prima:** Se colectó 1 kg de fibra de Alpaca baby de 23 micras de raza Huacaya de dos años de edad, proveniente del distrito de Pilpichaca.
- **Selección:** Se realizó la selección del vellón de la parte del grupón es donde se ubica la parte uniforme y fina de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*).
- **Limpieza:** Se realizó la limpieza general de la fibra eliminando impurezas como pajas, hojas secas etc., adheridas sobre la fibra.
- **Lavado:** Se realizó con la finalidad de quitar el polvo y la grasa existente en la fibra, se lavó con detergente y abundante agua, se enjuago repetitivas veces hasta que quede totalmente blanca y brillante.
- **Secado:** El proceso de secado se realiza en colgadores y bajo sombra en un ambiente seco y airoso.
- **Escarmenado:** Se realizó manualmente con la finalidad de eliminar las impurezas que permanece, este proceso consiste en estirar los fragmentos de la fibra desplazándolos completamente y así forman copos y se debe evitar que se corten,
- **Pesado:** Se realizó con una balanza digital, cada muestra fue de 5 g. en su totalidad 60 g con la finalidad de determinar el rendimiento de la muestra de fibra a teñir.
- **Muestra para teñir:** Se obtuvo muestras de 5g bien pesadas aptas para realizar el proceso de teñido.

c. Proceso de teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) utilizando el baño tintóreo de corteza (floema) de Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*).

A continuación, se muestra en la figura 9, el diagrama de flujo del proceso de teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) utilizando el baño tintóreo de corteza (floema) de Aliso (*Alnus Acuminata H.B.K*).

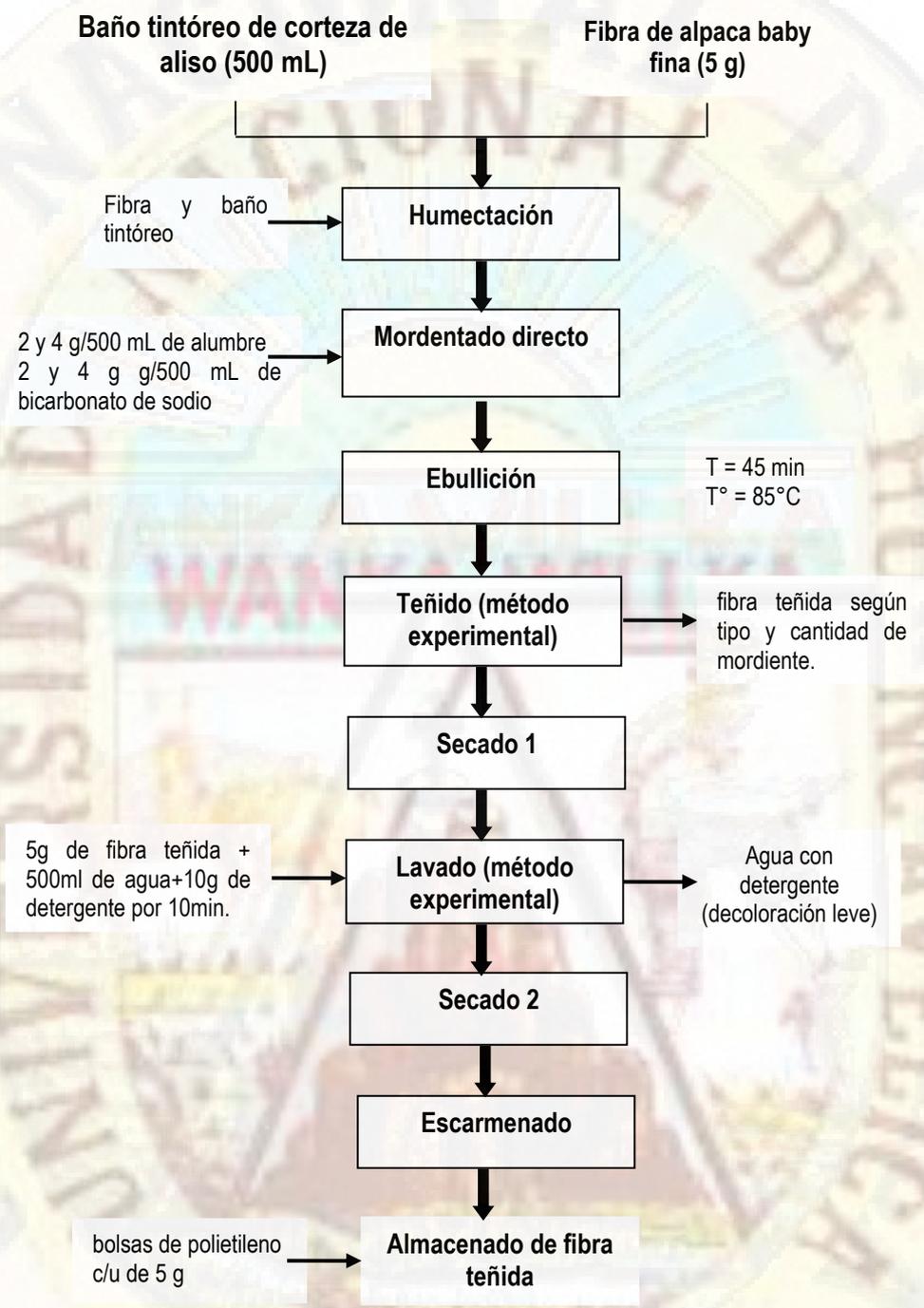


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) utilizando el baño tintóreo de corteza (floema) de aliso (*Alnus acuminata H.B.K.*).

Descripción del diagrama de flujo del proceso de teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacus*) utilizando el baño tintóreo de corteza (floema) de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).

- **Humectación.** Este proceso se realizó para combinar el colorante y la fibra, en el cual se produce un hinchamiento de la fibra con el fin de facilitar la penetración del colorante. Para luego migrar y difundir gracias a la fuerza iónica, porosidad de la fibra y con un agotamiento.
- **Mordentado directo.** Se realizó este proceso de Mordentado directo introduciendo directamente el mordiente que es alumbre tanto bicarbonato de sodio al colorante que está juntamente con la fibra. En ello se controló el pH:8 de baño tintóreo.
- **Ebullición.** Se realizó con un previo control de temperatura a 85°C y tiempo de 45 min con un constante agitado con un material de madera.
- **Teñido de fibra:** Se utilizó 500 ml de baño de tintóreo de la corteza de Aliso para cada muestra. Asimismo 5 gramos de fibra de alpaca baby-fina de 2 años de edad, para cada muestra fue con diferentes mordientes (Alumbre a 2 y 4 g y Bicarbonato de sodio a 2 y 4g) a un tiempo de 45 min. para cada muestra y como resultado fibra teñida con aliso de tonalidades de color naranja - amarilla.
- **Secado (1):** Se realizó el secado de la fibra teñida a temperatura del medio ambiente en bandeja de secado hechas artificialmente.
- **Lavado:** Este proceso fue muy importante para ver si la fibra teñida con la corteza de Aliso es resistente al lavado y a lavados sucesivos, el lavado se realizó con detergente y con abundante agua tibia frotando manualmente se enjuaga hasta ver el agua cristalina.
- **Secado (2):** Se realizó en bandeja de secados a temperatura de medio ambiente.
- **Escarmenado.** Después de realizar el secado se procede a escarmenar la fibra ya que al lavar y secar se reduce los fragmentos de la fibra por ello se vuelve a escarmenar estirándolos fragmentos de la fibra y que queden suaves al tacto en forma de copos.

- **Almacenado de fibra teñida:** Se almacenó en bolsa de polietileno con sus respectivos códigos, el almacenamiento debe ser en lugar fresco y seco para evitar la humedad. listos para su evaluación en laboratorio.

3.3. Diseño de investigación

Diseño Experimental: El experimento se condujo en Diseño Factorial Completo²³.

Modelo matemático del diseño factorial

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación en la unidad experimental

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción en la combinación ij

ϵ_{ijk} = Error

Tabla 7. Análisis de varianza para un diseño factorial completo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Estadística F
Factor A	SC_A	$a - 1$	$MC_A = \frac{SC_A}{a-1}$	$F_A = \frac{MC_A}{MC_E}$
Factor B	SC_B	$b - 1$	$MC_B = \frac{SC_B}{b-1}$	$F_B = \frac{MC_B}{MC_E}$
Factor AB	SC_{AB}	$(a - 1) (b - 1)$	$MC_{AB} = \frac{SC_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_{AB} = \frac{MC_{AB}}{MC_E}$
Error	SCE	$ab (n - 1)$	$MC_E = \frac{SCE}{ab (n-1)}$	
Total	SCT	$abn - 1$		

Fuente: Montgomery²³.

Tabla 8. Descripción del diseño experimental.

Repetición	Tratamiento			
	T ₁		T ₂	
	A ₂	A ₄	B ₂	B ₄
R ₁	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	Y ₄₁
R ₂	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	Y ₄₂
R ₃	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	Y ₄₃

Donde:

T₁ = Tratamiento con Alumbre.

T₂ = Tratamiento con Bicarbonato.

A₂ = Cantidad de mordiente alumbre 2 g/500 mL.

A₄ = Cantidad de mordiente alumbre 4 g/500 mL.

B₂ = Cantidad de mordiente bicarbonato 2 g/500 mL.

B₄ = Cantidad de mordiente bicarbonato 4 g/500 mL.

Y₁₁ a Y₂₂ = Repeticiones

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población: La población en el presente estudio de teñido de fibra de Alpaca fue 1kg de fibra de Alpaca baby, raza huacaya, edad de dos años de categoría fina y de color blanco, y 5 kg de corteza de Aliso proveniente del distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytará, región Huancavelica, también se empleó 250 gramos de mordientes como Alumbre y Bicarbonato de sodio adquiridas de tiendas comerciales.

3.4.2. Muestra: La muestra estuvo constituida 5 g de fibra de alpaca, 500ml de baño tintóreo de corteza de aliso, 2 g de alumbre, 4 g de alumbre, 2 g de bicarbonato de sodio y 4 g de bicarbonato de sodio.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente trabajo de investigación se utilizó lo siguiente:

3.5.1. Análisis de Intensidad de color de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) teñida con corteza de Aliso (*Alnus acuminata*) con diferente cantidad y tipo de mordientes

Se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Determinación de la Intensidad de color

Equipo: Colorímetro (CHROMA METER CR-400- Konica Minolta)

Fundamento: Determinación de la luminosidad (L^*), la coordenada (a^*), la coordenada (b^*), la Croma (C^*) y el tono (H^*)²⁰.

3.5.2. Solidez al lavado

Determinación de la solidez al lavado

Método: Escala de solidez de color al lavado - Artesanalmente³.

Fundamento: Se empleó para la prueba de solidez al lavado en los 4 tratamientos del teñido de fibra de Alpaca con la corteza de Aliso con tipos de mordiente (Alumbre y Bicarbonato) que se identifican por siglas A2T1 A4T2 B2T1 B4T2 respectivamente, se utilizó la escala de solidez, artesanalmente, para ello se usaron los valores: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente).

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Obtenida la información se procedió al procesamiento de los datos con el apoyo del software Minitab versión 13. Se empleó el Diseño Factorial Completo. para realizar la prueba de hipótesis y dar respuesta a los objetivos trazados.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de datos

Después de haber realizado el experimento que compete a la evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K). Se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan a continuación:

4.1.1. Evaluación de la Intensidad de color

4.1.1.1. Análisis de varianza para la Luminosidad (L*)

A continuación, en la Tabla 09 se muestra los resultados del análisis de varianza para la Luminosidad (L*).

Tabla 09. Análisis de varianza para la luminosidad L* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	109,647	36,549	19,55	0,000
Lineal	2	108,327	54,163	28,98	0,000
Tipo de mordiente	1	103,488	103,488	55,37	0,000
Cantidad de mordiente	1	4,839	4,839	2,59	0,146
Interacciones de 2 términos	1	1,320	1,320	0,71	0,425
Tipo*Cantidad de mordiente	1	1,320	1,320	0,71	0,425
Error	8	14,953	1,869		
Total	11	124,600			

S = 1,36716 R² = 88,00%

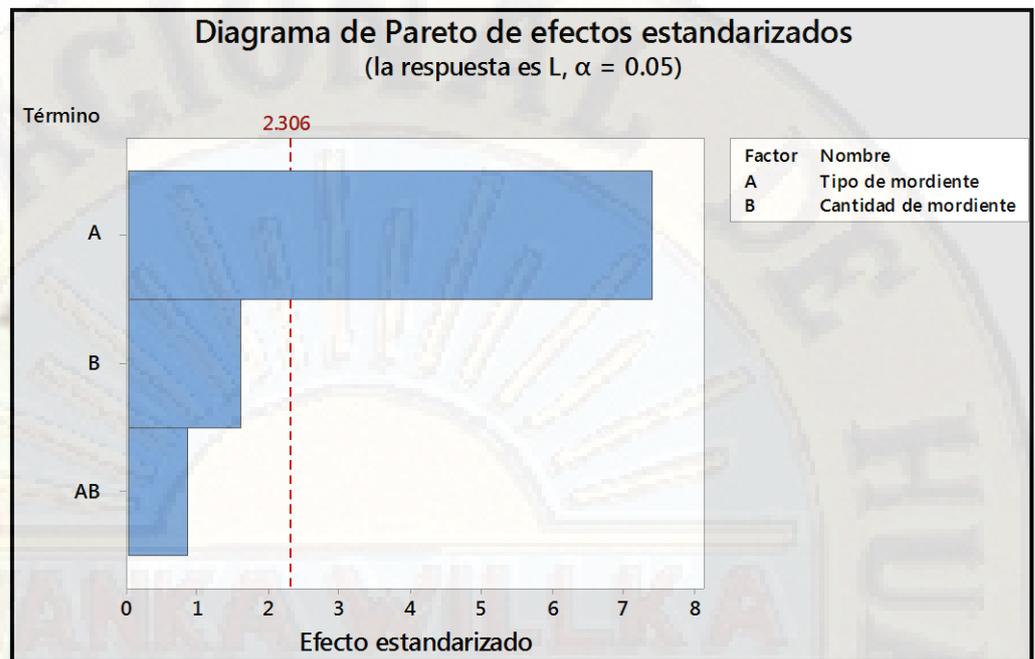


Figura 10. Diagrama de Pareto para los efectos principales en L*.

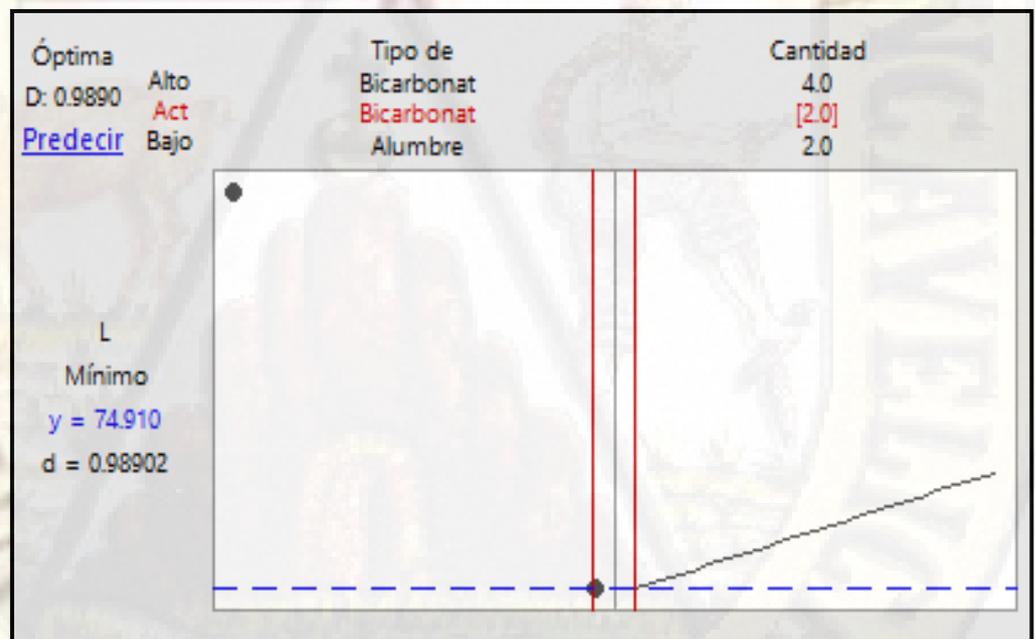


Figura 11. Gráfico Optimizador de respuesta para L*.

4.1.1.2. Análisis de varianza para la coordenada a*

A continuación, en la Tabla 10 se muestra los resultados del análisis de varianza para la coordenada (a*).

Tabla 10. Análisis de varianza para la coordenada a* (unidades codificadas).

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	118,979	39,6597	147,42	0,000
Lineal	2	109,060	54,5300	202,70	0,000
Tipo de mordiente	1	89,271	89,2711	331,83	0,000
Cantidad de mordiente	1	19,789	19,7890	73,56	0,000
Interacciones de 2 términos	1	9,919	9,919	36,87	0,000
Tipo*Cantidad de mordiente	1	9,919	9,919	36,87	0,000
Error	8	2,152	0,2690		
Total	11	121,131			

S = 0,518676 R² = 98,22%

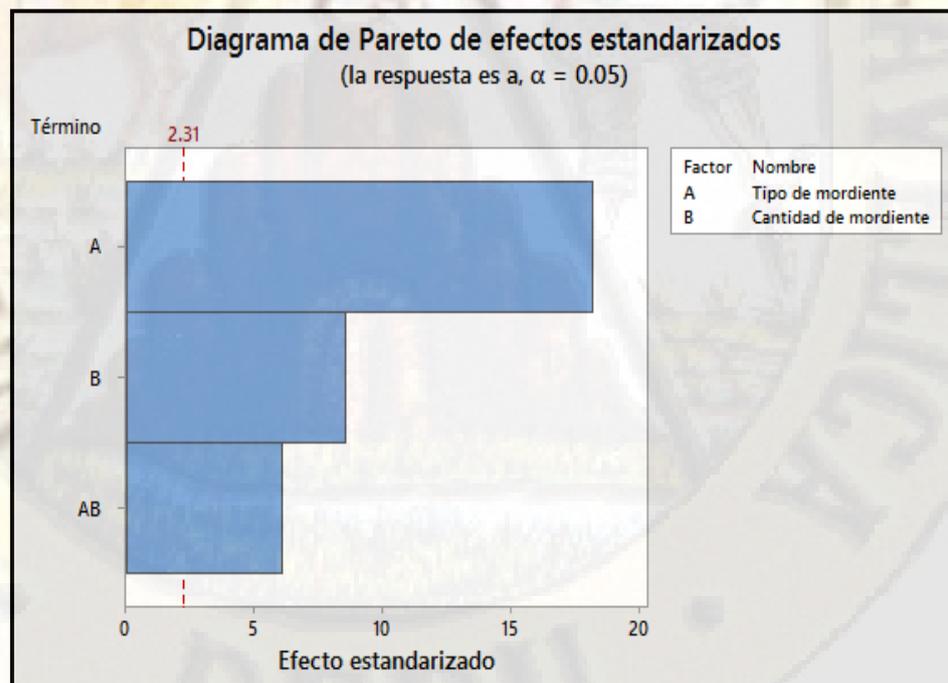


Figura 12. Diagrama de Pareto para los efectos principales a*.

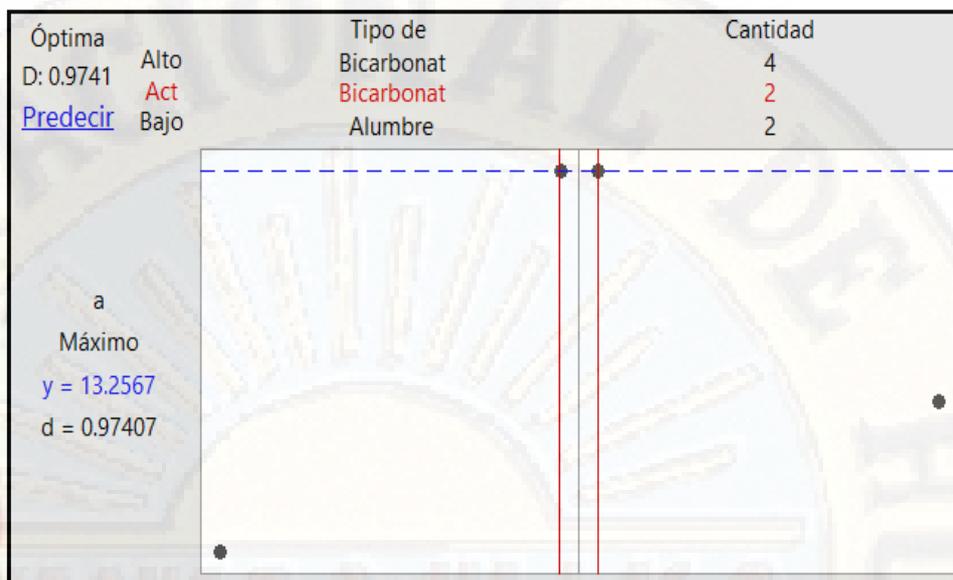


Figura 13. Gráfico Optimizador de respuesta para la coordenada a*.

4.1.1.3. Análisis de varianza para la coordenada b*

A continuación, en la Tabla 11 se muestra los resultados del análisis de varianza para la coordenada (b*).

Tabla 11. Análisis de varianza para coordenada b* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	232,385	77,462	124,82	0,000
Lineal	2	196,712	98,356	158,49	0,000
Tipo de mordiente	1	19,995	19,995	32,22	0,000
Cantidad de mordiente	1	176,717	176,717	284,75	0,000
Interacciones de 2 términos	1	35,673	35,673	57,48	0,000
Tipo*Cantidad de mordiente	1	35,673	35,673	57,48	0,000
Error	8	4,965	0,621		
Total	11	237,350			

S = 0,787782

R² = 97,91%

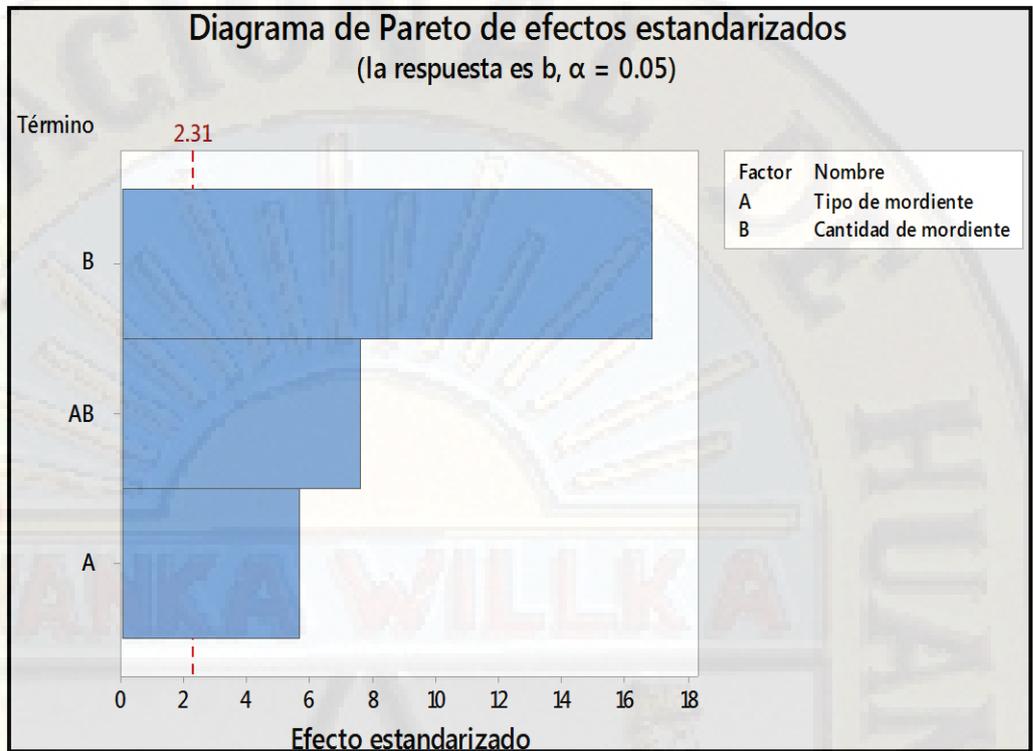


Figura 14. Diagrama de Pareto para los efectos principales en b*.

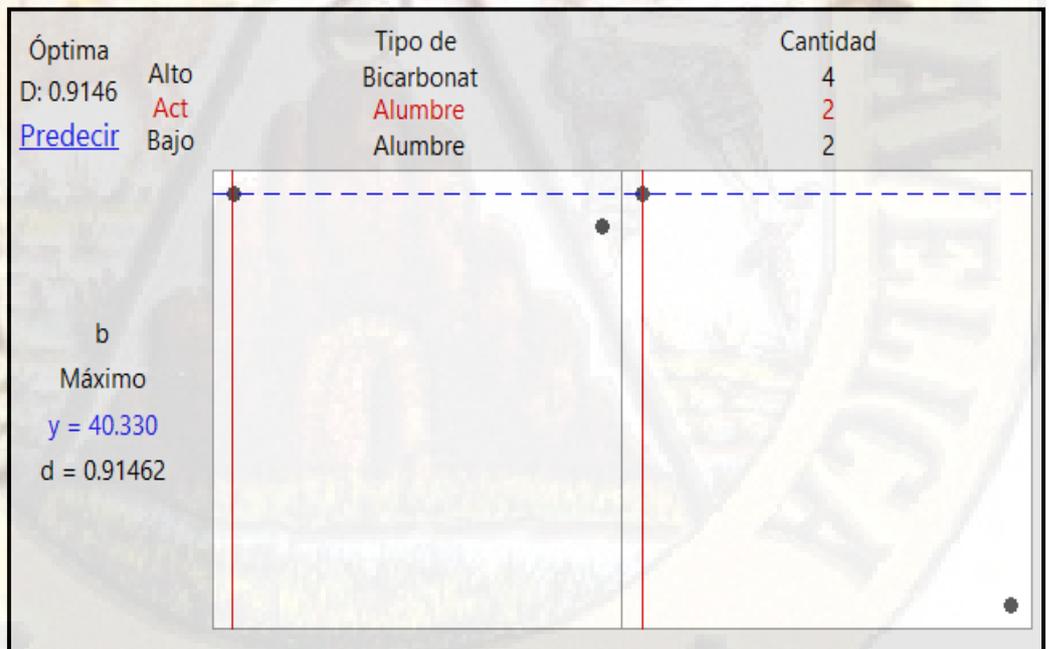


Figura 15. Gráfico optimizador de respuesta para la coordenada b*.

4.1.1.4. Análisis de varianza para el cromado C*

A continuación, en la Tabla 12 se muestra los resultados del análisis de varianza para el cromado (C*).

Tabla 12. Análisis de varianza para el cromado C* (unidades codificadas).

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	92,384	30,795	7,74	0,009
Lineal	2	88,335	44,168	11,10	0,005
Tipo de mordiente	1	86,564	86,564	21,75	0,002
Cantidad de mordiente	1	1,771	1,771	0,45	0,523
Interacciones de 2 términos	1	4,048	4,048	1,02	0,343
Tipo*Cantidad de mordiente	1	4,048	4,048	1,02	0,343
Error	8	31,834	3,979		
Total	11	124,218			

S = 1,99481

R² = 74,37%

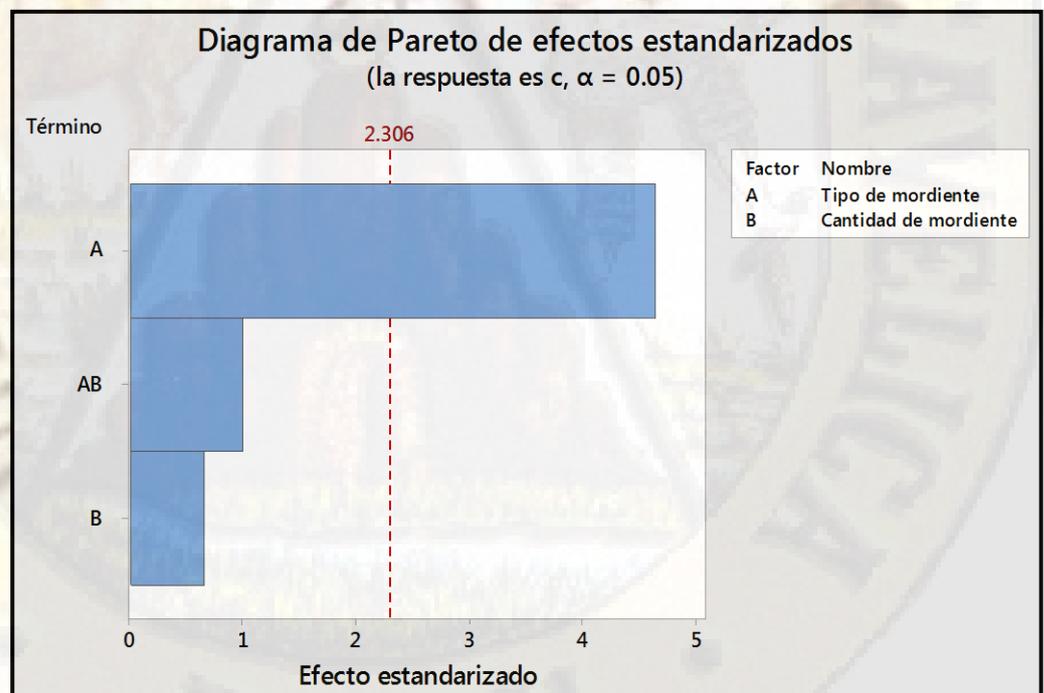


Figura 16. Diagrama de Pareto para los efectos principales C*.

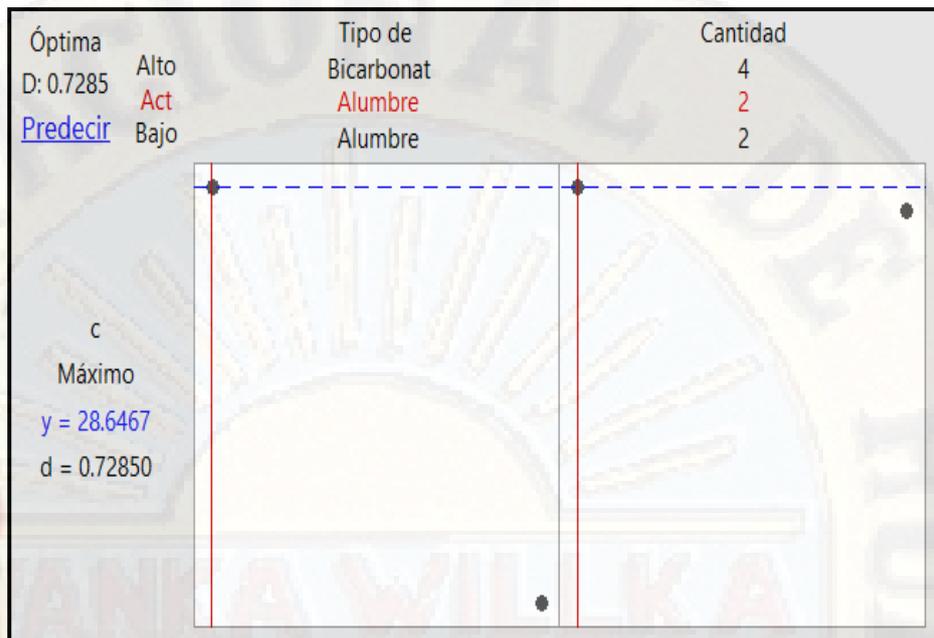


Figura 17. Gráfico optimizador de respuesta para el croma C*.

4.1.1.5. Análisis de varianza para el tono H*

A continuación, en la Tabla 13 se muestra los resultados del análisis de varianza para el tono (H*).

Tabla 13. Análisis de varianza para el tono H* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	8,1324	2,7108	0,49	0,700
Lineal	2	7,8284	3,9142	0,70	0,523
Tipo de mordiente	1	7,5050	7,5050	1,35	0,279
Cantidad de mordiente	1	0,3234	0,3234	0,06	0,815
Interacciones de 2 términos	1	0,3040	0,3040	0,05	0,821
Tipo*Cantidad de mordiente	1	0,3040	0,3040	0,05	0,821
Error	8	44,4765	5,5596		
Total	11	52,6089			

S = 2,35787

R² = 15,46

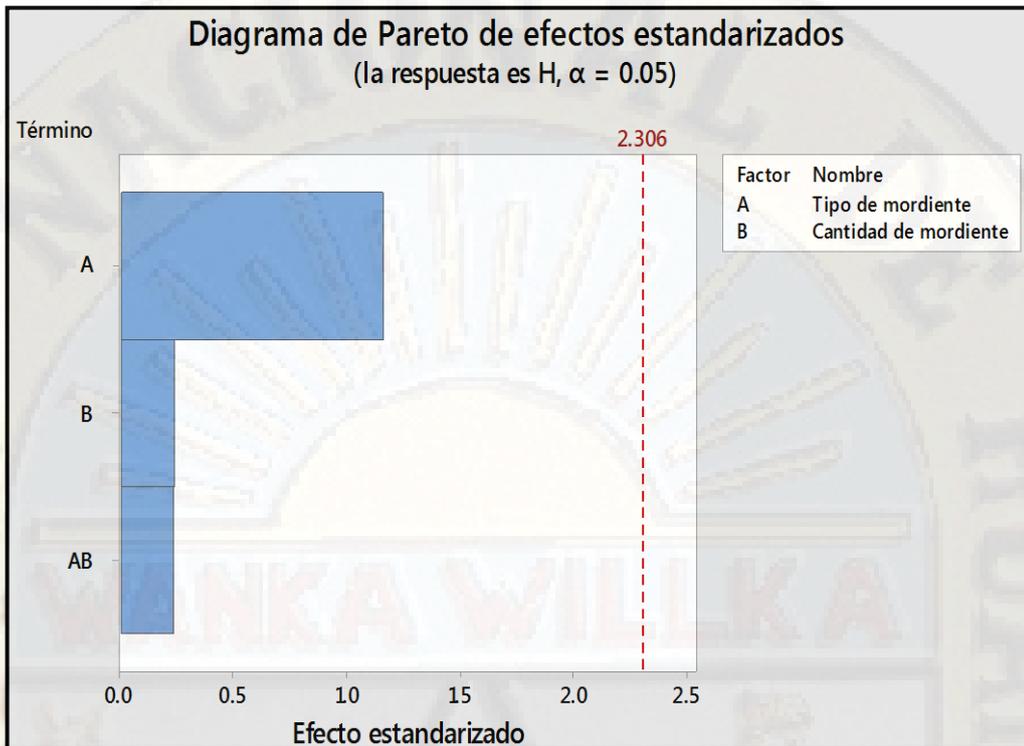


Figura 18. Diagrama de Pareto para los efectos principales en H*.

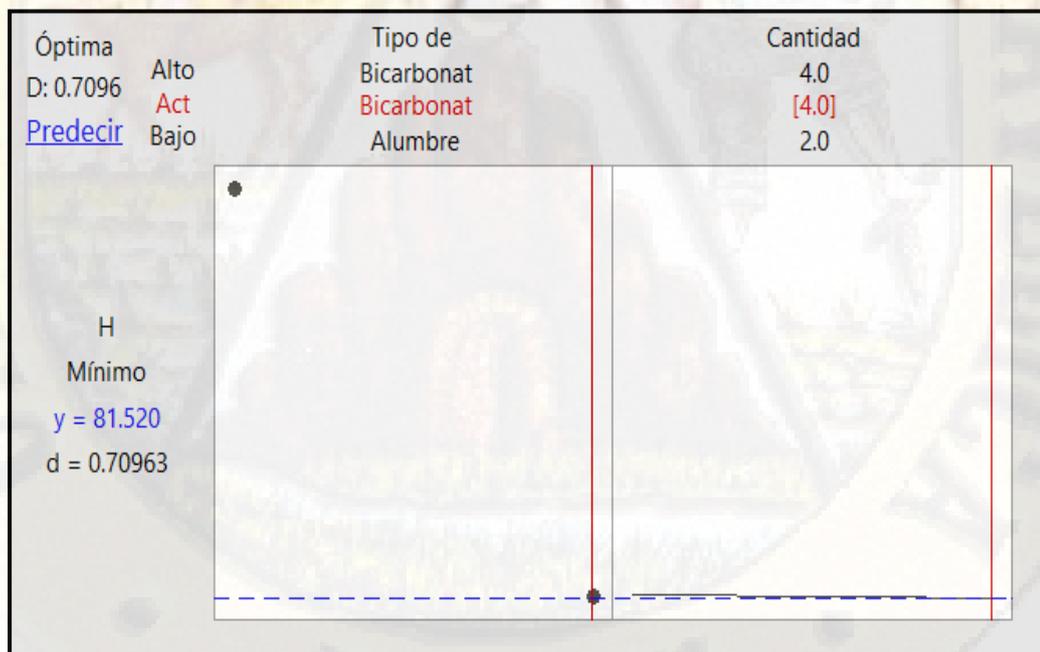


Figura 19. Gráfico optimizador de respuesta para el tono H*.

4.1.2. Resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso

A continuación, en la Tabla 14 se muestra los resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Tabla 14. Resultados de medida del color de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Muestra	L*	a*	b*	C*	H*
A2T1	81,45	5,98	40,33	28,65	83,43
A4T2	82,05	5,23	29,21	28,25	82,78
B2T1	74,91	13,26	39,46	22,11	81,53
B4T2	76,84	8,87	35,24	24,04	81,52

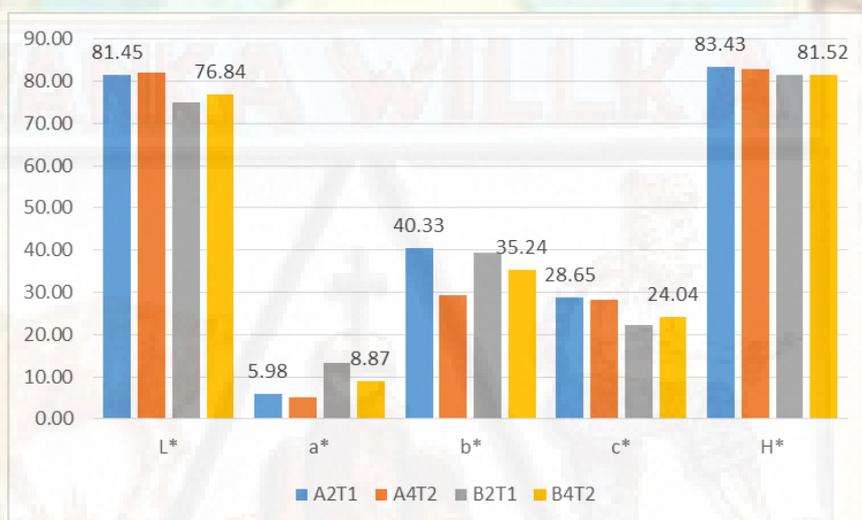


Figura 20. Resultados de la medida de color en la fibra de alpaca teñida con aliso.

4.1.3. Evaluación de solidez al lavado

A continuación, en la Tabla 15 se muestra los resultados de la solidez al lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Tabla 15. Resultados de solidez al lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso

Tratamiento	Solidez al lavado
A2T1	4 muy buena (destiñe un poco)
A4T2	4 muy buena (destiñe un poco)
B2T1	4 muy buena (destiñe un poco)
B4T2	4 muy buena (destiñe un poco)

Fuente: Elaboración propia

Lo que más se busca en este tipo de teñidos es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5.

4.2. Análisis de datos

Una propiedad a estudiar en los textiles después del teñido es la solidez del color, ésta establece la resistencia que presenta el sustrato teñido, a cambiar su color o perder la intensidad luego de ser sometida a agentes externos. Las pruebas para determinarla se realizan a nivel de laboratorio, simulando condiciones reales de uso donde se combinan el efecto de la temperatura, la humedad, la acción del sol, cambio de pH y otros factores (González *et al.*, 2014).

Una forma de visualizar los resultados de uniformidad de teñido en la fibra, es midiendo el color, para esto la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente. El espacio de color L*a*b*, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto (Konica Minolta, 2016). A continuación, se muestran los resultados y el análisis de datos de teñido de fibra de alpaca con aliso.

4.2.1. Evaluación de la Intensidad de color

La Luminosidad (L*)

Stanziola²² menciona que, la coordenada colorimétrica Luminosidad (L*), indica la luminosidad o punto de claridad sobre el que se encuentran todos los matices; clasificando al color como claro u oscuro; para un negro ideal la claridad L* es 0 y para un blanco ideal L* es 100; así mismo las coordenadas colorimétricas: a* (Valores negativos -a* indican verde, valores positivos a* indican rojo) y b* (Valores negativos -b* indican azul, valores positivos b* indican amarillo). En la investigación desarrollada se demuestra en la tabla 11, que existen diferencias significativas en la luminosidad de la fibra de alpaca teñida con aliso, debido a los efectos principales tipo de mordiente (Alumbre y bicarbonato) y cantidad de mordiente (2 y 4 gramos/500 mL) no son significativos ($p > 0,05$); del mismo

modo, la interacción de ambos efectos tipo y cantidad de mordiente también no es significativa ($p > 0,05$). En la Figura 10, se observa el diagrama de Pareto, en el cual se muestra que el valor de la coordenada L^* se ve altamente afectada por la variable independiente (tipo de mordiente). Asimismo, el optimizador de respuesta, en la Figura 11, demuestra que el valor de L^* mínimo teórico (74,910) con una deseabilidad de 0,98902 se logra con el mordiente bicarbonato, con una cantidad de 2 gramos/500mL.

La coordenada a^*

Gilbert²⁰ define a la coordenada colorimétrica (a^*) como la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad o claridad hacia el rojo si a^* es positiva y hacia el verde si a^* es negativa. En la Tabla 12, se observa que existen diferencias significativas en el valor de la coordenada a^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. Los efectos principales tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) y cantidad de mordiente (2 y 4 gramos/500 mL) son altamente significativos ($p < 0,05$); del mismo modo, la interacción de ambos efectos tipo y cantidad de mordiente, también es altamente significativa ($p < 0,05$). En la Figura 12, el diagrama de Pareto, muestra que el valor de la coordenada a^* se ve altamente afectada por las variables independientes (tipo y cantidad de mordiente) y su interacción. Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 13, muestra que el valor de la coordenada a^* máximo teórico (13,256) con una deseabilidad de 0,9741 se logra con 2 gramos del mordiente bicarbonato.

La coordenada b^*

Stanziola²², indica que la coordenada colorimétrica b^* es el espacio de color en las coordenadas definiendo al eje amarillo (Valores positivos b^*), y al eje azul (valores negativos $-b^*$ indican amarillo). En la Tabla 13 se observa, que los efectos principales Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) y Cantidad de mordiente (2 y 4 gramos) son altamente significativos ($p < 0,05$); del mismo modo, la interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente también es altamente significativa ($p < 0,05$). En la Figura 14, se muestra el diagrama de Pareto, en donde se observa que el valor de la coordenada b^* se ve altamente

afectada por las variables independientes (Tipo y cantidad de mordiente) y su interacción. Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 15, muestra que el valor de la coordenada b^* máximo teórico (40,330) con una deseabilidad de 0,9146 se logra con 2 g/500 mL del mordiente alumbre.

La croma C^*

Gilbert²⁰ menciona que, la magnitud adimensional C^* , es el croma que representa la saturación o pureza, tomando valores de 0 para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150, aunque puede superar los valores de 1000 para estímulos monocromáticos. En la Tabla 14 se observa, que existen diferencias significativas en el valor de la croma C^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. El efecto Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) es altamente significativos ($p < 0,05$); pero en la cantidad de mordiente (2 y 4 g/500 mL) no es significativo ($p > 0,05$), del mismo modo, la interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente no es significativa ($p > 0,05$). El diagrama de Pareto como se puede observar en la Figura 16, muestra que el valor de C^* es altamente afectada por la variable independiente (Tipo de mordiente). Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 17, muestra que el valor de C^* máximo teórico (28,6467) con una deseabilidad de 0,7285 se logra con 2 gramos del mordiente alumbre.

El tono H^*

Stanziola²² define a H como el tono o de matiz, designando el valor de 0 al color rojo, 90° designa el color amarillo, 180° designa el color verde y 270° designa el color azul. Se observa en la Tabla 15, que no existen diferencias significativas en el valor del tono H^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. De los efectos principales, el Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) tampoco tiene efecto significativo ($p > 0,05$) en el tono "H"; en la Cantidad de mordiente (2 y 4 g/500 mL) no tiene efecto significativo ($p > 0,05$). La interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente no es significativa ($p > 0,05$) en el tono "H". El diagrama de Pareto, como se observa en la Figura 18, muestra que el valor de H^* no es afectada por las variables independientes y la interacción de Tipo y cantidad de

mordiente. En cuanto al optimizador de respuesta se refiere, indica que el valor de H^* mínimo teórico (81,520) con una deseabilidad de 0,7096 se logra con 4 gramos de mordiente bicarbonato, como se observa en la Figura 19.

En el proceso de teñido, un paso importante es el mordentado, el cual se entiende como la acción de aplicar sustancias de origen natural o sintético a las fibras que se van a teñir, con el fin de que se fije el color a éstas, además dichos elementos coadyuvarán a que se deposite uniformemente en las fibras y sea brillante el color. Todavía se usan mordentes naturales como el alumbre o sulfato de aluminio y potasio, el cual es un mineral que se encuentra en forma de piedra y es conocido comúnmente como calinita. El mordentado se puede aplicar de tres maneras: premordentado, postmordentado y con el teñido. El mordentado simultáneamente, que fue el paso aplicado, consiste en introducir juntamente la fibra húmeda sin teñir en el colorante, donde previamente ya está disuelto el mordente²⁵.

4.2.2. Resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso

Los resultados de medida del color como se puede observar en la Tabla 16, muestra que, la luminosidad L^* del producto teñido es menor (74,91) cuando se emplea 2 g/500 mL de mordiente, y es mayor (81,45) al usar 2 g/500 mL de mordiente alumbre. Mientras más bajo es el valor de luminosidad L^* indica que el color es más oscuro. En la Tabla 16, se observa que el valor de la coordenada a^* del producto teñido es menor (5,23) cuando se usa 4 gramos de mordiente alumbre, y es mayor (13,26) al usar 2 gramos de mordiente bicarbonato. Si a^* es positiva se desvía hacia el rojo, pero si a^* es negativa se desvía hacia el verde. El valor de la coordenada b^* del producto teñido es menor (29,21) cuando se usa 4 gramos del mordiente alumbre, y es mayor (40,33) al usar 2 gramos del mordiente alumbre. Cuando b^* es positiva la desviación es hacia el amarillo, que fue el color de la fibra de alpaca teñida con aliso.

En la Tabla 16, nos indica que el valor del croma C^* del producto teñido es menor (22,11) cuando se usa 2 gramos del mordiente bicarbonato, y es mayor (28,65) al usar 2 gramos del mordiente alumbre. Según Gilbert²⁰, el croma C^* toma el valor

de cero para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150, en este caso su valor es de 28,65 debido al color amarillo que tiene la fibra de alpaca teñida con aliso en estas condiciones.

Como se puede observar en la Tabla 15, el valor del tono H^* del producto teñido es menor (81,52) cuando se usa 4 gramos del mordiente bicarbonato, y es mayor (83,43) al usar 2 gramos del mordiente alumbre.

Estos resultados determinados explican claramente la diferencia de color entre los tratamientos, cuando se usa 2 gramos del mordiente alumbre, el color es amarillo y su tono es mayor, que cuando se usa 2 gramos del mordiente bicarbonato. Esto confirma el resultado del optimizador de respuesta, que nos indica los tratamientos con 2 gramos del mordiente bicarbonato y con 2 gramos del mordiente alumbre, se logra el mejor teñido de fibra de alpaca teñida con aliso.

Es probable, que empleando 2 gramos de los mordientes alumbre y bicarbonato permite que la fibra de alpaca tenga mayor capacidad de atrapar las partículas de color del aliso. Mientras que empleando 4 gramos de los mordientes no logran el teñido color intenso adecuado de la fibra de alpaca con aliso.

4.2.3. Evaluación de solidez al lavado

Según Obando³ la clasificación de los resultados es de tipo cualitativo: según escala de solidez (solidez de al lavado) con evaluación cualitativa valores de: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente). Según Obando³, menciona que los resultados obtenidos Al realizar la tintura con el colorante obtenido de las hojas de nogal se obtuvo los siguientes colores con las siguientes características: Al utilizar el mordentado de Alumbre con Crémor Tártaro Tenemos una muy buena solidez al lavado con un valor de 4, ya que destiñe poco. tintura con nogal de lana mordentado con alumbre y sulfato de cobre Tenemos una excelente solidez al lavado con un valor de 5, ya que no destiñe evaluadas según escala de solidez (solidez de al lavado) con evaluación cualitativa valores de: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente). Como se puede observar

en la tabla 17. evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) con aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.)” tenemos una muy buena solidez al lavado con un valor de 4 muy buena (destiñe poco) en los 4 tratamientos. para lo cual se realizó la metodología de obando³ para llegar a la determinación de la solidez al lavado se realizó los procedimientos; Colocar en un recipiente agua con detergente común marca “opal ultra”, según las instrucciones que indica en la funda del detergente, Pesar 5 g de muestra a analizar y dos telas blancas de algodón 100% de igual peso como testigo, Coser la muestra con los testigos en forma de sándwich, Poner la muestra cosida en la solución de detergente, Lavar por 10 minutos, Enjuagar y observar las manchas en los testigos y si existe sangrado de color realizar comparación con la fibra de alpaca teñida con aliso inicial observando en los testigos (telas de algodón color blanco). Lo que más se busca en este tipo de teñidos naturales es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5. Al respecto, Arroyo-Figueroa⁹ concluyó que, las pruebas de solidez al color aplicadas al teñido de lana y algodón, muestran resultados un tanto variables para cada una de las fibras, siendo la lana la fibra en la que observó mayor retención del color después del teñido, pero fue la más afectada a la aplicación de las pruebas de estabilidad. Por otro lado. el algodón presentó una mayor estabilidad en el color al aplicarse las pruebas de solidez, sin embargo, la absorción del color a la hora del teñido no fue la esperada. La prueba que más afecto a las fibras de manera global fue la de lavado a temperaturas elevadas, para el caso de la lana le siguió lavado doméstico y para el algodón la luz artificial. Las pruebas que menos afectaron para la lana fueron las de luz artificial, frote en seco, ácidos y álcalis y para el caso del algodón fueron ácidos y álcalis, frote en seco y lavado doméstico. Por último, el teñido de estas fibras con cáscara de cebolla morada, son importantes porque permite controlar los resultados, información de relevante importancia para las empresas que gusten emplear este colorante natural.

Del mismo modo, Moldovan⁸ al estudiar la aplicabilidad de los colorantes obtenidos de 3 micro y macro algas: *Arthrospira platensis* (microalga), *Synechococcus sp.* (microalga), *Ulva sp.* (macroalga) en el proceso de tintura textil, con la finalidad de

obtener una gama de colorantes que ofrezcan la posibilidad de obtener una tricromía y puedan en el futuro sustituir a los colorantes sintéticos para una moda sostenible. El empleo de colorantes a partir de algas revela resultados aceptables y comparables con los colorantes naturales empleados en la industria a día de hoy, provenientes de otras fuentes. Obteniéndose valores 3 - 4 para solideces al lavado, representando un comportamiento definido como regular bueno. Por otra parte, las solideces al frote se valoran mejor, 4 – 5, como un comportamiento bueno.

CONCLUSIONES

- El tipo de mordiente que fija mejor el color en el teñido de la fibra de alpaca es el alumbre; se demuestra por el optimizador de respuesta para los parámetros de color: coordenada a^* y coordenada b^* .
- La cantidad ideal de mordiente a emplear fue de 2 g/500 mL en los dos tipos de mordientes (alumbre y bicarbonato), observándose que el teñido de fibra de alpaca con aliso es más firme de color más intenso, porque presenta mayor concentración de pigmentos. Además, se demuestra por el optimizador de respuesta para los parámetros de color: Luminosidad L^* , coordenada a^* , coordenada b^* y coordenada C^* .
- Los parámetros adecuados para el teñido de fibra de alpaca con aliso son: Cantidad de mordiente 2 g/500 mL, tipo de mordiente alumbre; con estos valores se logró un producto de calidad, cuyos parámetros fueron: $L^* = 81,45$; $a^* = 5,98$; $b^* = 40,33$; $C^* = 28,65$; $H^* = 83,43$ y solidez al lavado (4 puntos esto mide una escala muy buena ya que destiñe poco). Lo que más se busca en este tipo de teñidos es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5.

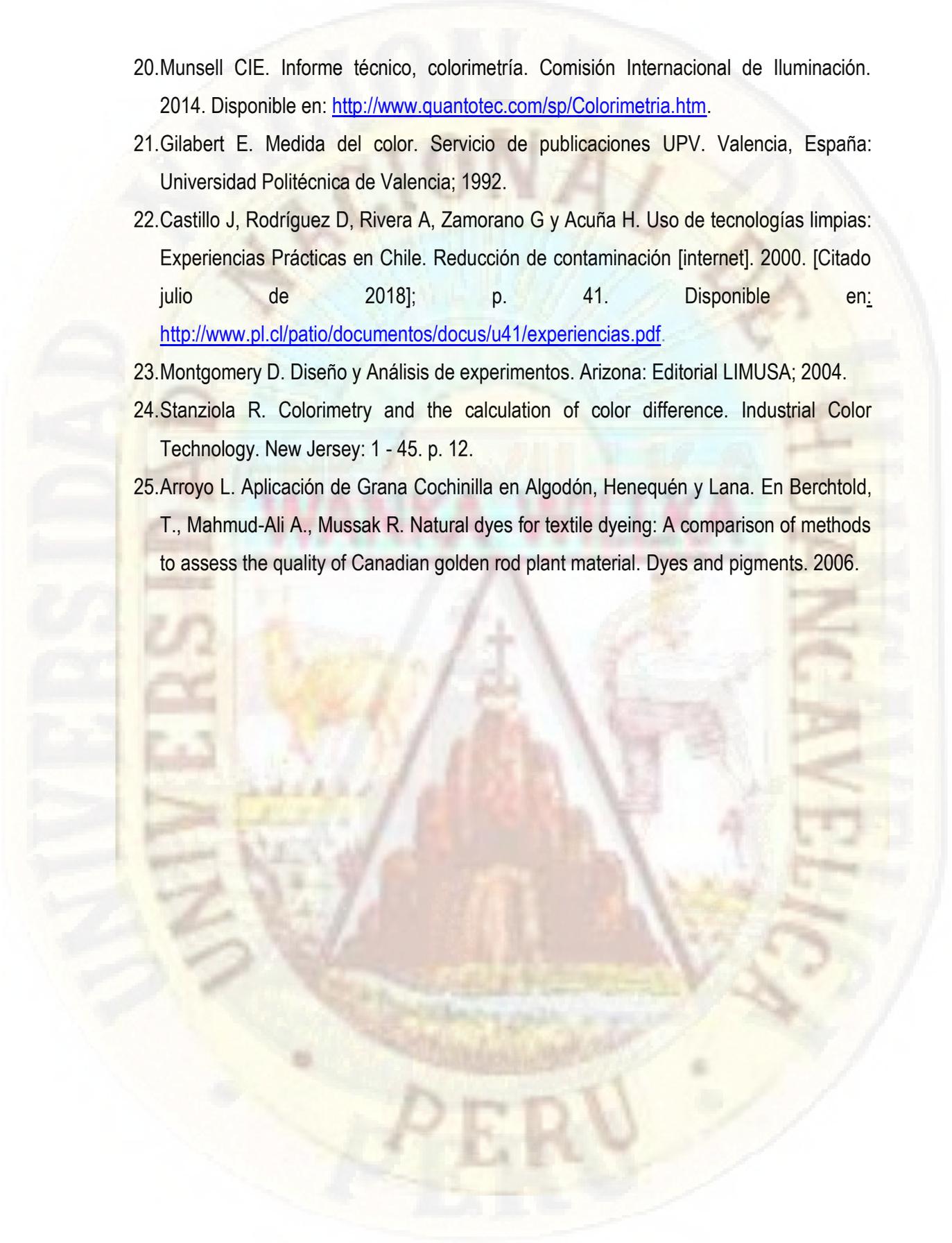
RECOMENDACIONES

- ❖ Desarrollar estudios de investigación en los que se realicen el teñido de fibra de alpaca con aliso utilizando como mordientes sales como el Sulfato de Cobre y el sulfato ferroso, debido a que son de mayor comercialización y debido a las características que poseen logran buenos resultados tintóreos como son colores firmes, homogéneos y resistentes.
- ❖ Después del lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso, se pierde un poco el tintóreo, por tanto, es indispensable determinar el valor del pH, la temperatura y tiempo de teñido, por lo tanto, evaluar otros variables dependientes como: solidez a la luz, Solidez al frote esto con la finalidad de terminar la resistencia del color.
- ❖ Desarrollar investigaciones de teñido de fibra de alpaca con corteza de aliso y con colorantes naturales en cada uno de las clasificaciones de fibra según su finura con el objetivo de determinar el que mejor fija el color que se requiera.
- ❖ Desarrollar estudios de teñidos naturales en diferentes tipos de mordentado (pre mordentado, mordentado directo y post mordentado), con la finalidad de obtener más tonalidades de color.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Calderón M. "Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de Aliso común (*Alnus jorullensis humboldt, Bonpland kunth*), proveniente de san Lucas Sacatepéquez, Guatemala", Universidad de San Carlos de Guatemala; 2007.
2. Cavenago M y Córdova A. "Estudio del efecto del pH y la concentración de mordiente en el teñido sobre sustrato de Alpaca Suri con colorantes Naturales de estructura Curcuminoide, Xantófila y Antroquinónica". Universidad Nacional de San Agustín Facultad de Ingeniería de procesos escuela profesional de Ingeniería Química Arequipa – Perú 2014.
3. Obando P. "tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales" universidad técnica del norte facultad de ingeniería en ciencias aplicadas carrera de ingeniería textil; Ibarra, 2013.
4. Casimiro et al. determinación del principio activo del colorante presente en el *prunus capuli cav* (guindas) para el teñido de mezclas de lana de ovino y alpaca" universidad nacional del centro del Perú huancayo – Perú 2006
5. Paredes B. "Análisis y obtención de colorante natural a partir de la *Baccharis latifolia* (Chilca)". Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte; 2002.
6. Soto S. "Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de fibra de alpaca teñida con aliso (*Ovis aries*) con ayrampo (*Berberis sp*)" universidad nacional de Huancavelica, 2017.
7. Sánchez M. "Comprobación de la actividad tintorera en fibras orgánicas y sintéticas de la *Berberis hallii*". Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010.
8. Moldovan S. "Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis*, *Synechococcus sp.*, *Ulva sp*". Valencia – España: Universidad Politécnica de Valencia; 2016.
9. Arroyo-Figueroa G, Álvarez-Canelo JG, Medina-Saavedra T, Dzul-Cauih J. Evaluación de la estabilidad del color en el teñido de lana y algodón con extracto de cebolla morada (*Allium cepa*). Revista de Sistemas Experimentales. 2017; 19 (4): 1-6.

10. Zárate A. Guía técnica: Asistencia técnica dirigida en caracterización y clasificación de fibra de alpaca. 2012. Disponible en: <http://infoalpacas.com.pe/guia-tecnica-asistencia-tecnica-dirigida-en-caracterizacion-y-clasificacion-de-fibra-de-alpaca/>
11. Lecinas M, Torres D. Desarrollo de competencias en buenas prácticas de esquila y valor agregado de la fibra de Alpaca. Lima, Perú: DESCO; 2010.
12. De Los Ríos E. Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). 2006. Disponible en: <https://www.unido.org/file-storage/download/?file id=58563>
13. Ospina C, Hernández R, Gómez D, Godoy J, Aristizabal F, Patiño J y Medina J. Guías silviculturas de Aliso o cerezo *Alnus acuminata* para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana Cenicafé – 2005.
14. Flores L. Extracción de Colorantes Naturales México, 1990. www.ingenieria.buap.mx/DOCUMENTOS/REVISTA/Rev_8/1_Conocimiento_fibras_textiles-colorantes_naturales.pdf
15. Pino W. Extracción artesanal de colorantes naturales, una alternativa de aprovechamiento de la diversidad biológica del chocó, Colombia. <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDF's/V8N2/Art9V8N2.pdf,2007>
16. González L, Fontalvo M, Álvarez C, Restrepo A. Generalidades de la seda y su proceso de teñido. *Prospectiva*. 2014; 12 (1): 7-14.
17. Dean J. Como hacer y utilizar Tintes naturales. 2ª Ed. Celeste; pp 32-34 1994. <http://www.up.ac.pa/direccionadministrativa/institutos/inestec/coloepdf>.
18. Flores L. Extracción de Colorantes Naturales México, 1990. www.ingenieria.buap.mx/DOCUMENTOS/REVISTA/Rev_8/1_Conocimiento_fibras_textiles-colorantes_naturales.pdf
19. Boido E, G. González G, Morais H, Carrau F, Bautista S y Barreiro L. Metodologías analíticas. Antocianos y Betaláfnas: Colorantes naturales de aplicación industrial, O. Muñoz ed., Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y Comisión Nacional Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT), Proyecto IV.10. Santiago de Chile, 2003, 71-94.

- 
20. Munsell CIE. Informe técnico, colorimetría. Comisión Internacional de Iluminación. 2014. Disponible en: <http://www.quantotec.com/sp/Colorimetria.htm>.
21. Gilabert E. Medida del color. Servicio de publicaciones UPV. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; 1992.
22. Castillo J, Rodríguez D, Rivera A, Zamorano G y Acuña H. Uso de tecnologías limpias: Experiencias Prácticas en Chile. Reducción de contaminación [internet]. 2000. [Citado julio de 2018]; p. 41. Disponible en: <http://www.pl.cl/patio/documentos/docus/u41/experiencias.pdf>.
23. Montgomery D. Diseño y Análisis de experimentos. Arizona: Editorial LIMUSA; 2004.
24. Stanzola R. Colorimetry and the calculation of color difference. Industrial Color Technology. New Jersey: 1 - 45. p. 12.
25. Arroyo L. Aplicación de Grana Cochinilla en Algodón, Henequén y Lana. En Berchtold, T., Mahmud-Ali A., Mussak R. Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material. Dyes and pigments. 2006.

The background of the page features a large, faded seal of the National University of Huancavelica, Peru. The seal is circular and contains a central emblem with a mountain, a sun, and a figure. The text around the seal reads "UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA" and "PERU".

ARTICULO CIENTÍFICO

“EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) CON ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)”

MENDOZA HUAMANI, Celia Marta^{1*} ; VALDERRAMA PACHO, Virgilio¹.

RESUMEN

Los colorantes naturales están siendo revalorados en la industria textil, debido a su importancia en la disminución del impacto ambiental, estos tintes en el teñido de diversas lanas y fibras están logrando obtener colores de calidad final similares al de los colorantes sintéticos. El trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar el tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K); para el desarrollo de la investigación primero se realizó la extracción de baño tintóreo de la corteza de aliso, luego se procedió al acondicionamiento de la fibra de alpaca, y finalmente se procedió al teñido de la fibra de alpaca utilizando el baño tintóreo de corteza de aliso, para lo cual se empleó 500 mL del baño tintóreo y 5 g de fibra de alpaca baby final, en el proceso de mordentado se empleó 2 y 4 gramos de alumbre y bicarbonato de sodio. Se encontró que, existe efecto significativo ($p < 0,05$), del tipo (A) y cantidad de mordiente (B) y la interacción del tipo y cantidad de mordiente (A*B) en los parámetros de color: coordenada a^* y b^* , además se encontró que existe efecto significativo ($p < 0,05$), del tipo de mordiente en los parámetros de color: Luminosidad (L^*) y coordenada croma (C^*), pero en el tono (H^*) se comprobó que no existe efecto significativo ($p > 0,05$) del tipo (A) y cantidad de mordiente (B) y la interacción del tipo y cantidad de mordiente (A*B). Respecto al tratamiento A2T1 (2 g/500 mL del mordiente alumbre) indica que, empleando este mordiente y esa cantidad, es el que proporciona un producto de óptima calidad, en los parámetros: $L^* = 81,45$; $a^* = 5,98$; $b^* = 40,33$; $C^* = 28,65$; $H^* = 83,43$ y solidez al lavado. El resultado demuestra que el tratamiento A2T1 del trabajo de investigación presentado se puede afirmar que el teñido de fibra de alpaca con aliso son resistentes a pruebas de solidez al lavado en grado 4 muy buena (destine poco), Lo que más se busca en este tipo de teñidos naturales es una

buena solidez al lavado, siendo el más solicitado el grado 4 en un rango del 1 al 5 además fomenta una tecnología limpia de teñido.

Palabras claves: Fibra de alpaca, aliso, mordiente, teñido, *Vicugna pacos*, *Alnus acuminata*.

1Escuela Profesional Ingeniera Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica. Ciudad Universitaria Comun Era S/N Acobamba.

[*alice_085@hotmail.com](mailto:alice_085@hotmail.com)

"EVALUATION OF THE TYPE AND AMOUNT OF BITTERS IN THE INTENSITY OF COLOR AND SOLIDITY TO THE WASHING OF THE FIBER DYE OF ALPACA (*Vicugna pacos*) WITH ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)

ABSTRACT

The natural dyes are being revalued in the textile industry, due to its importance in reducing the environmental impact, these dyes in the dyeing of various wool and fibers are achieving colors of final quality similar to that of synthetic dyes. The main objective of the research work is to evaluate the type and amount of mordant in the color intensity and wash fastness of the fiber dyeing of Alpaca (*Vicugna pacos*) with Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K); for the development of the research, the extraction of the dye bath from the alder bark was carried out, then the alpaca fiber was conditioned, and finally the alpaca fiber was dyed using the alder bark dyeing bath, for which 500 mL of the dye bath and 5 g of final baby alpaca fiber were used, 2 and 4 grams of alum and sodium bicarbonate were used in the etching process. It was found that there is a significant effect ($p < 0.05$), type (A) and amount of mordant (B) and the interaction of the type and amount of mordant (A * B) in the color parameters: coordinate a^* and b^* , it was also found that there is a significant effect ($p < 0.05$), of the type of mordant in the color parameters: Luminosity (L^*) and chroma coordinate (C^*), but in the tone (H^*) found that there is no significant effect ($p > 0.05$) of the type (A) and amount of mordant (B) and the interaction of the type and amount of mordant (A * B). Regarding the A2T1 treatment (2 g / 500 mL of the mordant alum) it indicates that, using this mordant and that amount, it is the one that provides a product of optimum quality, in the parameters: $L^* = 81.45$; $a^* = 5.98$; $b^* = 40.33$; $C^* = 28.65$; $H^* = 83.43$ and wash fastness. The result shows that the A2T1 treatment of the research work presented can be affirmed that alpaca fiber dyeing with alder are resistant to washing tests

in grade 4 very good (little destine), what is most sought in this type of natural dyeing is a good wash fastness, being the most requested grade 4 in a range of 1 to 5 also promotes a clean dyeing technology.

Keywords: Alpaca fiber, alder, mordant, dyed, *Vicugna pacos*, *Alnus acuminata*.

INTRODUCCIÓN

La industria textil a nivel industrial realiza los teñidos con colorantes sintéticos, debido a su facilidad de trabajo, en tiempos cortos de teñido, buena reproducibilidad de lote a lote, amplia gama en la obtención de colores que van desde los más limpios y brillantes hasta los oscuros e intensos, con muy buenas solidez al frote, lavado y luz. Debido a estas cualidades de los colorantes sintéticos, es que la utilización de colorantes naturales es muy reducida, aún más sobre la fibra de alpaca baby fina de 23 micras. En la actualidad los productores de fibra de alpaca de la región Huancavelica no realiza el proceso de teñido con colorantes naturales, a pesar de que la fibra peruana es la más reconocida mundialmente; en las antiguas civilizaciones como la pre- incaica (Perú), la maya (México) y la egipcia (Egipto) realizaban el teñido de sus mantos y telares con vistosos colores obtenidos de plantas e insectos, que hasta la actualidad se mantienen coloreados. El Distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica es reconocida como capital Alpacaquera en la esta investigación a nivel regional y también cuenta con recursos vegetales naturales entre hojas, flores, cortezas y raíces; que contienen pigmentos como ficobilinas, clorofila, carotenoides, flavonales, antocianinas, xantonas, naftoquinonas, betalainas, fenezinas, perinas, etc; uno de ellos es el Aliso (*Alnus Acuminata* H.B.K), el grosor del árbol de aliso tubo 30 cm de diámetro la corteza interna es de color anaranjada y rica en taninos y pigmentos de pirimidinas sustituidas como fenoxanizinas carotenoides que brinda coloración anaranjada a amarillo, este colorante se extrae de forma natural para no dañar los componentes de los pigmentos y utilizando mordientes naturales como el alumbre (sulfato de aluminio-potasico) y bicarbonato de sodio. El trabajo de investigación demuestra el desarrollo de una tecnología alternativa favorable al medio ambiente y demuestra las ventajas del teñido con colorantes naturales, así como la variedad de colores que se pueden obtener según el colorante y mordiente usado. Con el uso de colorantes naturales en el teñido de fibras

proteicas se busca minimizar la cantidad de contaminantes en los efluentes del proceso de teñido, tales como metales pesados y otros. La tecnología utilizada en esta investigación puede ser transferida a los pequeños y medianos empresarios Agroindustriales obteniendo productos ecológicos con fines de artesanía textil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito de estudio: El estudio se realizó en el Laboratorio de Procesamiento Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica; El análisis de la Intensidad de Color del teñido de fibra de Alpaca se realizó en el Laboratorio de la Facultad de Industrias Alimentarias - Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo y la Solidez al lavado del teñido de fibra se realizó artesanalmente basándose en los antecedentes, se realizó en las instalaciones de la asociación de productores eco rural del distrito de Pilpichaca Provincia de Huaytará departamento de Huancavelica.

La técnica de procesamiento de datos fue mediante la estadística descriptiva el diseño factorial completo y el análisis que se realizó en el presente trabajo de investigación es el análisis de la intensidad de color que se realizó con el equipo colorímetro y la evaluación de la solidez a la luz se realizó mediante la escala de solideces.

Análisis de Intensidad de color de la fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) teñida con corteza de Aliso (*Alnus acuminata*) con diferente cantidad y tipo de mordientes

Se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Análisis de Intensidad de color

Equipo: Colorímetro (CHROMA METER CR-400- Konica Minolta) (método adaptado del autor Münsell²⁰)

Fundamento: Determinación de los múltiples aspectos del color entre los parámetros colorimétricos del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$. de la luminosidad (L^*), la coordenada (a^*), la coordenada (b^*), la Croma (C^*) y el tono (h^*).

Determinación de la solidez al lavado

Método: Escala de solideces (método adaptado del autor Obando³)

Fundamento: Se empleó para la prueba de solidez al lavado en los 4 tratamientos del teñido de fibra de Alpaca con la corteza de Aliso con tipos de mordiente (Alumbre y Bicarbonato a (2 y 4g /500mL) que se identifican por siglas A2T1 A4T2 B2T1 B4T2 respectivamente, se utilizó la escala de solidez, artesanalmente, para ello se usaron los valores: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente)

Metodología para Solidez al lavado

Según Obando³ para llegar a la determinación de la solidez al lavado se realiza el siguiente proceso:

- Colocar en un recipiente agua con detergente común, según las instrucciones que indica en la funda del detergente.
- Pesar 5 g de muestra a analizar y dos telas blancas de algodón 100% de igual peso como testigo utilizar de 8 a 10 g de detergente común para 500 ml de agua.
- Coser la muestra con los testigos en forma de sándwich.
- Poner la muestra cosida en la solución de detergente.
- Lavar por 10 minutos.
- Enjuagar y observar las manchas en los testigos y si existe sangrado de color.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Obtenida la información se procedió al procesamiento de los datos con el apoyo del software Minitab versión 13. Se empleó el Diseño Factorial Completo. para realizar la prueba de hipótesis y dar respuesta a los objetivos trazados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2.3.1. Análisis de varianza para la Luminosidad (L*)

A continuación, en la Tabla 11 se muestra los resultados del análisis de varianza para la Luminosidad (L*).

Tabla 11. Análisis de varianza para la luminosidad L* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	109,647	36,549	19,55	0,000
Lineal	2	108,327	54,163	28,98	0,000
Tipo de mordiente	1	103,488	103,488	55,37	0,000
Cantidad de mordiente	1	4,839	4,839	2,59	0,146
Interacciones de 2 términos	1	1,320	1,320	0,71	0,425
Tipo*Cantidad de mordiente	1	1,320	1,320	0,71	0,425
Error	8	14,953	1,869		
Total	11	124,600			

S = 1,36716 R² = 88,00%

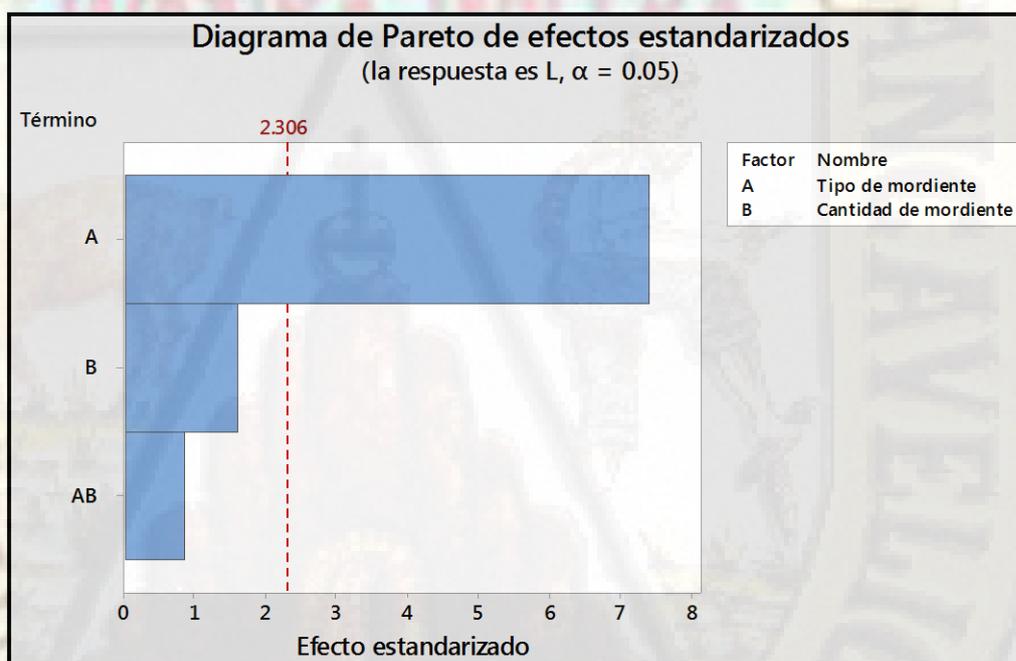


Figura 10. Diagrama de Pareto para los efectos principales en L*.

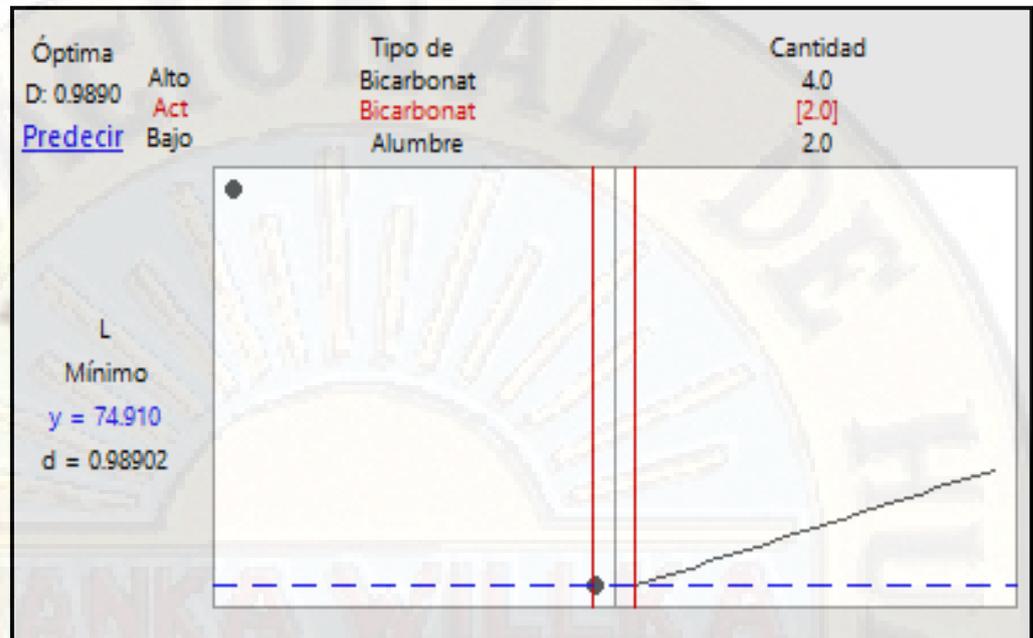


Figura 11. Gráfico Optimizador de respuesta para L*.

4.2.3.2. Análisis de varianza para la coordenada a*

A continuación, en la Tabla 12 se muestra los resultados del análisis de varianza para la coordenada (a*).

Tabla 12. Análisis de varianza para la coordenada a* (unidades codificadas).

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	118,979	39,6597	147,42	0,000
Lineal	2	109,060	54,5300	202,70	0,000
Tipo de mordiente	1	89,271	89,2711	331,83	0,000
Cantidad de mordiente	1	19,789	19,7890	73,56	0,000
Interacciones de 2 términos	1	9,919	9,919	36,87	0,000
Tipo*Cantidad de mordiente	1	9,919	9,919	36,87	0,000
Error	8	2,152	0,2690		
Total	11	121,131			

$S = 0,518676$ $R^2 = 98,22\%$

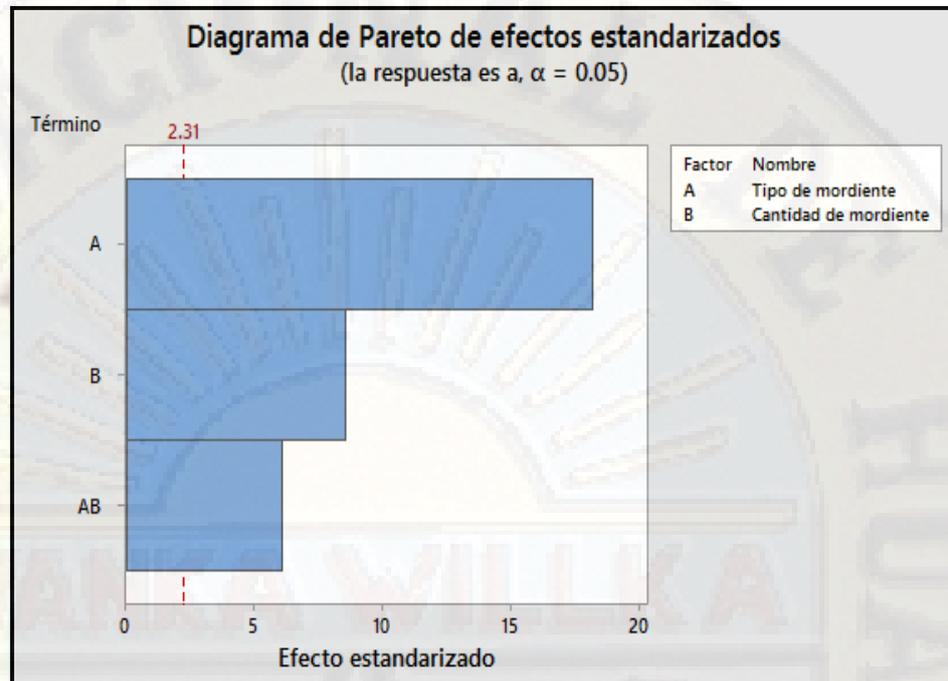


Figura 12. Diagrama de Pareto para los efectos principales a*.

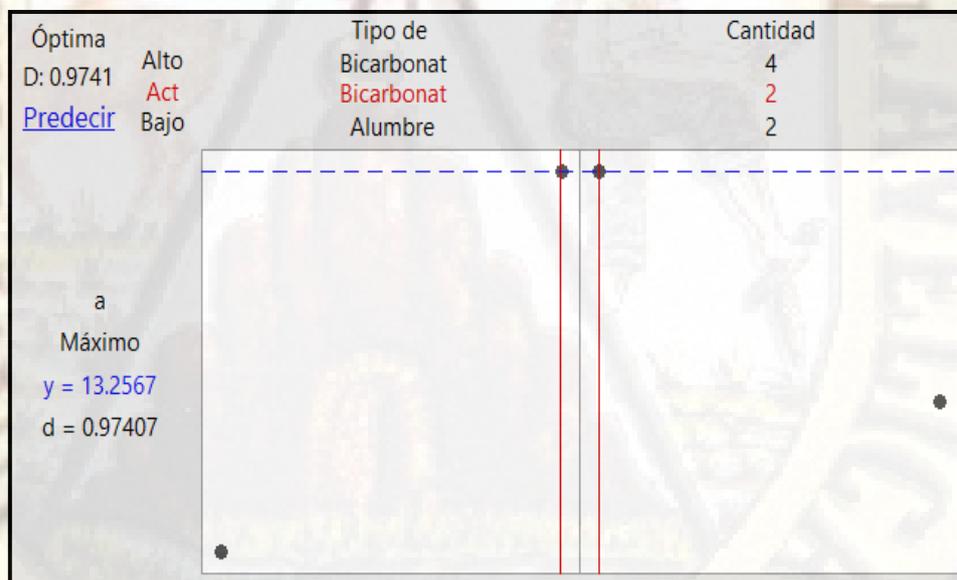


Figura 13. Gráfico Optimizador de respuesta para la coordenada a*.

4.2.3.3. Análisis de varianza para la coordenada b*

A continuación, en la Tabla 13 se muestra los resultados del análisis de varianza para la coordenada (b*).

Tabla 13. Análisis de varianza para coordenada b* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	232,385	77,462	124,82	0,000
Lineal	2	196,712	98,356	158,49	0,000
Tipo de mordiente	1	19,995	19,995	32,22	0,000
Cantidad de mordiente	1	176,717	176,717	284,75	0,000
Interacciones de 2 términos	1	35,673	35,673	57,48	0,000
Tipo*Cantidad de mordiente	1	35,673	35,673	57,48	0,000
Error	8	4,965	0,621		
Total	11	237,350			

S = 0,787782 R² = 97,91%

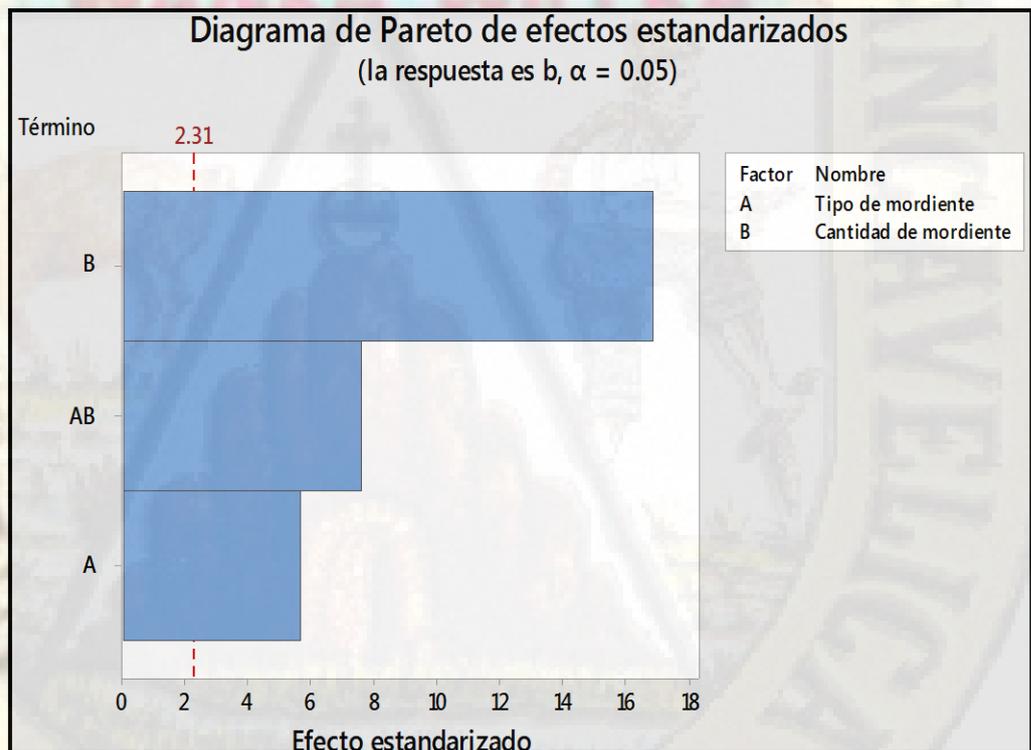


Figura 14. Diagrama de Pareto para los efectos principales en b*.

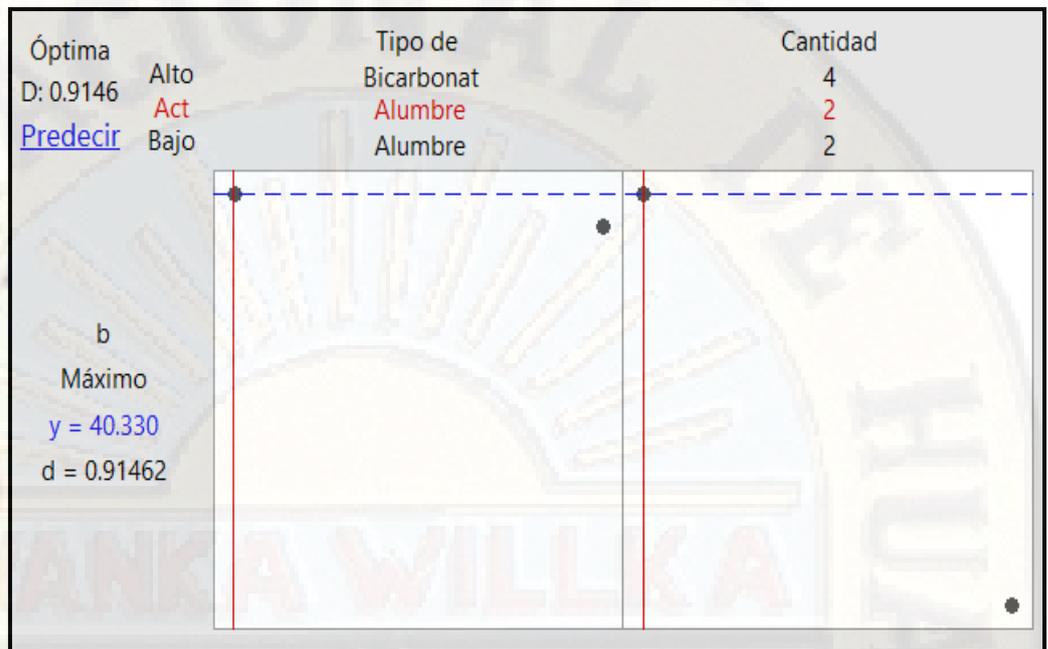


Figura 15. Gráfico optimizador de respuesta para la coordenada b*.

4.2.3.4. Análisis de varianza para el croma C*

A continuación, en la Tabla 14 se muestra los resultados del análisis de varianza para el croma (C*).

Tabla 14. Análisis de varianza para el croma C* (unidades codificadas).

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	92,384	30,795	7,74	0,009
Lineal	2	88,335	44,168	11,10	0,005
Tipo de mordiente	1	86,564	86,564	21,75	0,002
Cantidad de mordiente	1	1,771	1,771	0,45	0,523
Interacciones de 2 términos	1	4,048	4,048	1,02	0,343
Tipo*Cantidad de mordiente	1	4,048	4,048	1,02	0,343
Error	8	31,834	3,979		
Total	11	124,218			

S = 1,99481 R² = 74,37%

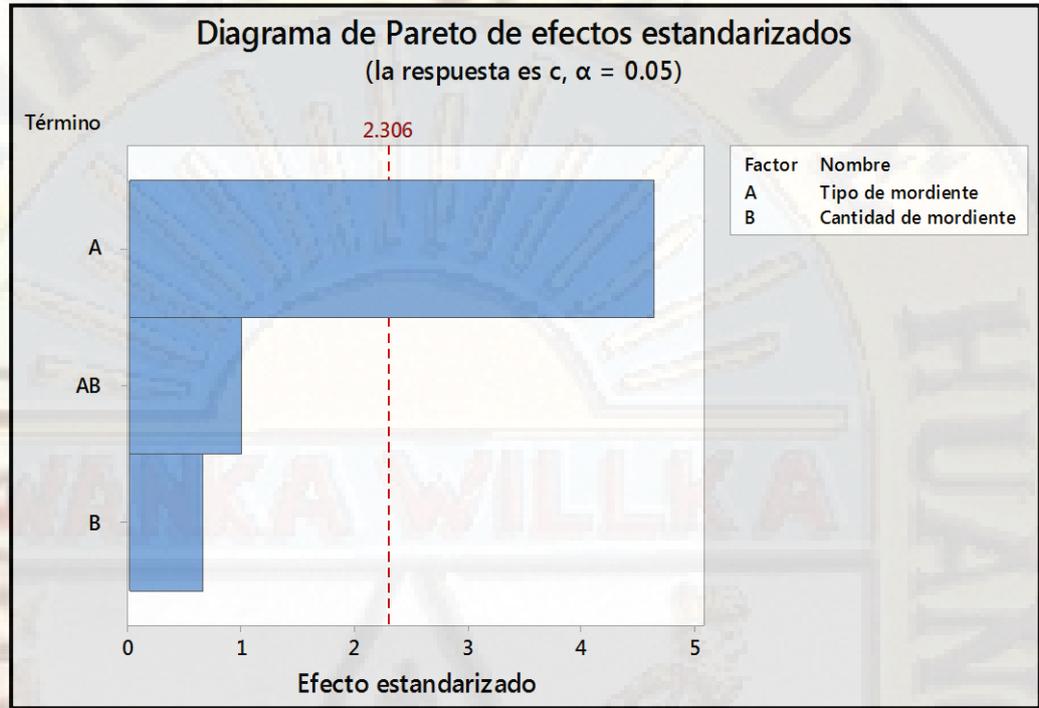


Figura 16. Diagrama de Pareto para los efectos principales C*.

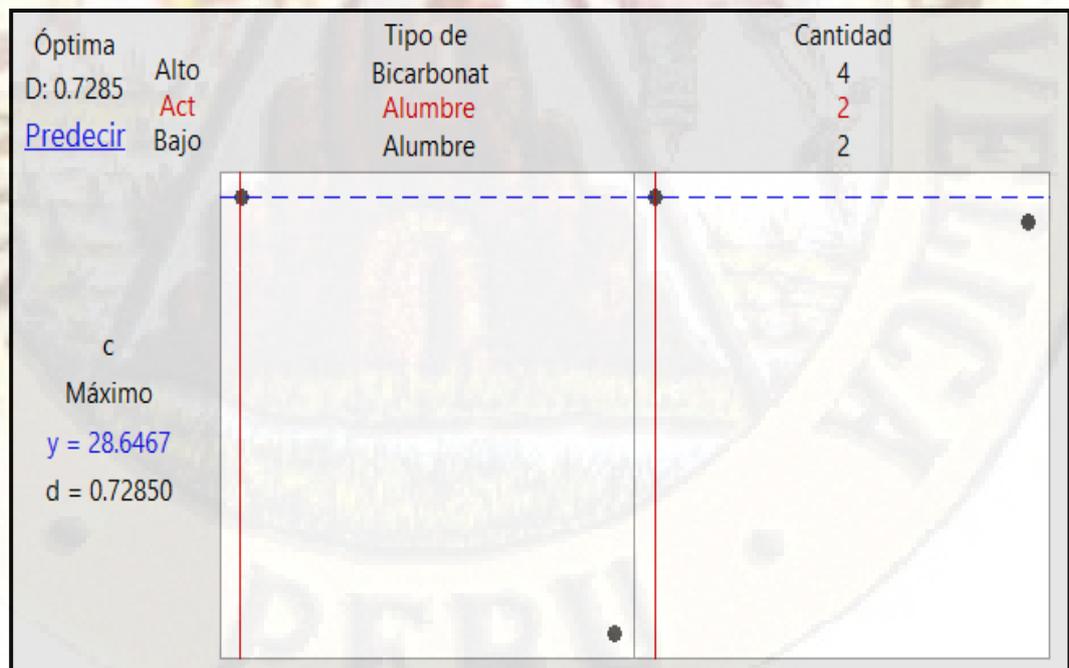


Figura 17. Gráfico optimizador de respuesta para el cromado C*.

4.2.3.5. Análisis de varianza para el tono H*

A continuación, en la Tabla 15 se muestra los resultados del análisis de varianza para el tono (H*).

Tabla 15. Análisis de varianza para el tono H* (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Modelo	3	8,1324	2,7108	0,49	0,700
Lineal	2	7,8284	3,9142	0,70	0,523
Tipo de mordiente	1	7,5050	7,5050	1,35	0,279
Cantidad de mordiente	1	0,3234	0,3234	0,06	0,815
Interacciones de 2 términos	1	0,3040	0,3040	0,05	0,821
Tipo*Cantidad de mordiente	1	0,3040	0,3040	0,05	0,821
Error	8	44,4765	5,5596		
Total	11	52,6089			

S = 2,35787 R² = 15,46

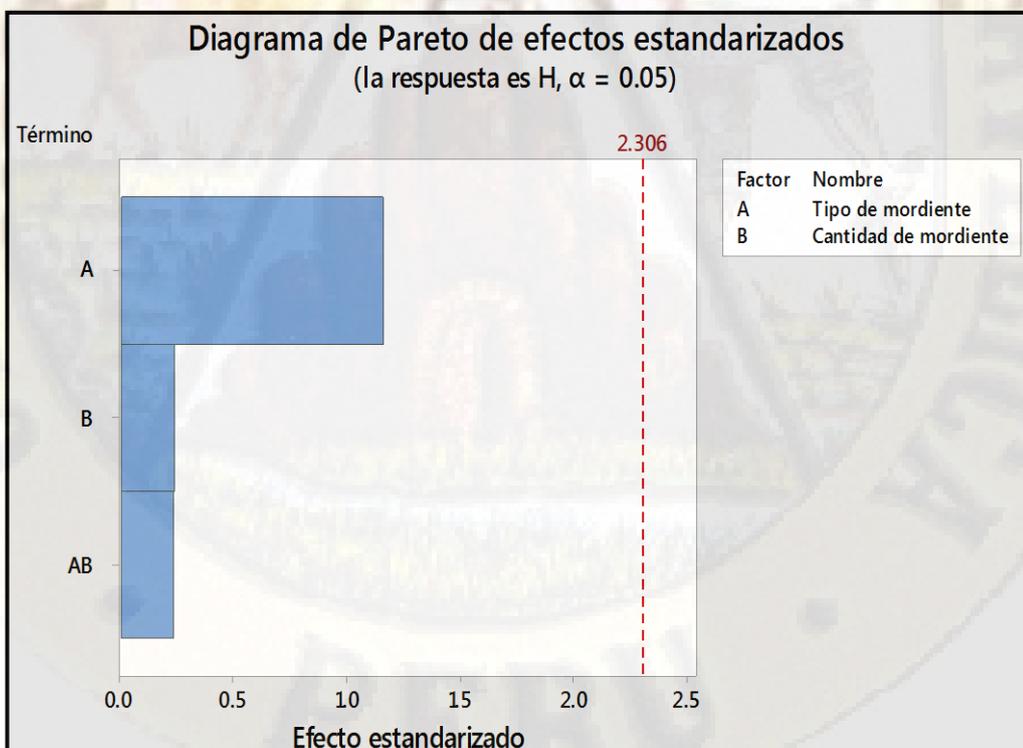


Figura 18. Diagrama de Pareto para los efectos principales en H*.

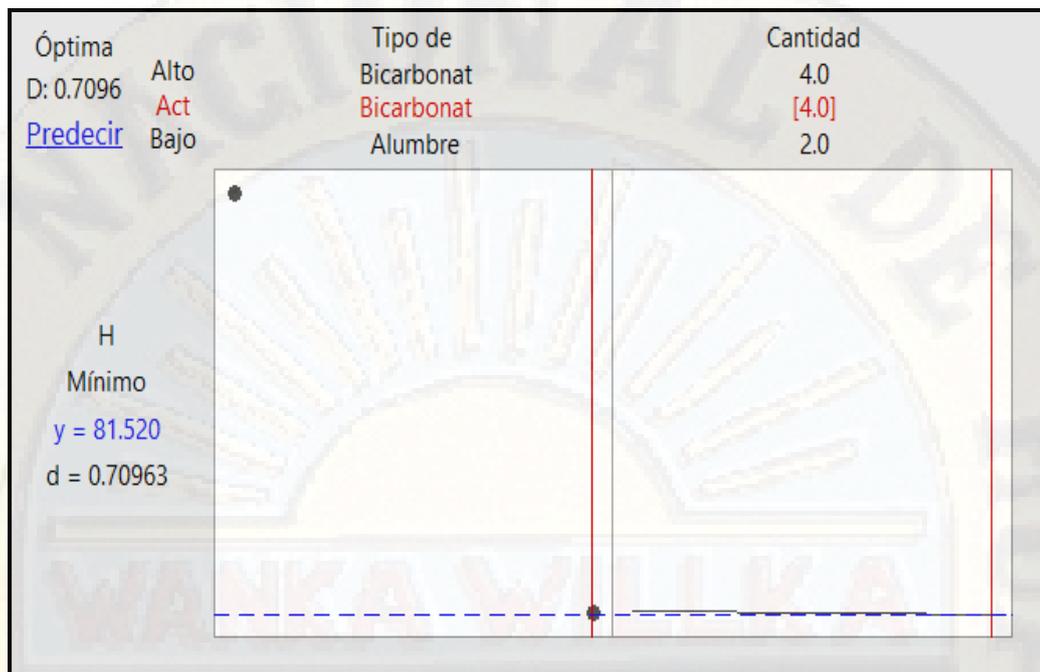


Figura 19. Gráfico optimizador de respuesta para el tono H*.

4.2.4. Resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso

A continuación, en la Tabla 16 se muestra los resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Tabla 16. Resultados de medida del color de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Muestra	L*	a*	b*	C*	H*
A2T1	81,45	5,98	40,33	28,65	83,43
A4T2	82,05	5,23	29,21	28,25	82,78
B2T1	74,91	13,26	39,46	22,11	81,53
B4T2	76,84	8,87	35,24	24,04	81,52

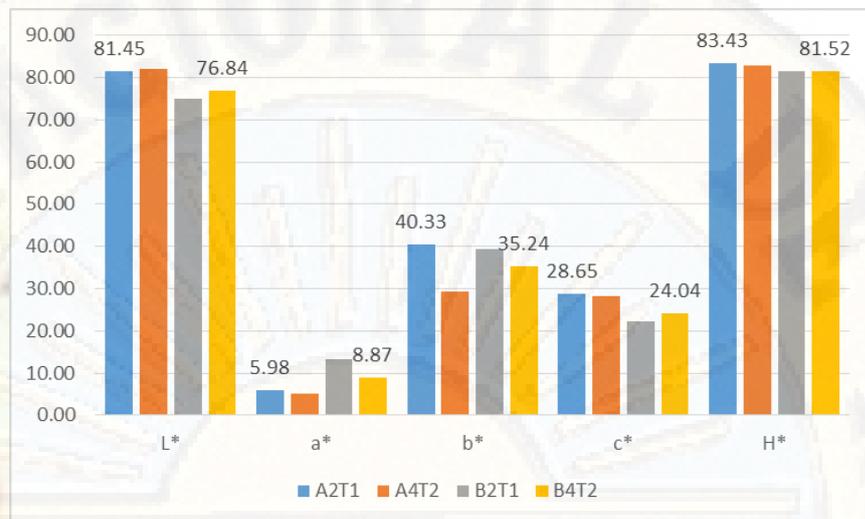


Figura 20. Resultados de la medida de color en la fibra de alpaca teñida con aliso.

4.2.5. Evaluación de solidez al lavado

A continuación, en la Tabla 17 se muestra los resultados de la solidez al lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso.

Tabla 17. Resultados de solidez al lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso

Tratamiento	Solidez al lavado
A2T1	4 muy buena (destiñe un poco)
A4T2	4 muy buena (destiñe un poco)
B2T1	4 muy buena (destiñe un poco)
B4T2	4 muy buena (destiñe un poco)

Fuente: Elaboración propia

Lo que más se busca en este tipo de teñidos es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5.

4.3. Análisis de datos

Una propiedad a estudiar en los textiles después del teñido es la solidez del color, ésta establece la resistencia que presenta el sustrato teñido, a cambiar su color o perder la intensidad luego de ser sometida a agentes externos. Las pruebas para determinarla se realizan a nivel de laboratorio, simulando condiciones reales de uso

donde se combinan el efecto de la temperatura, la humedad, la acción del sol, cambio de pH y otros factores (González *et al.*, 2014).

Una forma de visualizar los resultados de uniformidad de teñido en la fibra, es midiendo el color, para esto la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente. El espacio de color L*a*b*, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto (Konica Minolta, 2016). A continuación, se muestran los resultados y el análisis de datos de teñido de fibra de alpaca con aliso.

4.3.1. Evaluación de la Intensidad de color

La Luminosidad (L*)

Stanziola²² menciona que, la coordenada colorimétrica Luminosidad (L*), indica la luminosidad o punto de claridad sobre el que se encuentran todos los matices; clasificando al color como claro u oscuro; para un negro ideal la claridad L* es 0 y para un blanco ideal L* es 100; así mismo las coordenadas colorimétricas: a* (Valores negativos -a* indican verde, valores positivos a* indican rojo) y b* (Valores negativos -b* indican azul, valores positivos b* indican amarillo). En la investigación desarrollada se demuestra en la tabla 11, que existen diferencias significativas en la luminosidad de la fibra de alpaca teñida con aliso, debido a los efectos principales tipo de mordiente (Alumbre y bicarbonato) y cantidad de mordiente (2 y 4 gramos/500 mL) no son significativos ($p > 0,05$); del mismo modo, la interacción de ambos efectos tipo y cantidad de mordiente también no es significativa ($p > 0,05$). En la Figura 10, se observa el diagrama de Pareto, en el cual se muestra que el valor de la coordenada L* se ve altamente afectada por la variable independiente (tipo de mordiente). Asimismo, el optimizador de respuesta, en la Figura 11, demuestra que el valor de L* mínimo teórico (74,910) con una deseabilidad de 0,98902 se logra con el mordiente bicarbonato, con una cantidad de 2 gramos/500mL.

La coordenada a*

Gilbert²⁰ define a la coordenada colorimétrica (a^*) como la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad o claridad hacia el rojo si a^* es positiva y hacia el verde si a^* es negativa. En la Tabla 12, se observa que existen diferencias significativas en el valor de la coordenada a^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. Los efectos principales tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) y cantidad de mordiente (2 y 4 gramos/500 mL) son altamente significativos ($p < 0,05$); del mismo modo, la interacción de ambos efectos tipo y cantidad de mordiente, también es altamente significativa ($p < 0,05$). En la Figura 12, el diagrama de Pareto, muestra que el valor de la coordenada a^* se ve altamente afectada por las variables independientes (tipo y cantidad de mordiente) y su interacción. Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 13, muestra que el valor de la coordenada a^* máximo teórico (13,256) con una deseabilidad de 0,9741 se logra con 2 gramos del mordiente bicarbonato.

La coordenada b*

Stanziola²², indica que la coordenada colorimétrica b^* es el espacio de color en las coordenadas definiendo al eje amarillo (Valores positivos b^*), y al eje azul (valores negativos $-b^*$ indican amarillo). En la Tabla 13 se observa, que los efectos principales Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) y Cantidad de mordiente (2 y 4 gramos) son altamente significativos ($p < 0,05$); del mismo modo, la interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente también es altamente significativa ($p < 0,05$). En la Figura 14, se muestra el diagrama de Pareto, en donde se observa que el valor de la coordenada b^* se ve altamente afectada por las variables independientes (Tipo y cantidad de mordiente) y su interacción. Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 15, muestra que el valor de la coordenada b^* máximo teórico (40,330) con una deseabilidad de 0,9146 se logra con 2 g/500 mL del mordiente alumbre.

La cromía C*

Gilbert²⁰ menciona que, la magnitud adimensional C^* , es el cromía que representa la saturación o pureza, tomando valores de 0 para estímulos

acromáticos y normalmente no pasa de 150, aunque puede superar los valores de 1000 para estímulos monocromáticos. En la Tabla 14 se observa, que existen diferencias significativas en el valor de la croma C^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. El efecto Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) es altamente significativos ($p < 0,05$); pero en la cantidad de mordiente (2 y 4 g/500 mL) no es significativo ($p > 0,05$), del mismo modo, la interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente no es significativa ($p > 0,05$). El diagrama de Pareto como se puede observar en la Figura 16, muestra que el valor de C^* es altamente afectada por la variable independiente (Tipo de mordiente). Asimismo, el optimizador de respuesta como se puede observar en la Figura 17, muestra que el valor de C^* máximo teórico (28,6467) con una deseabilidad de 0,7285 se logra con 2 gramos del mordiente alumbre.

El tono H^*

Stanziola²² define a H como el tono o de matiz, designando el valor de 0 al color rojo, 90° designa el color amarillo, 180° designa el color verde y 270° designa el color azul. Se observa en la Tabla 15, que no existen diferencias significativas en el valor del tono H^* de la fibra de alpaca teñida con aliso. De los efectos principales, el Tipo de mordiente (alumbre y bicarbonato) tampoco tiene efecto significativo ($p > 0,05$) en el tono " H "; en la Cantidad de mordiente (2 y 4 g/500 mL) no tiene efecto significativo ($p > 0,05$). La interacción de ambos efectos Tipo y cantidad de mordiente no es significativa ($p > 0,05$) en el tono " H ". El diagrama de Pareto, como se observa en la Figura 18, muestra que el valor de H^* no es afectada por las variables independientes y la interacción de Tipo y cantidad de mordiente. En cuanto al optimizador de respuesta se refiere, indica que el valor de H^* mínimo teórico (81,520) con una deseabilidad de 0,7096 se logra con 4 gramos de mordiente bicarbonato, como se observa en la Figura 19.

En el proceso de teñido, un paso importante es el mordentado, el cual se entiende como la acción de aplicar sustancias de origen natural o sintético a las fibras que se van a teñir, con el fin de que se fije el color a éstas, además dichos elementos coadyuvarán a que se deposite uniformemente en las fibras y sea brillante el

color. Todavía se usan mordentes naturales como el alumbre o sulfato de aluminio y potasio, el cual es un mineral que se encuentra en forma de piedra y es conocido comúnmente como calinita. El mordentado se puede aplicar de tres maneras: premordentado, postmordentado y con el teñido. El mordentado simultáneamente, que fue el paso aplicado, consiste en introducir juntamente la fibra húmeda sin teñir en el colorante, donde previamente ya está disuelto el mordente²⁵.

4.3.2. Resultados de colorimetría de la fibra de alpaca teñida con aliso

Los resultados de medida del color como se puede observar en la Tabla 16, muestra que, la luminosidad L^* del producto teñido es menor (74,91) cuando se emplea 2 g/500 mL de mordiente, y es mayor (81,45) al usar 2 g/500 mL de mordiente alumbre. Mientras más bajo es el valor de luminosidad L^* indica que el color es más oscuro. En la Tabla 16, se observa que el valor de la coordenada a^* del producto teñido es menor (5,23) cuando se usa 4 gramos de mordiente alumbre, y es mayor (13,26) al usar 2 gramos de mordiente bicarbonato. Si a^* es positiva se desvía hacia el rojo, pero si a^* es negativa se desvía hacia el verde. El valor de la coordenada b^* del producto teñido es menor (29,21) cuando se usa 4 gramos del mordiente alumbre, y es mayor (40,33) al usar 2 gramos del mordiente alumbre. Cuando b^* es positiva la desviación es hacia el amarillo, que fue el color de la fibra de alpaca teñida con aliso.

En la Tabla 16, nos indica que el valor del croma C^* del producto teñido es menor (22,11) cuando se usa 2 gramos del mordiente bicarbonato, y es mayor (28,65) al usar 2 gramos del mordiente alumbre. Según Gilbert²⁰, el croma C^* toma el valor de cero para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150, en este caso su valor es de 28,65 debido al color amarillo que tiene la fibra de alpaca teñida con aliso en estas condiciones.

Como se puede observar en la Tabla 15, el valor del tono H^* del producto teñido es menor (81,52) cuando se usa 4 gramos del mordiente bicarbonato, y es mayor (83,43) al usar 2 gramos del mordiente alumbre.

Estos resultados determinados explican claramente la diferencia de color entre los tratamientos, cuando se usa 2 gramos del mordiente alumbre, el color es amarillo y su tono es mayor, que cuando se usa 2 gramos del mordiente bicarbonato. Esto confirma el resultado del optimizador de respuesta, que nos indica los tratamientos con 2 gramos del mordiente bicarbonato y con 2 gramos del mordiente alumbre, se logra el mejor teñido de fibra de alpaca teñida con aliso.

Es probable, que empleando 2 gramos de los mordientes alumbre y bicarbonato permite que la fibra de alpaca tenga mayor capacidad de atrapar las partículas de color del aliso. Mientras que empleando 4 gramos de los mordientes no logran el teñido color intenso adecuado de la fibra de alpaca con aliso.

4.3.3. Evaluación de solidez al lavado

Según Obando³ la clasificación de los resultados es de tipo cualitativo: según escala de solidez (solidez de al lavado) con evaluación cualitativa valores de: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente). Según Obando³, menciona que los resultados obtenidos Al realizar la tintura con el colorante obtenido de las hojas de nogal se obtuvo los siguientes colores con las siguientes características: Al utilizar el mordentado de Alumbre con Crémor Tártaro Tenemos una muy buena solidez al lavado con un valor de 4, ya que destiñe poco. tintura con nogal de lana mordentado con alumbre y sulfato de cobre Tenemos una excelente solidez al lavado con un valor de 5, ya que no destiñe evaluadas según escala de solidez (solidez de al lavado) con evaluación cualitativa valores de: 5 Excelente (No destiñe), 4 Muy buena (Destiñe un poco), 3 Buena (Destiñe sensiblemente), 2 Regular (Destiñe fuertemente), 1 Malo (Destiñe muy fuertemente). Como se puede observar en la tabla 17. evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) con aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.)” tenemos una muy buena solidez al lavado con un valor de 4 muy buena (destiñe poco) en los 4 tratamientos. para lo cual se realizó la metodología de obando³ para llegar a la determinación de la solidez al lavado se realizó los procedimientos; Colocar en un recipiente agua con detergente común marca “opal

ultra”, según las instrucciones que indica en la funda del detergente, Pesar 5 g de muestra a analizar y dos telas blancas de algodón 100% de igual peso como testigo, Coser la muestra con los testigos en forma de sándwich, Poner la muestra cosida en la solución de detergente, Lavar por 10 minutos, Enjuagar y observar las manchas en los testigos y si existe sangrado de color realizar comparación con la fibra de alpaca teñida con aliso inicial observando en los testigos (telas de algodón color blanco). Lo que más se busca en este tipo de teñidos naturales es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5. Al respecto, Arroyo-Figueroa⁹ concluyó que, las pruebas de solidez al color aplicadas al teñido de lana y algodón, muestran resultados un tanto variables para cada una de las fibras, siendo la lana la fibra en la que observó mayor retención del color después del teñido, pero fue la más afectada a la aplicación de las pruebas de estabilidad. Por otro lado. el algodón presentó una mayor estabilidad en el color al aplicarse las pruebas de solidez, sin embargo, la absorción del color a la hora del teñido no fue la esperada. La prueba que más afectó a las fibras de manera global fue la de lavado a temperaturas elevadas, para el caso de la lana le siguió lavado doméstico y para el algodón la luz artificial. Las pruebas que menos afectaron para la lana fueron las de luz artificial, frote en seco, ácidos y álcalis y para el caso del algodón fueron ácidos y álcalis, frote en seco y lavado doméstico. Por último, el teñido de estas fibras con cáscara de cebolla morada, son importantes porque permite controlar los resultados, información de relevante importancia para las empresas que gusten emplear este colorante natural.

Del mismo modo, Moldovan⁸ al estudiar la aplicabilidad de los colorantes obtenidos de 3 micro y macro algas: *Arthrospira platensis* (microalga), *Synechococcus sp.* (microalga), *Ulva sp.* (macroalga) en el proceso de tintura textil, con la finalidad de obtener una gama de colorantes que ofrezcan la posibilidad de obtener una tricromía y puedan en el futuro sustituir a los colorantes sintéticos para una moda sostenible. El empleo de colorantes a partir de algas revela resultados aceptables y comparables con los colorantes naturales empleados en la industria a día de hoy, provenientes de otras fuentes. Obteniéndose valores 3 - 4 para solidez al lavado, representando un comportamiento definido como regular bueno.

CONCLUSIONES

- El tipo de mordiente que fija mejor el color en el teñido de la fibra de alpaca es el alumbre; se demuestra por el optimizador de respuesta para los parámetros de color: coordenada a^* y coordenada b^* .
- La cantidad ideal de mordiente a emplear fue de 2 g/500 mL en los dos tipos de mordientes (alumbre y bicarbonato), observándose que el teñido de fibra de alpaca con aliso es más firme de color más intenso, porque presenta mayor concentración de pigmentos. Además, se demuestra por el optimizador de respuesta para los parámetros de color: Luminosidad L^* , coordenada a^* , coordenada b^* y coordenada C^* .
- Los parámetros adecuados para el teñido de fibra de alpaca con aliso son: Cantidad de mordiente 2 g/500 mL, tipo de mordiente alumbre; con estos valores se logró un producto de calidad, cuyos parámetros fueron: $L^* = 81,45$; $a^* = 5,98$; $b^* = 40,33$; $C^* = 28,65$; $H^* = 83,43$ y solidez al lavado (4 puntos esto mide una escala muy buena ya que destiñe poco). Lo que más se busca en este tipo de teñidos es una buena solidez al lavado, siendo el grado 4 el más solicitado en un rango del 1 al 5.

RECOMENDACIONES

- ❖ Desarrollar estudios de investigación en los que se realicen el teñido de fibra de alpaca con aliso utilizando como mordientes sales como el Sulfato de Cobre y el sulfato ferroso, debido a que son de mayor comercialización y debido a las características que poseen logran buenos resultados tintóreos como son colores firmes, homogéneos y resistentes.
- ❖ Después del lavado de la fibra de alpaca teñida con aliso, se pierde un poco el tintóreo, por tanto, es indispensable determinar el valor del pH, la temperatura y tiempo de teñido, por lo tanto, evaluar otros variables dependientes como: solidez a la luz, Solidez al frote esto con la finalidad de terminar la resistencia del color.

- ❖ Desarrollar investigaciones de teñido de fibra de alpaca con corteza de aliso y con colorantes naturales en cada uno de las clasificaciones de fibra según su finura con el objetivo de determinar en cuál de las clasificaciones fija mejor el color que se requiera.
- ❖ Desarrollar estudios de teñidos naturales en diferentes tipos de mordentado (pre mordentado, mordentado directo y post mordentado), con la finalidad de obtener más tonalidades de color.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Calderón M. "Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de Aliso común (*Alnus jorullensis humboldt, Bonpland kunth*), proveniente de san Lucas Sacatepéquez, Guatemala", Universidad de San Carlos de Guatemala; 2007.
2. Cavenago M y Córdova A. "Estudio del efecto del pH y la concentración de mordiente en el teñido sobre sustrato de Alpaca Suri con colorantes Naturales de estructura Curcuminoide, Xantófila y Antroquinónica". Universidad Nacional de San Agustín Facultad de Ingeniería de procesos escuela profesional de Ingeniería Química Arequipa – Perú 2014.
3. Obando P. "tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales" universidad técnica del norte facultad de ingeniería en ciencias aplicadas carrera de ingeniería textil; Ibarra, 2013.
4. Paredes B. "Análisis y obtención de colorante natural a partir de la *Baccharis latifolia* (Chilca)". Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte; 2002.
5. Soto S. "Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de fibra de alpaca teñida con aliso (*Ovis aries*) con ayrampo (*Berberis sp*)" universidad nacional de Huancavelica, 2017.
6. Sánchez M. "Comprobación de la actividad tintorera en fibras orgánicas y sintéticas de la *Berberis hallii*". Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010.
7. Moldovan S. "Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis*,

- Synechococcus sp.*, *Ulva sp.*". Valencia – España: Universidad Politécnica de Valencia; 2016.
8. Arroyo-Figueroa G, Álvarez-Canelo JG, Medina-Saavedra T, Dzul-Cauih J. Evaluación de la estabilidad del color en el teñido de lana y algodón con extracto de cebolla morada (*Allium cepa*). Revista de Sistemas Experimentales. 2017; 19 (4): 1-6.
 9. Zárate A. Guía técnica: Asistencia técnica dirigida en caracterización y clasificación de fibra de alpaca. 2012. Disponible en: <http://infoalpacas.com.pe/guia-tecnica-asistencia-tecnica-dirigida-en-caracterizacion-y-clasificacion-de-fibra-de-alpaca/>
 10. De Los Ríos E. Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). 2006. Disponible en: <https://www.unido.org/file-storage/download/?file id=58563>
 11. Pino W. Extracción artesanal de colorantes naturales, una alternativa de aprovechamiento de la diversidad biológica del chocó, Colombia. <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDF's/V8N2/Art9V8N2.pdf,2007>
 12. Munsell CIE. Informe técnico, colorimetría. Comisión Internacional de Iluminación. 2014. Disponible en: <http://www.quantotec.com/sp/Colorimetria.htm>.
 13. Gilabert E. Medida del color. Servicio de publicaciones UPV. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; 1992.
 14. Stanziola R. Colorimetry and the calculation of color difference. Industrial Color Technology. New Jersey: 1 - 45. p. 12.

ANEXOS



Anexo 1

Resultados del análisis de intensidad de color (L*, a*, b*, c* y h*) - Primera repetición



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981

Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0250 - LCC - UNCP - 2018

SOLICITANTE : CELIA MARTA MENDOZA HUAMANI.
DIRECCIÓN : AV. MANUEL CANDAMO - ACOBAMBA - HUANCAMELICA.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : FIBRA DE ALPACA TEÑIDA
MARCA : S/M
ENVASE : BOLSA DE POLIETILENO
TAMAÑO DE MUESTRA : 5g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 21/05/18
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 04/06/18
SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0250 - 2018
DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE:
TÍTULO DE LA TESIS : *EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) CON ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS DE INTENSIDAD DE COLOR:

ANÁLISIS	REPETICIÓN	CÓDIGO	RESULTADOS				
			L*	a*	b*	c*	H
INTENSIDAD DE COLOR	PRIMERA	COD.RA4T2	80.24	5.54	28.76	24.44	82.12
		COD.RB4T2	76.62	9.00	35.51	23.82	80.04
		COD.RA2T1	79.92	6.10	38.82	27.12	83.06
		COD.RB2T1	74.81	13.49	39.78	22.01	85.03

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIENDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA CONSERVACIÓN ASI COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.

LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:
EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE SOLO A LA MUESTRA. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIRIMENCIA DE ESTE PRODUCTO SE MANTENDRÁ POR 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 04 DE JUNIO DEL 2018.



Página 1/1

Anexo 2

Resultados del análisis de intensidad de color (L*, a*, b*, c* y h*) – Segunda repetición



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981

Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0251 - LCC – UNCP - 2018

SOLICITANTE : CELIA MARTA MENDOZA HUAMANI.
DIRECCIÓN : AV. MANUEL CANDAMO - ACOBAMBA - HUANCVELICA.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : FIBRA DE ALPACA TEÑIDA
MARCA : S/M
ENVASE : BOLSA DE POLIETILENO
TAMAÑO DE MUESTRA : 5g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 21/05/18
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 04/06/18
SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0251 - 2018

DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE:
TÍTULO DE LA TESIS : "EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA (Vicugna pacos) CON ALISO (Alnus acuminata H.B.K)

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS DE INTENSIDAD DE COLOR:

ANÁLISIS	REPETICIÓN	CÓDIGO	RESULTADOS				
			L*	a*	b*	C*	h
INTENSIDAD DE COLOR	SEGUNDA	COD.RA4T2	82.00	5.67	29.81	29.20	84.16
		COD.RB4T2	77.23	9.31	35.58	24.43	80.31
		COD.RA2T1	80.72	6.39	41.41	27.92	86.09
		COD.RB2T1	74.97	12.79	39.20	22.18	79.65

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA CONSERVACIÓN ASI COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.

LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE SOLO A LA MUESTRA. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIRIMENCIA DE ESTE PRODUCTO SE MANTENDRÁ POR 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 04 DE JUNIO DEL 2018.



Página 1/1

Anexo 3

Resultados del análisis de intensidad de color (L*, a*, b*, c* y h*) – tercera repetición



CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981

Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO N° 0252 - LCC - UNCP - 2018

SOLICITANTE : CELIA MARTA MENDOZA HUAMANI.
DIRECCIÓN : AV. MANUEL CANDAMO - ACOBAMBA - HUANCAMELICA.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : FIBRA DE ALPACA TEÑIDA
MARCA : S/M
ENVASE : BOLSA DE POLIETILENO
TAMAÑO DE MUESTRA : 5g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 21/05/18
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 04/06/18
SOLICITUD DE SERVICIO : N° 0252 - 2018

DATOS DECLARADOS POR EL SOLICITANTE:
TÍTULO DE LA TESIS : "EVALUACIÓN DEL TIPO Y CANTIDAD DE MORDIENTE EN LA INTENSIDAD DE COLOR Y SOLIDEZ AL LAVADO DEL TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) CON ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K)

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS DE INTENSIDAD DE COLOR:

ANÁLISIS	REPETICIÓN	CÓDIGO	RESULTADOS				
			L*	a*	b*	C*	H
INTENSIDAD DE COLOR	TERCERA	COD RA4T2	83.92	4.49	29.05	31.12	82.10
		COD RB4T2	76.68	8.30	34.62	23.88	84.21
		COD RA2T1	83.70	5.46	39.41	30.90	81.14
		COD RB2T1	74.95	13.49	40.76	22.15	79.91

LOS RESULTADOS SOLO SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIENDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA CONSERVACIÓN ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.

LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO

ADVERTENCIA:

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE SOLO A LA MUESTRA. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIRIMENCIA DE ESTE PRODUCTO SE MANTENDRÁ POR 90 DÍAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 04 DE JUNIO DEL 2018.

Arístides Mallqui
LABORANTE DE CALIDAD
LCC - 2018 - UNCP

Página 1/1

Anexo 4
Testimonio fotográfico



Imagen N° 01. Materia prima tallo de Aliso
(*Alnus acuminata* H.B.K).



Imagen N° 02. Materia prima fibra de Alpaca
(*vicugna pacos*).



Imagen N° 03. Limpieza de corteza de Aliso
(*Alnus acuminata* H.B.K)



Imagen N° 04. lavado de fibra de Alpaca
(*Vicugna pacos*)



Imagen N° 05. Rallado de Corteza de Aliso (*Alnus acuminata H.B.K.*)



Imagen N° 06. Escarameado de Fibra de Alpaca clasificada.



Imagen N°07. pesado de Fibra de Alpaca prearada para el teñido



Imagen N°08. Identificación de Fibra de Alpaca preparada para el teñido



Imagen N° 09. Muestra rallado de Corteza de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).



Imagen N° 10. Muestra molido de corteza de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K).



Imagen N° 11. Pesado mordientes Alumbre y Bicarbonato de sodio.



Imagen N° 12. Pesado de muestra de corteza de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K)



Imagen N° 13. Hervido de muestra en agua para extracción de baño tintóreo.



Imagen N° 14. Baño tintóreo a partir de corteza de Aliso molida.



Imagen N° 15. Filtrado con colador del baño tintóreo.

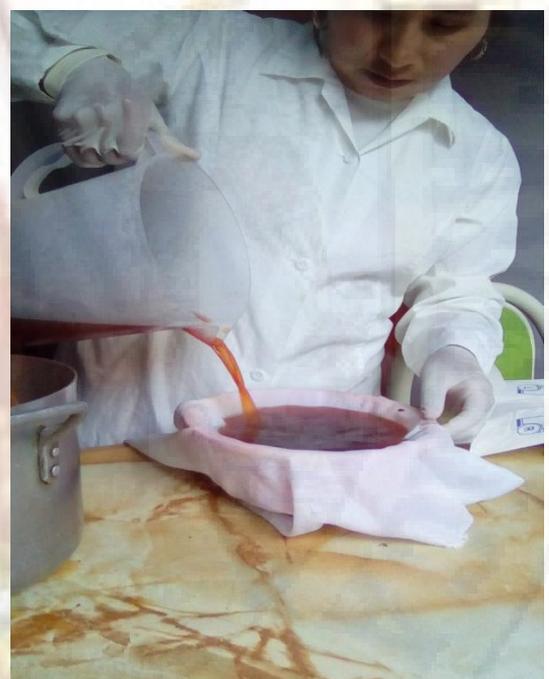


Imagen N° 16. Filtrado con tela del baño tintóreo.



Imagen N° 17. Proceso de teñido y adición de mordiente



Imagen N° 18. Teñido de fibra de Alpaca utilizando como mordiente el Alumbre.

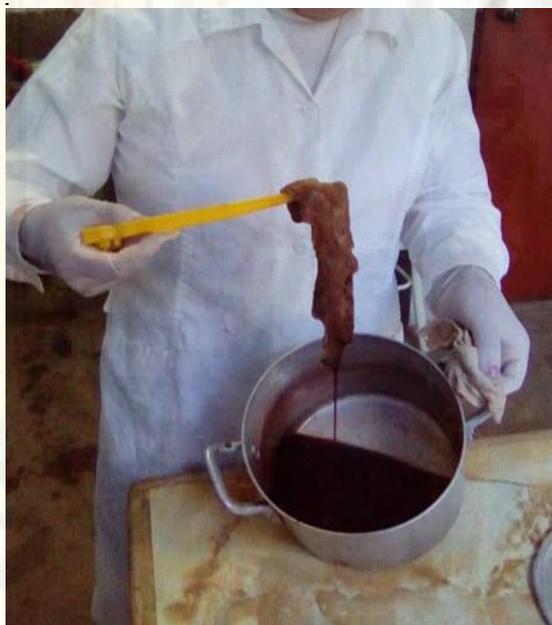


Imagen N° 19. Teñido de fibra de Alpaca utilizando como mordiente bicarbonato de sodio.



Imagen N° 20. Medición de pH del baño tintóreo.



Imagen N° 21. Primer lavado con detergente de Teñido de fibra de Alpaca.



Imagen N° 22. Enjuagado con agua tibia.



Imagen N° 23. Prueba de solidez al lavado con testigos (tela blanca de algodón)



Imagen N° 24. Evaluando la solidez al lavado de las muestras.



Imagen N° 25. Enjuagado final de las muestras evaluadas.



Imagen N° 26. Escarmenado final de las muestras.



Imagen N° 27. Pesado de muestra teñida de fibra de Alpaca.



Imagen N° 28. Codificación de muestras de fibras teñidas finales.