

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Evaluación de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar
(*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros

Presentada por:

Sofía Miriam Tapia Pacci

Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“TESIS”

“EVALUACIÓN DE LA FIBRA DE ALPACA (*Lama pacos*) TEÑIDO CON
COLORANTE DEL TALLO DE TANKAR (*Berberis boliviana L.*) A DISTINTOS
MORDIENTES Y PARÁMETROS”

Presentado por **Sofía Miriam Tapia Pacci**, para optar el Título de: Ingeniero Agroindustrial
/Bachiller en: Ingeniería Agroindustrial

Sustentada y aprobada el 25/04/2023 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Mag. Alex Ernesto Muñoz Cáceres


Primer Miembro:


Mag. Alfredo Fernández Ayma

Segundo Miembro:


Ph.D Fulgencio Vilcanqui Pérez

Asesor:


Ing. Ruth Mery Ccopa Flores

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y acompañarme a lo largo de mi existencia, por ser el soporte y fortaleza en aquellos momentos de flaqueza y dificultad.

Gracias a mis padres: Buenaventura Tapia Huamaní y Sabina Pacci Mamani, por los valores, reflexiones y principios morales que me han inculcado, déjenme decirles que los amo y son mi pilar fundamental.

A la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, por haberme brindado muchas oportunidades y enriquecerme en conocimientos, de igual forma a mi asesora la Ingeniera Ruth Mery Ccopa Flores, jurados y docentes, que gracias a sus consejos y correcciones han hecho que la tesis se realice con éxito.



Dedicatoria

*A Dios por ser el inspirador para continuar en este proceso.
A mi padre que en todos estos años me brindo su amor y apoyo incondicional, a mi madre amada, que a pesar de no estar juntas físicamente, siento que estás conmigo, sé que este momento hubiera sido muy especial para las dos, me siento muy dichosa de ser tu hija, a mi hijo Julio Valentín, por ser el motivo de seguir adelante.*

A mis hermanos Raúl, Nelly, Gonzalo y Ruth por el apoyo moral que me ofrecieron en todos estos años de mi vida.

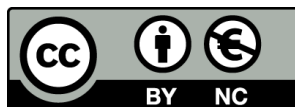
A mi compañero de vida, amigos, asesores, docentes y compañeros de estudio que me han apoyado y me hicieron ver que sin importar cuanto tiempo me tome, todo se puede si de verdad se quiere.



“Evaluación de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana l.*) a distintos mordientes y parámetros”

Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación	5
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.2.1 Objetivo general	7
2.2.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.3 Hipótesis general	7
2.2.4 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.2 Marco teórico	13
3.2.1 Colorantes naturales	13
3.2.1.1 Características generales	13
3.2.1.2 Clasificación de los colorantes naturales	13
3.2.1.3 Colorantes vegetales	14
3.2.1.4 Tankar (<i>Berberis boliviana L.</i>)	14
3.2.1.4.1 Taxonomía del tankar	15
3.2.1.4.2 Descripción del tankar	15
3.2.1.5 Flavonoides	16
3.2.1.6 Empleo de colorantes naturales en textiles	17
3.2.2 Alpaca	17
3.2.2.1 Taxonomía de la alpaca	18
3.2.2.2 Fibra de alpaca Huacaya	18
3.2.2.3 Características morfológicas de la fibra	18



3.2.2.4 Características químicas de la fibra	19
3.2.2.5 Características físicas de la fibra de alpaca.....	20
3.2.2.6 Parámetros que determinan la calidad de la fibra	20
3.2.2.7 Características textiles de la fibra de alpaca baby.....	20
3.2.3 Teñido	20
3.2.3.1 Proceso de teñido	21
3.2.3.2 Etapas del proceso de teñido.....	21
3.2.3.3 Factores del proceso de teñido	22
3.2.3.4 Mecanismo de tintura.....	25
3.2.3.5 Calidad del agua.....	26
3.2.4 Mordiente	26
3.2.5 Evaluación de la resistencia	27
3.2.5.1 Resistencia a la luz solar	28
3.2.5.2 Resistencia al lavado.....	29
3.2.5.3 Resistencia al frote	29
3.2.6 Escala grises	30
3.2.6.1 Escala de grises para la evaluación del cambio de color	30
3.2.6.2 Escala de grises para la evaluación de transferencia de color.....	31
3.3 Marco conceptual.....	31
CAPÍTULO IV	33
METODOLOGÍA.....	33
4.1 Tipo y nivel de investigación	33
4.2 Diseño de la investigación	33
4.3 Población y muestra	34
4.4 Procedimiento	35
4.5 Técnica e instrumentos	42
4.6 Análisis estadístico.....	43
CAPÍTULO V	45
RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
5.1 Análisis de resultados	45
5.2 Contrastación de hipótesis	52
5.3 Discusión.....	53
CAPÍTULO VI	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1 Conclusiones	56
6.2 Recomendaciones	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS.....	60



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	8
Tabla 2 — Clasificación de los colorantes según su naturaleza química.....	13
Tabla 3 — Análisis fitoquímico cualitativo del extracto acuoso de las partes aéreas de Tankar (<i>Berberis boliviana L.</i>)	16
Tabla 4 — Composición de la queratina	20
Tabla 5 — Características de mordentes y su efecto en el color.....	27
Tabla 6 — Valoración de la solidez en las fibras.....	31
Tabla 7 — Diseño estadístico para la evaluación de la fibra de alpaca teñida con colorantes del tallo del tankar.....	34
Tabla 8 — Valoración de solidez de las fibras (Codificada)	41
Tabla 9 — Descripción de tratamientos para el teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar.....	41
Tabla 10 — Baremo por intervalos equivalente a la valoración de las resistencias de las fibras.....	42
Tabla 11 — Matriz del diseño 2^3 para calcular los efectos.....	44
Tabla 12 — Datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar	45
Tabla 13 — Análisis de varianza de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.....	46
Tabla 14 — Datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.....	47
Tabla 15 — Análisis de varianza de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.....	48
Tabla 16 — Datos de la evaluación con la escala de grises del frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.....	49
Tabla 17 — Análisis de varianza del frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.....	50
Tabla 18 — Resumen de datos de la evaluación con la escala de grises para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar.....	51
Tabla 19 — Análisis de varianza para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar.....	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Tankar	14
Figura 2 — Estructura básica de un flavonoide	17
Figura 3 — Corte esquemático de una fibra de alpaca.....	19
Figura 4 — Proceso de teñido	22
Figura 5 — Escala de grises para evaluar el cambio de color.....	30
Figura 6 — Escala de grises para evaluar la transferencia de color	31
Figura 7 — Flujograma de la obtención del colorante del tallo de tankar	36
Figura 8 — Flujograma del acondicionamiento de la fibra textil.....	37
Figura 9 — Flujograma de teñido y control de parámetros de investigación.....	38
Figura 10 — Flujograma del teñido de la fibra de alpaca con colorante del tallo del tankar....	38
Figura 11 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.	46
Figura 12 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar.	48
Figura 13 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al frote de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar	50
Figura 14 — Evaluación global con la escala de grises para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar.....	52
Figura 15 — Tallo de tankar	60
Figura 16 — Reducción del tallo.....	60
Figura 17 — Maceración.....	61
Figura 18 — Decocción.....	61
Figura 19 — Filtrado	62
Figura 20 — Colorante de tankar	62
Figura 21 — Fibra textil	63
Figura 22 — Pesado de la fibra textil	63
Figura 23 — Pesado de mordiente	64
Figura 24 — Mordentado de la fibra textil.....	64
Figura 25 — Teñido de la fibra textil	65
Figura 26 — Enjuagar	65
Figura 27 — Secado	66
Figura 28 — Organizar para las pruebas	66
Figura 29 — Prueba de la resistencia a la luz solar.....	67
Figura 30 — Prueba de la resistencia al lavado.....	67
Figura 31 — Prueba de la resistencia al frote en seco.....	68
Figura 32 — Prueba de la resistencia al frote en seco.....	68
Figura 33 — Evaluación de la fibra textil	69



Figura 34 — Evaluación de la fibra textil	69
Figura 35 — Escala grises para la evaluación de transferencia de color	70
Figura 36 — Escala grises para la evaluación de cambio de color	70



INTRODUCCIÓN

Desde épocas antiguas de la humanidad, culturas del mundo y en Perú han utilizado los colorantes; sea de origen vegetal, animal o mineral en diversos productos, con el fin de hacerlos más atractivos. Las fibras teñidas inicialmente fueron de origen animal, se dio uso en tiempos del neolítico aproximadamente el año 8000 a. C. Los teñidos obtenidos eran sencillos y fueron los primeros ejemplares donde se empleó los colorantes sustantivos o colorantes directos. La fibra de alpaca en nuestro país tiene un interés importante, haciendo una comparación a nivel internacional de la crianza de alpaca, es en el Perú donde se encuentra la mayor cantidad de productores de esta especie, en especial la alpaca baby tiene un gran valor comercial por ser muy fina, suave al tacto, ofrece un brillo particular y además por sus cualidades térmicas.

Por otro lado en la actualidad no se aprovecha las propiedades tintóreas del tankar y no se aplica en la artesanía e industria textil, alimentos, cosméticos, etc. Es por ello su aplicación del tallo de tankar como colorante natural en el teñido de fibra de alpaca, y de esta manera dar un valor agregado el cual nos permite ofrecer alternativas de coloración para la artesanía textil.

Hoy en día los consumidores son más exigentes, la decoración y el confort de los textiles es necesario, pero aún más importante es la durabilidad de los textiles, se necesitan productos de alta calidad. Un estudio de mercado afirma que los compradores mayormente adquieren textiles de buena calidad basados en el color.

El estudio realizado consistió en evaluar la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*), con el propósito de conocer la mejor alternativa de teñido en la fibra de alpaca a través de la aplicación de las pruebas de resistencia tales como a la luz solar, al lavado y frote en seco, pruebas que nos permite demostrar la capacidad de conservar el color en la fibra, ya que para los textiles es una cualidad fundamental.

La presente investigación tiene como objetivo la evaluación de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros, con el propósito de conocer la mejor alternativa de teñido en la fibra de alpaca a través de la manipulación de distintos mordientes tales como el alumbre y sulfato ferroso, así mismo los parámetros de tiempo y temperatura, puesto que estos factores influyen en la adherencia del colorante en la fibra.

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de investigación está basado en la evaluación de la resistencia del color en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros. Dicha investigación siguió un enfoque cuantitativo, es de tipo experimental y nivel explicativo. Se obtuvo el colorante de tankar por el proceso de extracción sólido – líquido, para el proceso de teñido se realizó un pre mordentado en la fibra de alpaca baby con los dos mordiente en estudio, y para el teñido se usó el 100 % del colorante de tankar con respecto al peso de la fibra, se realizó el control de los parámetros de tiempo y temperatura, seguidamente el lavado y secado en sombra. Se usó el instrumento de escala grises para la evaluación de la resistencia a la luz solar, al lavado y frote en seco y mediante la técnica de observación se recolecto los datos. El diseño experimental utilizado es la factorial 2^3 , ocho tratamientos y tres repeticiones para cada evaluación de la fibra teñida.

Se encontró diferencia significativa entre los ocho tratamientos; y se obtuvo los siguientes resultados, la resistencia a luz solar nos indica que los tratamientos con alumbre al 20 % a obtenido una calificación de excelente (5), ideal para exteriores. Para la resistencia al lavado se ha encontrado que los tratamientos T2, T3 y T4 al 20% de alumbre, y el tratamiento T8 al 3% de sulfato ferroso han obtenido una calificación de excelente (5), a 60 min y a 86 °C (ebullición) se puede conseguir un teñido de calidad, y para la resistencia al frote en seco los tratamientos T2, T3 y T4 que corresponden al 20% de Alumbre y los tratamientos T7 y T8 correspondientes al 3% de sulfato ferroso han logrado una calificación de excelente (5), y a un tiempo de 60 minutos y a una temperatura de 86 °C (ebullición), no se observó transferencia del color.

Se concluyo que para obtener un teñido con una excelente resistencia del color en fibra de alpaca baby, es importante manejar un adecuado control en el proceso de teñido encontrando que el mejor mordiente es el alumbre a un tiempo de 60 minutos y temperatura de 86 °C (ebullición).

Palabras clave: *colorante, fibra, mordiente, resistencia, teñido.*

ABSTRACT

The development of this research work is based on the evaluation of the color resistance of the alpaca fiber (*Lama pacos*) dyed with dye from the tankar stem (*Berberis boliviana* L.) to different mordants and parameters. This research followed a quantitative approach, it is experimental and explanatory level. The tankar dye was obtained by the solid-liquid extraction process, for the dyeing process a pre-mordentation was carried out on the alpaca fiber with the two mordants under study, and for dyeing 100% was used. % of the tankar dye with respect to the weight of the fiber, the control of the parameters of time and temperature, followed by washing and drying in the shade. The gray scale instrument was used for the evaluation of resistance to sunlight, washing and dry rubbing, and data was collected through the observation technique. The experimental design used is the 2^3 factorial, eight treatments and three repetitions for each evaluation of the dyed fiber.

A significant difference was found between the eight treatments; and the following results were obtained, the resistance to sunlight indicates that the treatments with 20% alum have obtained an excellent rating (5), ideal for outdoors. For resistance to washing, it has been found that the treatments T2, T3 and T4 at 20% alum, and the treatment T8 at 3% ferrous sulfate have obtained an excellent rating (5), at 60 min and at 86 °C (boiling) a quality dyeing can be achieved, and for resistance to dry rubbing the treatments T2, T3 and T4 corresponding to 20% Alum and the treatments T7 and T8 corresponding to 3% ferrous sulfate have achieved a rating of excellent (5), and at a time of 60 minutes and a temperature of 86 °C (boiling), no color transfer was observed.

It was concluded that in order to obtain a dye with excellent color resistance in baby alpaca fiber, it is important to manage an adequate control in the dyeing process, finding that the best mordant is alum at a time of 60 minutes and a temperature of 86 °C. (boiling).

Keywords: *Colorant, fiber, mordant, endurance, dyed..*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el teñido textil uno de los problemas más frecuentes es que no se obtienen teñidos con buena solidez, donde algunos autores mencionan que la mala manipulación de mordientes y parámetros durante el proceso de teñido tienen impacto negativo en las fibras naturales, así como la baja resistencia del color a la luz solar, agua, rozamiento, entre otros y donde el uso de colorantes sintéticos maltrata la fibra, debido a esto en el mercado textil los colorantes naturales han obtenido una buena demanda.

Al obtener la fibra de alpaca baby teñida con colorante de tankar nos va a permitir evaluar el grado de la resistencia del color, empleando las pruebas de resistencia del color, como son la resistencia a la luz solar, al lavado y frote en seco, ya que en la actualidad no se cumple con las exigencias del consumidor y ello conlleva a obtener valores por debajo de los estándares exigidos en la resistencia ó solidez del color, siendo la causa de uno de los puntos críticos en la calidad de fibra teñida.

Actualmente las plantas representan una fuente de investigación; muchas aún no identificadas o que se tiene poca información y no hay estudios que demuestre sus propiedades tintóreas, curativas, etc. y este desconocimiento hace que muchas especies de Apurímac se olviden, El tankar (*Berberis boliviana L.*) es una de ellas, es importante revalorarla puesto que en diferentes lugares se utiliza para teñir las fibras textiles, la parte a usar de la planta será el tallo porque ahí se encuentra el colorante llamado flavonol de color amarillo, que actualmente por carecer de información sobre sus propiedades tintóreas no se aplica en la artesanía e industria textil, alimentos, cosméticos, etc., se desconoce el efecto que produce el colorante de tankar a distintos mordientes como el alumbre y sulfato ferroso así mismo parámetros de tiempo y temperatura en el teñido de la fibra de alpaca baby.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será la resistencia del colorante en las diferentes pruebas de solidez de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñida con el colorante del tallo tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros?



1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será la resistencia del color en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñida con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*), durante las pruebas de solidez a la luz solar, lavado y frote en seco?
- ¿Cuál será el mejor mordiente entre alumbre (Sulfato Aluminico Potásico) y sulfato ferroso (Sulfato de hierro II) que brinde mejor resistencia a la luz solar, lavado y frote en seco?
- ¿Cuál será el adecuado tiempo y temperatura para el proceso de teñido de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) con el colorante de tankar (*Berberis boliviana L.*)?

1.2.3 Justificación de la investigación

La presente investigación surge a partir de la inquietud de indagar el efecto que produce el colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) con mordientes (alumbre y sulfato ferroso) y parámetros (tiempo y temperatura) que empleadas en el baño de teñido tienen la función de fijar, intensificar o modificar el color de la fibra de alpaca (*Lama pacos*), lo que permitirá desarrollar una metodología específica para el teñido artesanal. Revalorizando técnicas ancestrales de teñidos, adaptándolas a estos tiempos y conocer aquellos colorantes que aún hoy se encuentra a nuestro alcance y a través de ello conseguir los mejores resultados de la resistencia del color.

Las alpacas en el Perú son las más extensas de los cuatro camélidos sudamericanos, cuenta con la mayor población mundial de aproximadamente 4.3 millones de unidades, 87 % de ejemplares, y siendo el medio fundamental de sustento de miles de familias alto andinas. La fibra tiene un gran valor comercial y están siendo partícipe en diversas ferias dedicadas al rubro textil, donde se puede exhibir todas la manualidades que se puede realizar a base de la fibra de alpaca, el cual es muy llamativo para los extranjeros, ya que la fibra de alpaca baby es muy fina, y por lo tanto es necesario dar un valor agregado a la fibra, como el cambio de tonalidad con un colorante de origen vegetal oriundo de la región Apurímac, para que sea aún más atractivo para el mercado nacional e internacional

Actualmente se tiene una mayor tendencia hacia el uso de lo natural y la protección al medio ambiente, frente a ello la región de Apurímac tiene ventajas, ya que cuenta con una enorme biodiversidad de plantas con propiedades tintóreas

como el tankar, la parte a utilizar será el tallo porque ahí se encuentra el colorante nombrado flavonol que dará una tonalidad amarilla a la fibra de alpaca, y contiene taninos que ayudaran en la fijación del colorante. El uso de tallo de tankar como tinte natural para el teñido de fibra de alpaca es una nueva alternativa de coloración para los artesanos e industrias textiles. Mediante las pruebas de resistencia como son la resistencia a la luz solar, lavado y frote en seco, se evalúa el grado de la resistencia del color en la fibra. ya que es un indicador importante para medir la calidad de los productos teñidos.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Evaluación de la resistencia del color en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñido con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros.

2.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñida con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) que brinde mejor resistencia del color a la luz solar, lavado y frote en seco.
- Evaluar el mejor mordiente entre alumbre (Sulfato Aluminico Potásico) y sulfato ferroso (Sulfato de hierro II) que brinde mejor resistencia del color a la luz solar, lavado y frote en seco.
- Encontrar el mejor tiempo y temperatura para el proceso de teñido en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) con el colorante de tankar (*Berberis boliviana L.*)

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Se obtendrá una buena resistencia del colorante en las diferentes pruebas de solidez de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñida con el colorante del tallo tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordientes y parámetros.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Se obtendrá una excelente resistencia del color en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) teñida con colorante de tankar (*Berberis boliviana L.*) aplicando las pruebas de solidez a la luz solar, lavado y frote en seco.
- El alumbre (Sulfato Aluminico Potásico) es el mordiente que brinda mejor resistencia a la luz solar, lavado y frote en seco.

- El tiempo adecuado es de 30 minutos y la temperatura de 86 °C (ebullición), para el proceso de teñido en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) con el colorante de tankar (*Berberis boliviana L.*)

2.3 Operacionalización de variables

A continuación se presenta la operacionalización de variables (Tabla 1).

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índices
Variables independientes		
Mordientes	Alumbre y sulfato ferroso	% p/p
Tiempo de baño de tintura	30 y 60	Minutos
Temperatura de teñido	70 y 86 (ebullición)	°C
Variables Dependientes		
Fibra teñida con colorante del tallo de tankar	Resistencia del color a la luz solar, Resistencia del color al lavado y Resistencia del color al frote en seco	Escala de grises

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) MENDOZA (2018), en su estudio de la *evaluación del tipo y cantidad de mordiente para observar la intensidad del color y la solidez del tinte en la fibras de alpaca (Vicugna pacos) con Aliso (Alnus acuminata HBK)*, tiene el propósito de evaluar el efecto de tipo y cantidad de mordiente adecuado para la intensidad del color y solidez al lavar los hilos de alpaca (*Vicugna pacos*) teñido con Aliso (*Alnus acuminata HBK*), empezó con la extracción de la solución colorante a partir de corteza de aliso, para después acondicionar y teñir las fibras de alpaca con el baño de tintura, en el que se utilizaron 500 ml de solución de tintura y 5gr de filamentos de alpaca baby, en el proceso de mordentado se utilizaron 2 y 4 gr de alumbre y bicarbonato de sodio. Donde existe un efecto significativo ($p < 0.05$), tipo (A), cantidad de mordiente (B) e interacción de tipo y cantidad de mordiente (A*B) en los parámetros. Color: coordenadas (A*B), también hubo efecto significativo ($p < 0.05$) para el tipo de mordiente. Los resultados mostraron que en el tratamiento T1 de alumbre, tiempo de 45 minutos y una temperatura de 85 °C, se puede asegurar que la fibra de alpaca teñida tiene muy buena resistencia al lavado obteniendo una valoración 4 (no destiñe), logrando una buena adherencia del colorante en la fibra.
- b) NINA (2018), en su estudio de investigación, *Obtención y caracterización del colorante natural de la inflorescencia de Colli (Buddleja coriacea) en el teñido de la fibra de alpaca*, el cual tiene como objetivo extraer el colorante de la planta Colli del departamento de Puno a través de solventes orgánico y su posterior aplicación para el teñido de la fibra, se realizó la determinación de los factores como son temperatura, tiempo y pH para la extracción y teñido respectivamente. Se acondiciono la fibra de alpaca en madejas para realizar el teñido por agotamiento. Donde se encontró que el parámetro óptimo de teñido es a una temperatura de 84°C (ebullición), un pH de 4.5 y un tiempo de teñido de 60 minutos, ya que a estos parámetros presenta buena adherencia del color, así como una buena resistencia a luz artificial y lavado de la fibra que ha sido teñido.
- c) ÁLVAREZ y ARROYO (2017), en su estudio de investigación sobre el *teñido de fibras naturales con colorantes naturales*. La estabilidad del color de la fibra es uno de los puntos importantes en la producción textil ya que es el último paso en el que se puede observar la calidad antes del producto final. Por tanto, la finalidad del trabajo fue realizar



ensayos de solidez del color en fibras naturales teñidas con colorantes naturales. La metodología es aplicar un proceso de teñido de pre mordentado, como estabilizador se utilizó el 30% sobre el peso de fibra de sulfato de aluminio y potasio o mejor conocido como alumbre, para teñir lana, calentada hasta alcanzar el punto de ebullición. Con un rango de 93 a 94 °C, después de la ebullición, la solución se mantuvo durante 30 minutos en una llama a temperatura constante con colorantes naturales grana cochinilla, puerro, cacao y girasol. Se realizan pruebas de solidez del color de las fibras, que son resistentes al lavado doméstico, al frote en seco ya la luz artificial. Y el color de las muestras medido antes y después de la prueba, utilizando un colorímetro CR-400 HEAD, con una escala CIEL*a*b*, no encontró una diferencia significativa entre las muestras de lana teñida para cada muestra. Se concluyó que las pruebas más influyentes en el color de los tejidos teñidos fueron las pruebas de lavado con agua, que causaron daños significativos a las muestras teñidas con vaina de cacao, y las pruebas de solidez que menos afecta el color son a la luz artificial y frote en seco.

- d) SOTO (2017), en su trabajo de investigación sobre la *Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de Ovinos (Ovis aries) con Ayrampo (Berberis sp)*, propuso evaluar el efecto de la temperatura de ebullición en la intensidad de color y prueba de solidez a la luz, en el teñido de lana con el método directo utilizando agua destilada como fuente y como mordiente suero de leche. Se usó la corteza (floema) y el tallo (xilema) y una temperatura de ebullición por un tiempo de 40 y 60 minutos. Se encontró que existe efecto significativo ($p < 0.05$) de la parte del Ayrampo (A), la temperatura de ebullición (B) y la interacción de la parte del Ayrampo y la temperatura de ebullición (A*B) en los parámetros de color, salvo en este último parámetro no existe efecto significativo ($p > 0.05$) a una temperatura de ebullición (B). Se halló que, el uso de la corteza (floema) del Ayrampo y una temperatura de ebullición por un tiempo de 60 minutos en el teñido de lana de ovino, ofrece un producto de óptima calidad y buena solidez a la luz.
- e) HOYOS (2016), en su estudio de la *Evaluación de frutos de Mio – Mio (Coriaria ruscifolia) a distintos mordientes y parámetros de teñido en fibra de alpaca (Lama pacos)*. La metodología consistió en la utilización de distintos mordientes y parámetros para el teñido de la fibra de alpaca y se realizó el control de calidad de la solidez a la luz solar, solidez al lavado y solidez al frote. La investigación llegó a las siguientes conclusiones, la fibra de alpaca teñida con frutos de mio – mio, mordentado con alumbre a un tiempo de 46 min. y temperatura de 90°C presenta buena solidez a la luz solar y al

- lavado. Y la fibra de alpaca teñida con frutos de mio – mio, mordentado con alumbre, a pH 3,5 y temperatura de 90°C presenta alta solidez al frote en función a la escala de grises.
- f) QUISPE (2016), en su estudio del *Uso de extracto de Lantana camara en el teñido de lana y algodón*. Presenta una opción de uso de recursos renovables para el teñido de fibras de algodón y fibra acrílica. Se lleva a cabo el teñido con la oleorresina a diferentes concentraciones, tiempos y temperaturas y se utiliza los mordientes como sulfato de aluminio (alumbre) porque no cambia el color del tinte y no es tóxico, también bitartrato de potasio (crémor tártaro), los resultados de las pruebas de solidez al lavado, roce y luz solar, es que a menor temperatura (70 °C) y mayor tiempo en el caso de las pruebas previamente mordentadas y teñidas con oleorresina pura, los colores son de mejor calidad y mayor resistencia a las pruebas de solidez, en comparación con las pruebas que son teñidas directamente.
- g) ILLA y TAIRO (2015), en su trabajo de investigación de *Teñido de fibra de alpaca suri (Vicugna pacos) con carmín de cochinilla (Dactylopius coccus)*, La metodología consistió en la obtención de la fibra teñida de alpaca suri (*Vicugna pacos*), con carmín de cochinilla (*Dactylopius coccus*), está basado en los efectos observados en base al teñido artesanal, las cuales son muy determinantes en la calidad de productos finales. La obtención del carmín a partir de la cochinilla, se realizó mediante extracción acuosa a 88°C. Las variables independientes de investigación son: temperatura de 75 y 98°C (ebullición); tiempo de 30 y 60 minutos. Se evaluó la solidez a la luz; se usó al 48% de cochinilla con respecto al peso de la fibra. Llegando a la conclusión de que la variable temperatura fue más significativo en relación al tiempo y relación de baño. Mientras los parámetros adecuados para el teñido de la fibra de alpaca con carmín de Cochinilla fueron a temperatura de 98°C y tiempo de 30 minutos, con estos valores se lograron a que la fibra tenga mejor calidad a la solidez de la luz del día.
- h) VALENCIA (2013), en su investigación de *Aislamiento de pigmentos de huito (Genipa Americana) y aplicación en teñido de fibras proteicas (Alpaca)*. La metodología consistió en aplicar el zumo de la pulpa del Huito en la fibra de alpaca a nivel laboratorio que simulan los procesos de teñido, la parte experimental se divide en dos: la preparación del fruto para obtener el colorante y preparación de la fibra de alpaca para el teñido. Además el teñido se realiza con una relación de baño de 1/20 (5 g de fibra de alpaca con 100 ml de azul de huito). Se realizan varios tipos de teñidos, variando los parámetros: concentración del baño, temperatura de 60°C, 70°C, 80°C Y 90°C, tiempo



de 60 min, en donde se obtienen muestras teñidas y los colores varían en intensidad. A una mayor temperatura de teñido la fibra de alpaca la interacción colorante-fibra es alta, la fibra absorbe mayor cantidad de colorante y se obtiene tonos más intensos. En la evaluación de solidez, presenta mala solidez a la luz ya que los colorantes naturales por lo general presentan mala solidez con respecto a la luz, la solidez al frote obtuvo mejor resultado en seco que en húmedo, y la solidez al lavado es buena.

- i) SÁNCHEZ (2011), en su estudio de *Comprobación de la actividad tintorera en fibras orgánicas y sintéticas de la Carraquilla (Berberis halliii)*. El Halliii es un arbusto que contiene flavonoides y tiene gran eficacia para la coloración en fibras artificiales (poliéster) y naturales (algodón y lana). Realizaron pruebas de teñido para verificar la eficiencia, con el extracto etanólico de las raíces y el sub extracto etanólico de colorante que contiene flavonoides, se utilizaron técnicas para realizar el mordentado antes y después del teñido, después se procedió a realizar pruebas solidez a las fibras teñidas evaluando la estabilidad del color a la luz artificial, frote y lavado. En el mordentado anterior con alumbre, sulfato ferrosos y dicromato de potasio se obtuvo buena solidez al lavado, frote y a la luz artificial, a un tiempo de 40 minutos y temperatura de 80 °C. La adherencia del colorante Berberis halliii, tiene mejor afinidad por la fibra de origen animal (lana de oveja), a causa de factores como es fotosensibilidad y degradaciones enzimáticas que influyen la apariencia, textura y permanencia de color. Se obtuvo de diversos colorantes naturales distintas tonalidades de amarillos y poder reemplazar los colorantes artificiales.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Colorantes naturales

3.2.1.1 Características generales

Son aquellas sustancias de origen natural, después de ser extraídas son adecuados para otorgar color a un material. Antes del descubrimiento de la industria de colorantes sintéticos, en el mundo textil, el proceso de teñido se realizaba con plantas que contienen colorantes naturales, llamadas especies tintóreas, las cuales se utilizan en fibras de origen natural. Estas sustancias químicas que tienen la propiedad de transferir color a la fibra textil, para que sea útil debe ser capaz de unirse fuertemente a las fibras proteicas (CAMPOS, y QUINTANILLA, 2017).

Los colorantes naturales han tenido gran importancia en la preparación de alimentos y bebidas, por su baja toxicidad, propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antivirales, antimicrobianas y seguirá siendo apreciable en la elaboración y transformación de los mismos (LOCK, 1997).

3.2.1.2 Clasificación de los colorantes naturales

Los colorantes naturales se pueden clasificar según su naturaleza química en diversos grupos, tal como se presenta en la tabla (2).

Tabla 2 — Clasificación de los colorantes según su naturaleza química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas Clorofila	Azul-verde Verde
Carotenoides (tetraterpenoides)	Carotenoides	Amarillo-anaranjado
Flavonoides	Flavonas Flavonoles Chalconas Auronas Antocianinas	Blanco-crema Amarrillo-blanco Amarillo Amarillo Rojo-azul
Xantonas	Xantonas	Amarrillo
Quinonas	Naftoquinonas Antraquinonas	Rojo-azul-verde Rojo-purpura
Derivados indigoides e índoles	Índigo Betalainas	Azul-rosado Amarillo-rojo

Extraído de (LOCK, 1997)

3.2.1.3 Colorantes vegetales

Hoy en día existe una tendencia por el consumo responsable de lo natural, donde se utilizan diversas plantas para realizar el teñido de fibras proteicas. Los colorantes de origen vegetal provienen directamente por la actividad fisiológica de las plantas (raíces, hojas, cortezas, maderas y bayas). Se hallan en mayor concentración en las vacuolas de las células vegetales, donde se asocian con otros elementos como aceites, resinas, etc. Las partes de la planta que se utilizan para el proceso de teñido, son generalmente hojas, corteza, flores, frutos, cáscaras del fruto, semillas y raíces. El uso de las plantas no significa que se afecte el equilibrio ecológico, gran parte de materia prima para el teñido son residuos de las plantas (CANO, 2007).

3.2.1.4 Tankar (*Berberis boliviana* L.)

El tankar pertenece a la familia Berberidaceae, se caracteriza por ser una especie silvestre del Perú, esta especie crece exclusivamente alrededor de los campos agrícolas a manera de protección, ya que tiene espinas grandes, rígidas y puntiagudas, de flores amarillas y los frutos son unas pequeñas bayas comestibles de color morado, dentro del tallo se encuentra el colorante de color amarillo. El cronista Bernabé Cobo nombró a esta planta quisca-quisca, cuyo significado es planta espinosa (DEL CARPIO *et al.*, 2006).



Figura 1 — Tankar

3.2.1.4.1 Taxonomía del tankar

Según DEL CARPIO *et al.*, (2006) la clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub Clase: Magnolidae

Orden: Ranunculales

Familia: Berberidaceae

Género: Berberis

Especie: Berberis boliviana L.

3.2.1.4.2 Descripción del tankar

Es una planta herbácea, espinosas y arbustiva inermes, con rizomas arrastrados y gruesos, con hojas simples, flores hermafroditas, únicas o en racimo, ramas erguidas acanaladas provistas de espinas (DEL CARPIO *et al.*, 2006), a continuación se realizó una descripción de la planta de tankar:

- Tiene hojas de 12mm de longitud y 5mm de ancho, reticuladas, venación sobre ambos lados, de color verde.
- Las flores son pequeñas de color amarillo, hermafroditas, sus miembros ordenados de manera cíclica.
- El fruto es una baya con una o muchas semillas. Tiene una forma de globo, tamaño pequeño y su coloración varía entre azul morado y rojo.
- Tiene como protección un endospermo firme y bastante pulpa.
- La medida de las espinas esta entre 2 a 8mm.
- El tamaño puede variar entre 1 y 2 metros.
- Nombres comunes: tankar, cheqche, queswa cheqche, agracejo peruano, uva-uva, quisca-quisca, ailampo.
- Hábitat del tankar crece en climas fríos de preferencia en zonas templadas en laderas y montañas. La altitud en el cual crece y se desarrolla, esta aproximadamente entre 3300 a 3800 msnm.

- La distribución geográfica de la especie *Berberis boliviana* L. se encuentra en América Central a lo largo de los Andes hasta el extremo de Sudamérica.
- La reproducción de dicha planta se realiza de manera vegetativa y por semillas (DUEÑAS, 1992).

Tabla 3 — Análisis fitoquímico cualitativo del extracto acuoso de las partes aéreas de Tankar (*Berberis boliviana* L.)

Metabolito secundario	Reactivo	Resultados
Flavonoides	Shinoda	+ -
	Amoniaco	+ -
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico	++
Alcaloides	Dragendorff	++
Taninos	Cloruro férrico	++

Extraído de (ACUÑA, 2013)

3.2.1.5 Flavonoides

La denominación de Flavonoide viene del latín “flavus”, que significa “amarillo” se trata de uno de los grupos más numerosos de compuestos fenólicos y ampliamente distribuidos de constituyentes naturales, conocidos algunas veces como antoxantinas, generalmente derivados de benzo- γ -pirona, responsable del color otoñal de las hojas y de muchas gamas de amarillo de flores y tallos de las plantas (HAVTEEN, 2002). Hace años los tintoreros podían proveerse de colorantes amarillos, aunque para conservarlos resultaban moderadamente resistentes a la luz. Como características generales de estos compuestos debemos señalar su solubilidad en agua y etanol. Se emplearon durante mucho tiempo como colorante de lana, y actualmente se usan en la conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidante de algunas polihidroxi flavonas (LOCK, 1997).

Tiene dos anillos bencénicos son llamados A y B y el sistema de numeración en la mayoría de sus compuestos se hace de acuerdo a lo que se indica en la Figura (2) la forma estructural de los flavonóides presenta un esqueleto común de 15 carbonos distribuidos como (C6-C3-C6), por lo que se pueden

clasificar en las categorías siguientes: flavonas, flavonoles, flavanonas, catequinas, antocianidinas e isoflavonas (ROSS *et al.*, 2002).

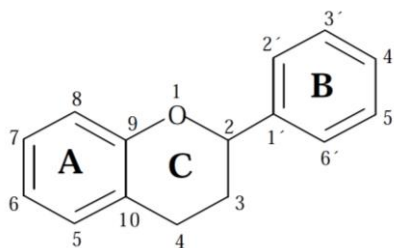


Figura 2 — Estructura básica de un flavonoide

3.2.1.6 Empleo de colorantes naturales en textiles

En la aplicación de los colorantes hay una gran diversidad que nos permite elegir a gusto y que tienen la capacidad de adherencia en la fibra; es complicado pronosticar sin lugar a equivocación la manera de captación de las moléculas del colorante por la fibra. Ambos, colorante y fibra (RAIMONDI, 1990). Deben estar muy bien unidos los colorantes a las fibras y evitar que se destiña el material textil, por ejemplo, con la exposición a factores ambientales. Todos los colorantes tienen propiedades útiles en el teñido y producir una buena solidez, por ejemplo en diferentes usos no debe perder el color (ASPLAND, 1997).

3.2.2 Alpaca

La alpaca es un animal fino, armoniosa en su caminar, de cuerpo esbelto cubierto de fibra que en su conjunto se denomina vellón, es una especie doméstica creada por la interferencia del hombre. Presenta almohadillas plantares, característica que le otorga la condición de animal ecológico al no dañar el pasto, ni provocar erosión. fisiológicamente representan un modelo de adaptación a condiciones ambientales a grandes altitudes donde la agricultura no es posible cuyos lugares constituyen su ambiente natural, en donde es menor la concentración de oxígeno atmosférico y la temperatura varía de -5.6 a 7.1 °C (SÁNCHEZ, 2004).

3.2.2.1 Taxonomía de la alpaca

Según BUSTINZA, (2001) la clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Subreino: Eumetazoa

Rama: Bilateria

Filo: Vertebrata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Mamalia

Orden: Artiodactyla

Familia: Camelidae

Tribu: Lamini

Género: Lama

Especie: Lama pacos

3.2.2.2 Fibra de alpaca Huacaya

La fibra es de superficie áspera, se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso semejante al vellón del ovino Corriedale o Romney, que le confiere una apariencia más voluminosa, otra característica es la presencia de rizos pronunciados a lo largo de la extensión de las fibras. Esta particularidad hace que pueda absorber fácilmente los tintes (BUSTINZA, 2001).

Se entiende por fibra a varios materiales, naturales o manufacturados, que son elementos básicos de estructuras textiles. La fibra textil es aquella que puede transformarse en hilo o tela capaces de fijar químicamente materias colorantes y a partir de los cuales será posible elaborar tejidos. Se denomina hilado al conjunto de fibras de un grosor y peso lineal determinado que forman una estructura cilíndrica de gran longitud y mínima de área transversal, pudiendo ser fabricados en distintos grosores y pesos por metro lineal (ADOT, 2010).

3.2.2.3 Características morfológicas de la fibra

En la superficie de la fibra de alpaca hay un conjunto de escamas que se superponen en una dirección hacia la punta. Las escamas del pelo de camélido son menos prominentes en comparación con la lana de oveja. Las escamas de fibras de alpaca Huacaya tienen contornos más sobresalientes

que las fibras de alpaca Sury. Las fibras tienen un tejido cortical la parte que acepta el colorante cuando la fibra está en proceso de teñido que, un canal central llamado médula, y la epidermis o capa epitelial. Está formado por células que se superponen unas a otras. Las células que la constituyen se superponen unas a otras en forma de escamas. La cutícula está recubierta por una membrana sumamente fuerte y cuando se quiebra la fibra más rápido se impregna el colorante. La fibra es una secreción de glándulas especializadas que se produce en la piel del animal. Las partes de la fibra son: cutícula o corteza, médula, córtex. La figura (3), muestra el corte esquemático de una fibra de alpaca (HOLLEN, 2002).

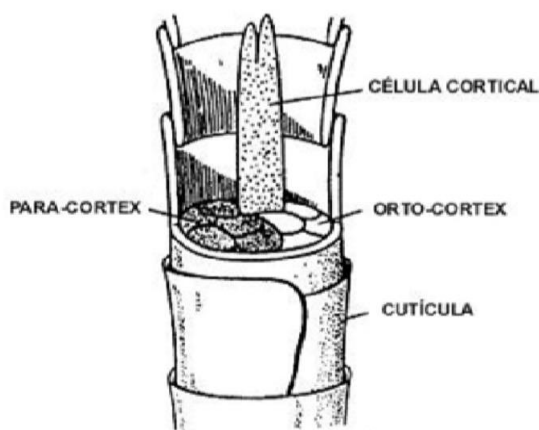


Figura 3 — Corte esquemático de la fibra de alpaca por (HOLLEN, 2002)

3.2.2.4 Características químicas de la fibra

En la composición de las fibras proteicas están los elementos como el hidrogeno, carbono, nitrógeno y oxígeno; también el azufre se encuentra en la lana. La queratina está compuesta por moléculas y cadenas de péptidos unidos entre sí por enlaces salinos entre los grupos terminales de los aminoácidos dibásicos y dicarboxílicos, o por los enlaces S-S, formados por la cistina. La composición de aminoácidos de la queratina en la fibra no es constante, ya que todas las lanas son distintas entre sí, esta diferencia de las fibras es debido a la nutrición y los diversos elementos estructurales de la fibra. El contenido de la cistina en la queratina es más alto que cualquier otra proteína, haciendo especial las características físicas y químicas de las fibras de camélidos (HOLLEN, 2002).

Tabla 4 — Composición de la queratina

Componente	Porcentaje
Carbono	50 %
Oxígeno	23 %
Nitrógeno	17 %
Hidrogeno	7 %
Azufre	3 %

Extraído de (OBANDO, 2013)

3.2.2.5 Características físicas de la fibra de alpaca

La fibra comprende de la resistencia, el color, la suavidad, el lustre, el contorno de la fibra el rizo, la calidad del afieltrado, las propiedades térmicas y la finura (BUSTINZA, 2001).

3.2.2.6 Parámetros que determinan la calidad de la fibra

Es fundamental que cada uno de los parámetros se pondere de acuerdo al valor que se atribuye a cada uno de ellos en el mercado, siendo el más importante el diámetro de la fibra 65- 80 %, seguido de la longitud de la mecha 15 – 20 %, rendimiento de lavado 5 – 10 %, fuerza tensante 5 – 10 %, teniendo en concreto la fibra una importancia de 60 -70 % y la conformación del 30 – 40 % (ROSAS, 2012).

3.2.2.7 Características textiles de la fibra de alpaca baby

La estructura de la fibra es muy suave al tacto, al comparar con una lana de 3 a 4 micrones, la fibra de alpaca baby es más fina y tiene un bajo poder de higroscopicidad, que le permite absorber la humedad ambiental entre 10 a 15%, no modifica su aspecto, otra particularidad de la fibra es la longitud, compresión y la gran resistencia a la tracción, obteniendo excelente resultados y siendo tres veces mejor que la lana de ovino, y en comparación con otras fibra proteicas, siendo de mucha importancia en diferentes procesos textiles (VELARDE, 1993).

3.2.3 Teñido

Es la acción mutua entre el medio acuoso del colorante y la fibra textil, haciendo que se produzca reacciones químicas, donde los iones del colorante tienen que adherirse a la fibra, y en condiciones correctas reaccionan y se enganchan, así mismo por

enlaces covalentes a las moléculas largas de la fibra forman nuevas derivaciones de color en la fibra (OJEDA, 2012).

El proceso de teñido se da mediante el contacto entre la solución o baño de teñido y la fibra textil, el material fibroso tiene la función de absorber las partículas del colorante de modo que la muestra teñida tiene que tener resistencia a la decoloración, la resistencia tiene que ser compacto y depende del método que se utilizó en el teñido (VELASCO, 1995).

3.2.3.1 Proceso de teñido

Se dice que un proceso de teñido es correcto cuando la coloración es relativamente estable, es decir, que al aplicar factores externos ya sea la luz o el agua no se renueva fácilmente el color. En el proceso de teñido existen diferentes etapas, se tiene que esparcir el colorante en una solución líquida para llegar hasta la fibra, posteriormente el colorante se transporta en la fibra para después impregnarse en ella y establecer enlaces. En transcurso de teñido la fibra y el colorante está compuesto por las siguientes fases (OJEDA, 2012).

3.2.3.2 Etapas del proceso de teñido

Durante el teñido las moléculas de colorante pasan por diferentes fases antes de quedar enlazadas químicamente en la fibra (OJEDA, 2012).

- **Disgregación.** El colorante y auxiliares se hallan en el medio acuoso en forma sencilla, formando agregados moleculares o micelares, los agregados están sometidos a equilibrios fisicoquímicos específicos que dependen en cada caso de las especies presentes en el sistema. Cuando se interrumpe el equilibrio se da la disgregación (OJEDA, 2012).
- **Difusión/ Convección.** Se produce cuando las moléculas del colorante se trasladan desde el baño tintóreo hasta las zonas próximas a la superficie de la fibra por difusividad debido a la existencia de gradientes de concentración; Así mismo, ocurre en una convección provocada por la propia velocidad de circulación del baño en relación con la del sustrato textil (OJEDA, 2012).
- **Absorción.** Una vez que el colorante se encuentra en la superficie de la fibra. Las moléculas del colorante son adsorbidas desde la superficie de la fibra hacia el interior de la misma mediante interacciones cuya

intensidad depende de las relaciones de afinidad entre ambas estructuras (OJEDA, 2012).

- **Difusión.** Cuando las moléculas del colorante se encuentran en la superficie de la fibra textil comienza a dispersarse hacia el interior de la estructura macromolecular constituida por la fibra. En la difusión de sólido – líquido, la extensión molecular de la superficie va a influir en la difusión y de cómo es la estructura interior de la fibra (CARVALLO, 2001).
- **Fijación.** Para concluir en esta etapa se da la unión de los enlaces colorante – fibra de los enlaces colorante – fibra estableciendo la fijación. Para realizar el proceso de teñido se requiere ciertas condiciones para que el colorante se impregne a totalidad sin dañar su estructura interna (CARVALLO, 2001), para ello se distingue dos principios de teñido primero por afinidad entre el colorante y la fibra, lo que hace que el colorante pase del baño de teñido a la fibra, hasta saturarla y quedar fijada en ella. Y el segundo es por impregnación de la fibra, el material textil absorbe el colorante del baño de teñido, en este momento no queda fijada todavía en él, en el proceso de fijado, cuando el teñido es definitivo. El proceso de teñido se muestra en la figura 4.

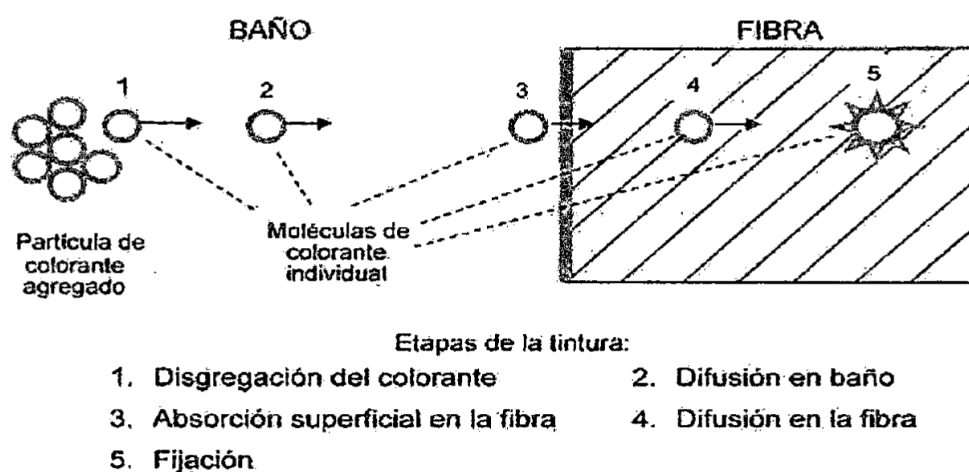


Figura 4 — Proceso de teñido por (CARVALLO, 2001)

3.2.3.3 Factores del proceso de teñido

El teñido textil está influenciado por diversos factores para obtener un buen teñido y se tiene considerar cuando se lleva a cabo este proceso, a continuación se detalla (CEGARRA, 1981).

a) Efecto de temperatura

La temperatura es importante para la difusión de las moléculas del colorante, a una temperatura elevada la actividad y energía de las moléculas aumenta favoreciendo la migración de las mismas desde el medio acuoso tintóreo hacia la fibra. Es necesario el control de forma adecuada el incremento de temperatura durante el teñido ya que de ello dependerá la correcta igualación de las tinturas; Por lo tanto la temperatura es importante para la fijación del color y obtener una buena solidez (CEGARRA, 1981).

La fibra por debajo de los 40°C, absorbe lentamente los colorantes, a los 60°C, se considera que la tintura es suficientemente rápida, si bien se cumple que al estado de equilibrio la cantidad de colorante fijada por la fibra disminuye al aumentar la temperatura. Entre 40° y 60°C, la absorción es aún bastante lenta, para que tenga lugar la tintura es necesaria que se produzca el hinchamiento de la fibra, fenómeno que no se inicia hasta los 40°C y no presenta la extensión suficiente hasta los 60°C. De todo lo dicho se deduce que la tintura de la fibra debe iniciarse a 40 - 50°C y que a partir de 60°C la velocidad se incrementa sensiblemente con la temperatura (SOTO, 2017).

b) Influencia del tiempo de contacto fibra/baño

Durante el proceso de teñido hay un intervalo de tiempo en donde interactúan el colorante y la materia textil permitiendo la migración de las moléculas hacia la fibra. Cuando se realiza el teñido es importante conocer en qué momento termina la difusión y en qué momento comienza la fijación del colorante en la fibra, para obtener un teñido eficiente y en el menor tiempo posible, de esta forma evitar el deterioro del material teñido (CEGARRA, 1981).

c) Afinidad del colorante

Para que se produzca la fijación del colorante a la fibra debe haber afinidad química y esto lo determina su estructura molecular del colorante, y se debe tomar en cuenta la naturaleza del colorante y de la fibra, si estos son químicamente muy distintos, se debe de llevar a cabo un tratamiento diferente en el proceso de teñido. El teñido por agotamiento es función directa de la afinidad si se comparan con los

colorantes directos, pero a la vez presentan elevados coeficientes de difusión (ORDOÑEZ *et al.*, 2007).

d) pH del baño tintóreo

La condición de acidez, neutralidad o basicidad establece la conducta del colorante, influyendo en la capacidad de teñido, en la intensidad y en la variación del color obtenido en la fibra. Con la disminución del pH aumenta la velocidad de agotamiento del baño, pero disminuye la reacción fibra – colorante (CEGARRA, 1981).

En los colorantes de buena igualación, se puede decir que a pH neutro la velocidad de tintura es prácticamente nula, y al disminuir el pH la velocidad aumenta hasta llegar al pH= 3 que es el usado normalmente en la tintura con colorantes de buena igualación. Los colorantes de mediana igualación, colorantes que tiñen a pH débilmente ácido, en los que a pH = 4.5-5, la velocidad de tintura es la adecuada, pues a pH 3, la absorción es excesivamente rápida. Los colorantes que tiñen en baño neutro son de mala igualación, ya que a este pH la velocidad de tintura es suficiente, añadiendo en todo caso el ácido acético al final de la tintura para agotar el baño, ya que a pH más bajo de 7 la velocidad es excesivamente elevada, puesto que para que una tintura quede igualada es preciso que la absorción sea gradual, de tal forma que el pH inicial del colorante absorbido al estado de equilibrio sea del orden del 85% (MARRONE, 2008)

e) Efecto de las sales

El empleo de bajas concentraciones de sal, por lo general cloruro de sodio, en el proceso de teñido aumenta la difusión de colorante hacia la fibra, en cambio, a elevadas concentraciones de la misma produce un efecto perjudicial. Debido a que al inicio del teñido los aniones de la sal compiten con los aniones del colorante produciendo un efecto igualizante haciendo más lento el agotamiento del baño, de esta manera es posible disminuir la elevada afinidad del colorante por la fibra (CEGARRA, 1981).

f) Relación de baño tintóreo

Es conocida como razón licor o solución tintórea, es la relación entre el volumen de líquido y el peso de material a teñir. Es recomendable



utilizar una relación de baño donde la fibra está cubierta por el líquido y que tenga movilidad. (CEGARRA, 1981).

g) Movimiento de la fibra en el baño

Existe una relación directa entre el movimiento relativo de la fibra y el baño tintóreo influyendo en la velocidad del teñido, ya que a mayor agitación y circulación del baño, y el contacto entre la fibra y el colorante aumenta. A mayor movimiento del baño con la fibra, se necesitarán tiempos menores para alcanzar el equilibrio del sistema, dicho de otra manera lograr agotamientos altos, con altos niveles de resistencia e igualación (CEGARRA, 1981).

h) Pre mordentado

Es un proceso que se realiza durante el teñido, para fijar los colorantes naturales y la fibra, El mordentado anterior o pre mordentado consiste en colocar la fibra en una solución de agua más el mordiente, se deja actuar a temperatura de ebullición por un tiempo de 30 minutos, y después se procede a teñir la fibra, este proceso facilita la fijación al colorante a la fibra mediante el uso de sales solubles de metales como cobre, aluminio, estaño y hierro, el tipo de metal determina la modalidad del color. Otra característica, aumento la resistencia del color frente a lavados frecuentes y luz solar (CEGARRA, 1981).

Fórmulas para el pre mordentado con alumbre y sulfato ferroso.

- Tipo de fibra: fibra de alpaca.
- Mordente: 20 % de alumbre sobre el peso de la fibra seca.
- Mordente: 1,5 – 3 % de sulfato ferroso sobre el peso de la fibra seca.
- Agua: la necesaria para cubrir el material

3.2.3.4 Mecanismo de tintura

Las diversas manipulaciones que originan los fenómenos para que un material textil tenga viveza mediante el color se llama tintura o teñido. Un verdadero teñido, aparte de otorgar color, mantener e incluso mejorar las propiedades de una fibra textil y el color impartido debe mostrarse como parte de la fibra, conservando la mayoría de las cualidades de solidez que hagan útil su empleo (CARVALLO, 2001)

Para el realizar el tratamiento de teñido al material textil. Primero la fibra debe pasar por una limpieza profunda para quitar cualquier impureza que pudiera contener, ya sea polvo, tierras, aceites minerales y grasa, o algún otro agente que pueda interferir en el normal desarrollo de un proceso de teñido (VIGUERAS y PORTILLO, 2016).

3.2.3.5 Calidad del agua

Según CARVALLO, (2001) el agua debe cumplir algunas condiciones y para garantizar un correcto teñido se debe tener en consideración:

- La transparencia del agua debe ser alta.
- El agua blanda; ya que el agua que contiene sales de magnesio y calcio, los cuales producen aglomeraciones de colorante y precipitaciones.
- Es necesario la presencia como cobre, hierro y magnesio, ya que producen una coloración amarillenta de los géneros y son especialmente perjudiciales en el blanqueo.

3.2.4 Mordiente

La palabra mordente proviene del latín *mordente* que significa morder, los mordentes son sustancias químicas naturales o sintéticas, que actúan como intermediario entre la fibra y el colorante, logrando la fusión molecular entre la fibra y el colorante, éste se impregne al interior de la fibra y ayude a fijar el color del tinte a la fibra, produciendo una unión cuyo efecto es la resistencia al paso del tiempo, al sol y al agua. Por lo general usando mordentes se obtienen colores permanentes y más vivos. El mordiente rompe el enlace hidrogenado situándose el ión metálico del mordiente en la proximidad del átomo de hidrógeno de la fibra, si introducimos la fibra mordida en la disolución del tinte se forma un conjunto ión del mordiente y tinte que es insoluble. La naturaleza química de la disolución mordiente y tinte puede ser ácida o alcalina. Dentro de los mordientes están las sales metálicas como el alumbre (Sulfato doble de aluminio y potasio) y Sulfato ferroso (VIGUERAS y PORTILLO, 2016). Según (VILLANUEVA, 2012) Los mordientes tienen efecto en el color, además de ayudar a que los colores sean más firmes y resistentes a la luz solar, los mordientes pueden modificar los colores, en algunos casos dándoles más brillo o viveza, en otros oscureciéndolos, y en otros transformando el color original en uno nuevo.



Los mordientes son simples sales metálicas que ayudan a ligar los tintes a las fibras. Dichas sales se fijan en la fibra, y los tintes se fijan en las sales metálicas. El mordiente básicamente hace tres cosas (ETCHAREN, 1986):

- Ayuda a que los tintes se fijan en la fibra.
- Afecta el color producido por los tintes, en otras palabras lo intensifican o lo hace más tenue.
- Actúa para mantener los colores estables en presencia de la luz.

Tabla 5 — Características de mordientes y su efecto en el color

Mordiente	Denominación	Descripción	Observaciones
Alumbre	Sulfato aluminico Potásico	Polvo granulado blanco, cristales transparentes.	Mordente más común. Soluble en agua. Hace la lana más dura y blanca. Se obtienen colores claros y vivos y no altera el color de la planta.
Sulfato ferroso	Sulfato de hierro II	Polvo cristalino amarillo claro, o cristales de color azul verdoso que se descompone con el aire y se oxida con la humedad, dando una coloración marrón.	Se disuelve fácilmente en agua y toma un color ahumbrado. Los colores se vuelven terrosos. Se debe conservar en un recipiente bien cerrado. Aumenta la resistencia al lavado y a la luz, pero su exceso produce un resultado áspero y quebradizo en la fibra.

Extraído de (ROQUERO y CÓRDOVA, 1881)

3.2.5 Evaluación de la resistencia

La resistencia es la estabilidad que tiene el colorante al aplicarlo a una fibra textil, la evaluación de la solidez ó resistencia mide el grado del color en el material frente a diversos agentes externos como agua, soluciones, ambientes, agentes químicos, térmicos, etc, en los procesos de uso de teñido de textiles. Para realizar la evaluación de la resistencia se utiliza las escalas de grises, es necesario realizar una comparación de la tintura entre un antes y un después de haber sido sometida a la prueba. Por otro lado, es necesario saber cómo afecta la tintura a materiales blancos por si una prenda teñida va tener contacto con ellos durante su procesamiento o uso. No ha sido fácil encontrar maneras de cuantificar las resistencias de una manera inequívoca por ser estas apreciaciones subjetivas. Esta dificultad ha sido disminuida por el uso de

escalas de grises, las cuales es posible comparar cualquier alteración o pérdida de matiz y/o manchado del material blanco (TEXTEX, 2010).

Se puede expresar por cifras adimensionales denominadas "Índices de solidez" el grado de resistencia de una tintura. Estas cifras van del uno al cinco, siendo el grado cinco el mejor, ya que fibra no presenta pérdida del color y el grado uno presenta una notoria pérdida del color en el textil y su valoración es comparativa y corresponde a una escala de grises de valores lumínicos en la cual aparece como gris base o de punto de partida un gris que a la vista aparece como un promedio entre negro y el blanco, a pesar de que solo refleja el 14 % de luz blanca pero eso si es un gris completamente neutro, es decir no tiene ningún grado de cromaticidad (OBANDO, 2013).

3.2.5.1 Resistencia a la luz solar

Una vez que el material textil está teñido se somete a la exposición de la luz solar, comprobando la resistencia o cambio de color. Al someter la fibra a la luz del sol mediante esta prueba se registra y hubo decoloración. Los textiles teñidos durante su uso están expuestas a la acción de la luz solar que destruyen los colorantes ocasionando el fenómeno de cambio de coloración. La pérdida de color en las prendas cuando son expuestas a la acción de la luz solar ha sido objeto de diversas investigaciones y muy poco se sabe acerca del mecanismo de decoloración. Es de esta forma que una tintura va perdiendo sucesivamente su color hasta quedar más débil y opaca (TEXTEX, 2010).

La resistencia a la luz solar está profundamente relacionada a la fibra sobre el que se ha realizado el teñido, la temperatura del medio en el que el artículo recibe la acción de la luz, la humedad del medio y la clase de atmosfera en que se realiza la exposición. Se basa en la exposición de la fibra teñida a la luz solar directa durante 4 horas de sol directo. Se enrollan muy juntos los hilados teñidos sobre una tira de cartón con un área de exposición de 1 x 10 cm. Se compara la fibra que estuvo expuesta a la luz solar en contraste con un testigo (OBANDO, 2013).

De todas las fibras textiles la de camélidos es la que representa mayor afinidad por los colorantes directos o sustantivos y tienen la tendencia a combinarse con los colorantes adjetivos en condiciones apropiadas de baño

neutro o ácido. Debido a su naturaleza porosa, la fibra es fácilmente introducida por las soluciones calientes lo que constituye facilidad para colorearse (ROQUERO y CÓRDOVA, 1881).

3.2.5.2 Resistencia al lavado

Al realizar la prueba de resistencia ó solidez al lavado se verifica si el tejido pierde el color al contacto con el agua, es decir, mide la decoloración de la fibra textil teñida, al sumergir la tela en agua. Para el procedimiento de lavado convencional, depende primordialmente del tejido y la fibra que se usa en la confección de la prenda. Por lo general, se efectúa con un lavado suave para fibras y lanas especiales o prendas delicadas, para camisas de algodón es enérgico y prendas de trabajo es mucho más enérgico (OBANDO, 2013).

La temperatura debe tener condiciones adecuada para que las muestras sean lavadas. La decoloración, la alcalinidad y la acción abrasiva de este modo se obtienen los resultados en un tiempo corto. Para evaluar el cambio de color de la fibra textil se realiza mediante la comparación con escalas de grises (TEXTEX, 2010).

- Para esta prueba se utiliza 1,5 g/L de detergente (doméstico), la R/B es 1/50, temperatura ambiente, 10 minutos de lavado, enjuagar y secar.
- Observar: Si el agua ha quedado con colorante. Al secar la fibra teñida comparar el matiz con la muestra patrón.

3.2.5.3 Resistencia al frote

Esta prueba sirve para determinar la estabilidad del color del textil teñido, se realiza mediante la fricción y establecer cómo cambia el color de la fibra después de una fricción superficial. Es decir, sirve para determinar la resistencia del color de los textiles a los efectos producidos por el frote. Los colorantes que no tienen buena solidez al frote puede ocasionar manchas en los materiales sin teñir o prendas de color blanco, cuando tienen contacto durante el lavado. Por lo general las prendas teñidas que no han sido cuidadosamente lavadas y han sido utilizadas para confección de pijamas, pueden manchar las sábanas. El obtener baja resistencia al frote puede ser a causa de deficientes tratamientos pre tintura, mala calidad del agua para el

teñido, un inadecuado manejo del teñido, productos auxiliares o acabados mal aplicados (OBANDO, 2013).

Al aplicar esta prueba establece un método para determinar la transferencia de colorante no impregnado de su superficie a otras superficies de materiales de color blanco, por medio de fricción o frotación. Consiste en frotar un textil teñido con una muestra sin teñir o blanco.

Verifica si el colorante transfiere o no color sobre la muestra de color blanco, si la muestra teñida no transfiere color a la muestra de color blanco se obtiene una excelente solidez (TEXTTEX, 2010).

- **Solidez al frote en seco.** Hacer fricción la fibra teñida encima de un material blanco, unas treinta veces.

3.2.6 Escala grises

Según (TEXTTEX, 2010), la escala de grises sirve para evaluar la solidez del color en los elementos textiles sometidos a prueba, La escala de grises cuenta con valores del 1 al 5 e incrementa por medio valor (1, 1 1/2, 2, 2 1/2 y así consecutivamente) siendo más alto el valor 5.

3.2.6.1 Escala de grises para la evaluación del cambio de color

El instrumento sirve para evaluar el color y los cambios que se da en el textil teñido (fibra, tela y lana), luego de someterlos a pruebas de luz solar y lavado. Cada grado consta de dos zonas definidas, la primera es la parte superior representa la pérdida del color luego del proceso y el segundo es la parte inferior quien representa el color original (TEXTTEX, 2010).

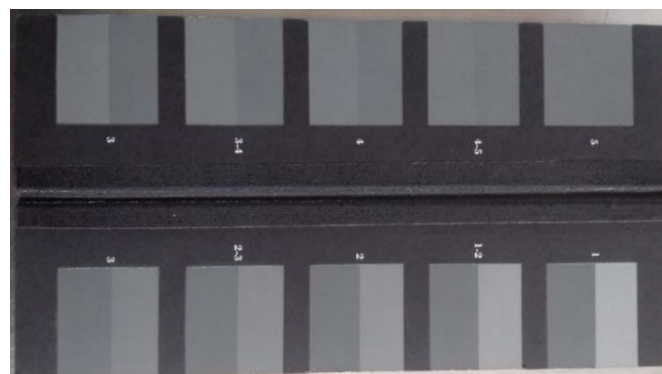


Figura 5 — Escala de grises para evaluar el cambio de color

3.2.6.2 Escala de grises para la evaluación de transferencia de color

La escala de grises sirve para evaluar la transferencia y/o manchado del color de los materiales teñidos sobre un testigo blanco, luego de someterlos a un proceso de frote. Cada grado consta de dos zonas definidas, la parte superior representa la transferencia del color hacia el testigo blanco luego del frote y la parte inferior representa el testigo blanco sin tratamiento alguno (TEXTEX, 2010).

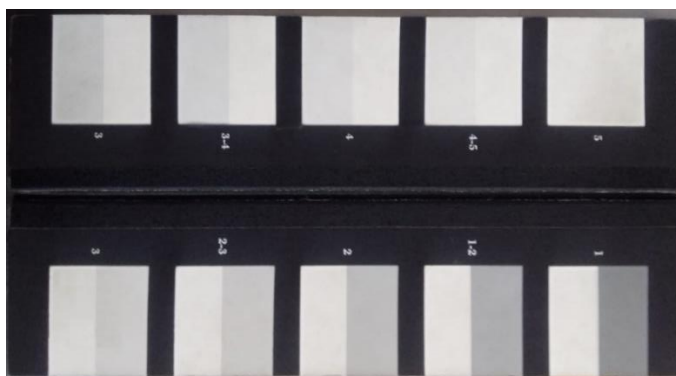


Figura 6 — Escala de grises para evaluar la transferencia de color

La escala se compone de 9 pares de fichas color gris y cada una tiene una diferencia y un contraste visual. La solidez se califica de la siguiente manera, del 5 al 1:

- Grado 5 = no hay cambios apreciados a simple vista (es la mejor calificación).
- Grado 1= cambios drásticos apreciados a simple vista (es la peor calificación) La escala numérica tiene 9 posibilidades: 5; 4-5; 4; 3-4; 3; 2-3; 2, 1-2; 1.

Tabla 6 — Valoración de la solidez en las fibras

Valoración de solidez	Denominación	Teñido
4 – 5; 5	Excelente	No se destiñe
3 – 4; 4	Muy bueno	Destiñe un poco
3	Bueno	Destiñe sensiblemente
2; 2 – 3	Regular	Destiñe fuertemente
1; 1-2	Malo	Destiñe muy fuertemente

Extraído de (OBANDO, 2003)

3.3 Marco conceptual

- a) **Colorante:** Es un compuesto orgánico que al aplicarlo a un sustrato le confiere un color. Un colorante se aplica en disolución o emulsión y el sustrato debe tener cierta afinidad para absorberlo, en general son solubles en el medio que se aplica o el producto final.
- b) **Fibra:** Hebra elemental, de longitud definida, de origen químico o natural. Aquella que puede convertirse en hilo.
- c) **Mordiente:** Sustancia que se aplica a la fibra para facilitar la formación de enlaces con los colorantes, hace que el colorante quede fijo en la fibra.
- d) **Solidez:** Es la resistencia del color en fibras textiles teñidas, sometidas a diversas condiciones capaces de modificar su color original, por ejemplo, agua, luz solar, frotamiento, lavado, etc.
- e) **Teñido:** Es un proceso químico en el que se aplica colorantes sobre textiles y otros materiales, con el objetivo de que esta sustancia se adhiera a la fibra y tenga un color diferente al original.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental (manipulación de las variables), por cuanto se pretende incrementar el conocimiento de la línea de investigación del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tankar, buscando la resistencia del color, en donde se manipuló deliberadamente las variables independientes (concentración de los mordientes, temperaturas y tiempo) para analizar las consecuencias de esa manipulación de las variables dependientes (resistencia de la fibra de alpaca).

El nivel explicativo porque se tomó como base los estudios descriptivos para establecer las relaciones y causalidad de las variables de estudio, probándose las propiedades físicas de la fibra de alpaca.

La investigación se desarrolló en el laboratorio de química y análisis sensorial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Las evaluaciones de las muestras se realizaron en la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.2 Diseño de la investigación

En la presente investigación se utilizará el diseño factorial (2^k). Consiste en investigar la forma como influye k factores sobre una variable respuesta y en cada factor se considera dos niveles, tienen tres factores binarios A, B y C.; Factor A: M1 (alumbre), M2 (sulfato ferroso), Factor B: t_1 (30 min) y t_2 (60 min) y Factor C: T_1 (70 °C) y T_2 (86 °C ebullición), es una factorial de 2^3 , con un total de 8 tratamientos x 3 repeticiones dando un total de 24 unidades de observación, para cada evaluación.

Los resultados se procesaron utilizando el estadístico de BAREMO y el paquete estadístico IBM SPSS



Tabla 7 — Diseño estadístico para la evaluación de la fibra de alpaca teñida con colorantes del tallo del tankar.

Mordiente	Tiempo	Temperatura	Repetición	Resistencia a la luz solar	Resistencia al lavado	Resistencia al frote	Tratamiento
Alumbre	t ₃₀	T ₇₀	R ₁				T ₁
			R ₂				
			R ₃				
		T ₈₆	R ₁				T ₂
			R ₂				
			R ₃				
	t ₆₀	T ₇₀	R ₁				T ₃
			R ₂				
			R ₃				
		T ₈₆	R ₁				T ₄
			R ₂				
			R ₃				
Sulfato ferroso	t ₃₀	T ₇₀	R ₁				T ₅
			R ₂				
			R ₃				
		T ₈₆	R ₁				T ₆
			R ₂				
			R ₃				
	t ₆₀	T ₇₀	R ₁				T ₇
			R ₂				
			R ₃				
		T ₈₆	R ₁				T ₈
			R ₂				
			R ₃				

4.3 Población y muestra

Para el teñido de la fibra de alpaca, la población está conformada por un cono de 1 Kg de fibra hilada provenientes de la región de Arequipa, de la empresa Inca Tops S.A. La muestra estará constituida por 400 g de fibra hilada de alpaca huacaya baby (22.5 mic).

La técnica de muestreo en la presente investigación es de tipo no probabilístico, dirigida, definida a criterio del investigador. Para elegir el tamaño de la muestra se utilizará el muestreo no probabilístico por conveniencia. Es decir, la cantidad de muestra a utilizar para la investigación fue definida por el requerimiento necesario para los ensayos que se realizara en el estudio.

4.4 Procedimiento

En la presente investigación se obtuvo fibra de alpaca teñida con colorante del tallo de tankar a distintos mordientes como son el alumbre y sulfato ferroso y parámetros en un tiempo de baño de tintura de 30 y 60 minutos y temperatura 70 y 86 °C (ebullición). Donde se evaluó mediante la prueba de solidez a la luz solar, al lavado y frote en seco.

4.4.1 Obtención del colorante del tallo de tankar

La recolección del tallo de tankar se realiza en los meses de enero, ya que en esa época se encuentra arbustos frescos. Seguidamente se acondiciona la materia prima realizando la selección y limpieza de las espinas, hojas y material extraño.

4.4.1.1 Secado y reducción de tamaño para su extracción

Para mejorar el rendimiento del colorante y aumentar la superficie de contacto, se tiene que reducir el tamaño del tallo. Utilizando ralladores metálicos y molienda.

4.4.1.2 Extracción del colorante

Para el proceso de extracción del colorante, se realizó el pesado de 400 g del tallo de tankar, se realiza mediante el método de maceración por 24 horas en medio acuoso (32 L de agua destilada), se basa en la extracción sólido – líquido. El material sólido (tankar) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se desea extraer. Pasado el tiempo de maceración, se realiza el proceso de decocción, el objeto que tiene es obtener la mayor cantidad de colorante presente en el tallo, a ebullición por un tiempo de 30 minutos. El proceso de filtrado es la separación de las partículas suspendidas en el líquido, se utiliza un material poroso que pueda retener el residuo, permitiendo el paso del colorante. Para este proceso se lleva a cabo el filtrado por gravedad de la mezcla sólido – líquido donde se retiene la mayor parte de los componentes sólidos (residuo). El extracto que se obtiene en la etapa de filtración, es el colorante natural el cual se almacena en botellas de vidrio de color ámbar, se reserva para uso en el teñido.

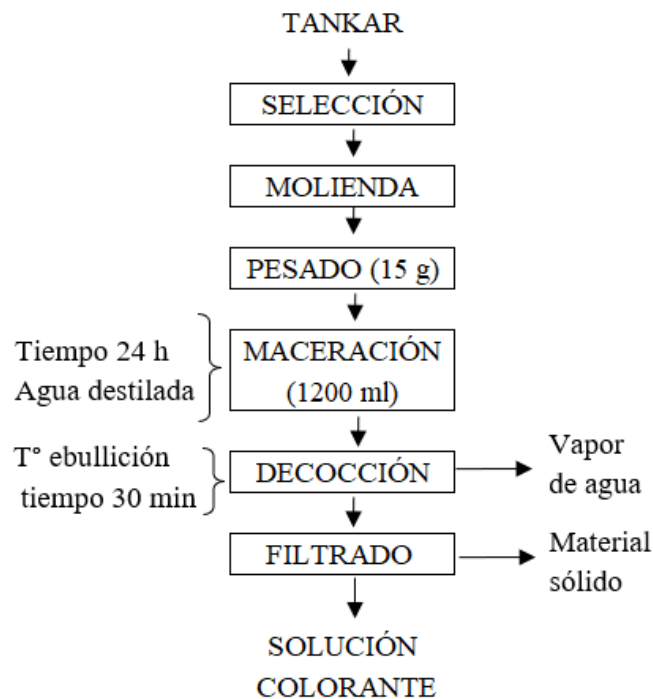


Figura 7 — Flujograma de la obtención del colorante del tallo de tankar

4.4.2 Acondicionamiento de la fibra textil

4.4.2.1 Pesado

Para realizar este proceso se tiene que considerar la relación entre el peso de colorante (tankar) y el peso de la fibra de alpaca, se procederá a pesar 15 g y para ello se utilizó la balanza analítica.

4.4.2.2 Madejado

Se confeccionará el hilado de fibra de alpaca en madejas.

4.4.2.3 Lavado

La limpieza de la muestra a teñir es de fundamental importancia ya que la difusión del colorante en la fibra, resultaría imposible si el material contiene impurezas. En todo proceso de lavado es esencial que la fibra quede sumergida en abundante agua, lo que significa utilizar 1 L de agua a temperatura ambiente por 100 g de fibra de alpaca, y jabón neutro.

4.4.2.4 Enjuague

Durante el enjuague se utiliza agua potable a temperatura ambiente, de esta manera está listo para el teñido.

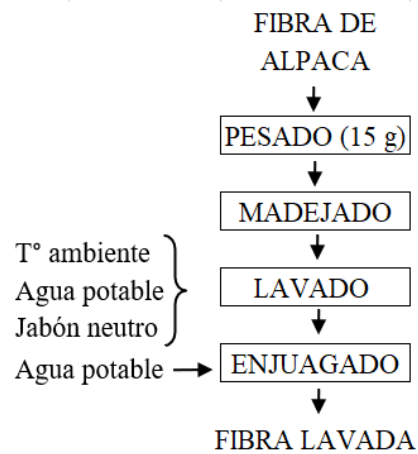


Figura 8 — Flujograma del acondicionamiento de la fibra textil

4.4.3 Teñido y control de parámetros de investigación

4.4.3.1 Pre mordentado: Se realiza la aplicación independiente para cada mordiente tanto para el alumbre al 20 % y para el sulfato ferroso al 3 %: Se coloca la fibra en una solución de mordiente a una temperatura inicial de 40 °C, después se eleva la temperatura a 86 °C por 30 minutos, el porcentaje de la cantidad de mordiente es en relación a la cantidad de la fibra a utilizar.

a) Teñido: Una vez que la fibra está previamente mordentada es colocada en el líquido tintóreo que ocupa un 100% sobre el peso de la fibra a teñir y es sometida a diferentes parámetros de investigación como: tiempo t_1 - 30 min y t_2 - 60 min y temperatura T_1 - 70 °C y T_2 - 86 °C (ebullición).

b) Enjuague: Al obtener la fibra teñida se enjuaga con abundante agua potable a una temperatura ambiente hasta que el agua salga limpia.

c) Secado: Se realiza el secado a temperatura ambiente en sombra.

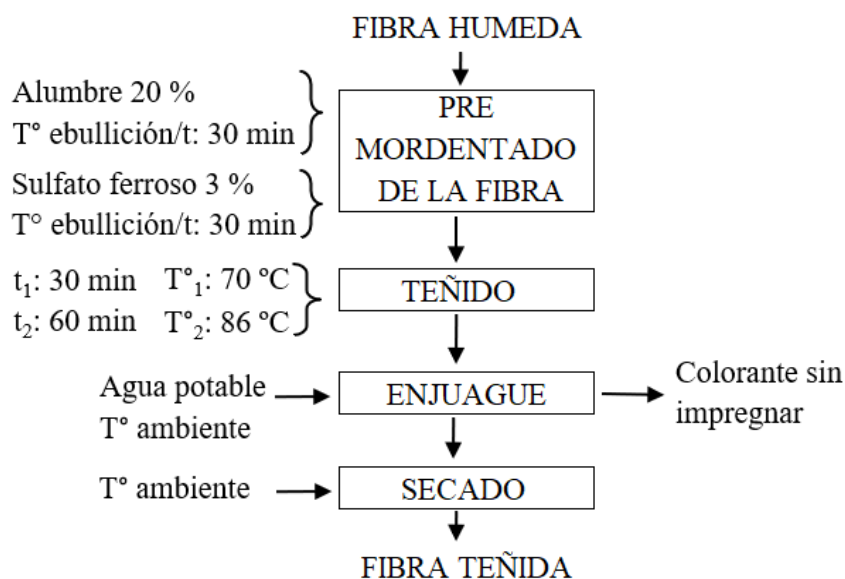


Figura 9 — Flujograma de teñido y control de parámetros de investigación

A continuación se muestra el flujograma para el teñido de fibra de alpaca con colorante del tallo del tankar.

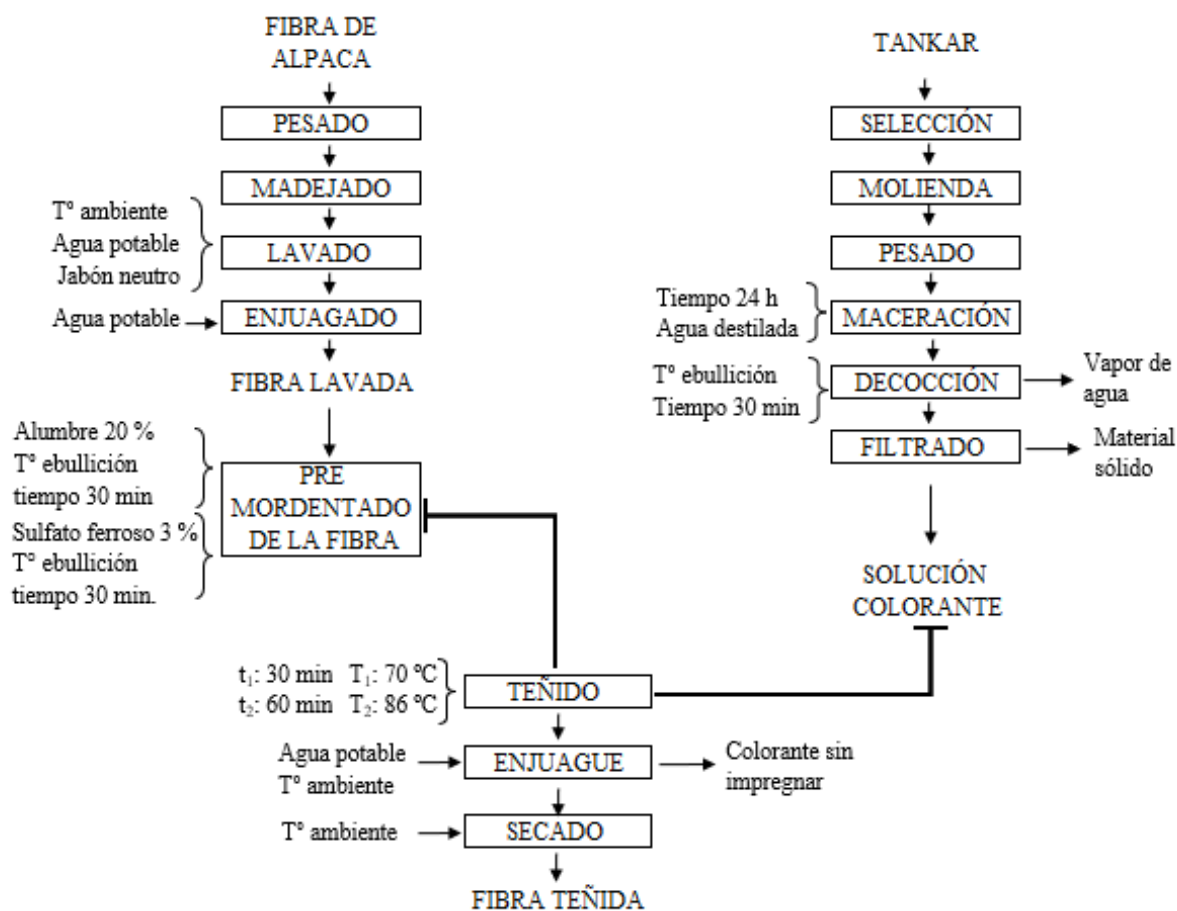


Figura 10 — Flujograma del teñido de la fibra de alpaca con colorante del tallo del tankar

4.4.4 Evaluación de resistencia de la fibra de alpaca teñida

Las evaluaciones realizadas a las pruebas fueron a nivel de laboratorio, haciendo simulaciones de condiciones reales de uso habitual, como es el efecto de la acción del sol, agua y fricción.

4.4.4.1 Evaluación de la resistencia a la luz solar

La norma AATCC 16 – 2004 (Asociación americana de químicos y coloristas textiles), es el método de prueba utilizado para evaluar la estabilidad del color de los materiales textiles a la luz. La fibra teñida es expuesta a la luz solar de manera directa, la duración es de 4 horas por 3 días.

- Se adecuó una muestra para los hilados teñidos, los cuales son enrollados muy juntos sobre una tira de cartón blanco con un área 2 cm por 15 cm, la exposición es directa.
- Una vez colocada la muestra en la cartulina se cubre la mitad con una cartulina negra y ponerla bajo la acción de la luz sol.
- Se retira la cartulina negra y comparar con la parte no expuesta (muestra testigo teñido en condiciones óptimas de temperatura, tiempo).
- Se evaluó el cambio de color de la parte expuesta con la parte oculta, se utiliza la escala de grises.

Calificación:

1 = Malo

2 = Regular

3 = Bueno

4 = Muy bueno

5 = Excelente

4.4.4.2 Evaluación de la resistencia al lavado

La norma AATCC 61 - 2003 (Asociación americana de químicos y coloristas textiles), es el método de prueba utilizado para la evaluación de la estabilidad del color en los materiales textiles que deben tener una resistencia a lavados domestico frecuente. La fibra teñida es introducida en frascos con tapa.

- Se prepara una solución de 0,8 g de jabón neutro (domestico sin cloro), con un volumen de 100 ml con agua potable a una temperatura ambiente, se introduce en un frasco. Se agita el frasco por 30 minutos.
- Se enjuaga con agua potable y una vez que este seco la muestra se compara con la muestra testigo (fibra teñida en condiciones óptimas).
- Observar si el agua ha quedado con colorante, si al secar la muestra el matiz es más bajo que la muestra patrón.
- Se evaluó el cambio de color de la muestra original, con la escala de grises:

Calificación:

1 = Malo

2 = Regular

3 = Bueno

4 = Muy bueno

5 = Excelente

4.4.4.3 Evaluación de la resistencia al frote en seco

La norma AATCC 8 -2003 (Asociación americana de químicos y coloristas textiles), es el método de prueba utilizado para evaluar la cantidad de color que se transfiere desde la superficie de un material textil teñido a otra superficie por medio de frotación.

- Se levanta la plataforma de presión y se coloca en la máquina (frotímetro manual) una muestra de la fibra teñida y se frota sobre una muestra blanca (fibra no teñida y de igual peso).
- Una vez que es colocado la muestra teñida y el testigo se baja la prensa y se procede con la frotación 3 veces.
- Levantar la prensa y separar la muestra testigo.
- Se evaluó el grado de manchado del testigo con el instrumento de escala de grises para transferencia de color.

Calificación:

1 = Malo

2 = Regular

3 = Bueno

4 = Muy bueno

5 = Excelente

Tabla 8 — Valoración de solideces de las fibras (Codificada)

Escala grises	Denominación	Teñido
5	Excelente	no se destiñe
4	muy bueno	no se destiñe
3	bueno	destiñe sensiblemente
2	regular	destiñe fuertemente
1	malo	destiñe muy fuertemente

Dado que la experimentación se ha realizado con tres repeticiones por cada tratamiento se ha obtenido una calificación como mínimo de 5 y como máximo de 15 y un rango de 10 por lo que se ha procedido a realizar un baremo.

Tabla 9 — Descripción de tratamientos para el teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar

Tratamiento	Mordiente	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
T1	Alumbre (20 %)	30	70
T2	Alumbre (20 %)	30	86
T3	Alumbre (20 %)	60	70
T4	Alumbre (20 %)	60	86
T5	Sulfato ferroso (3 %)	30	70
T6	Sulfato ferroso (3 %)	30	86
T7	Sulfato ferroso (3 %)	60	70
T8	Sulfato ferroso (3 %)	60	86

La tabla (9) muestra los diferentes tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8) para el teñido de la fibra de alpaca con dos mordientes, alumbre que corresponde a los tratamientos T1, T2, T3 y T4 y sulfato ferroso que corresponde a los tratamientos T5, T6, T7 y T8 a diferentes tiempos (30 min y 60 min) y diferentes temperaturas (70 °C y 86 °C) de teñido. En cuanto a la cantidad de Alumbre se ha considerado el 20 % sobre el peso de la fibra de alpaca mientras para el sulfato ferroso el 3 % sobre el peso de la fibra.

Para la determinación de la solidez al color de la fibra de Alpaca con colorante de tallo de Tankar se ha utilizado la escala de grises, la cual es una valoración cualitativa de la escala de grises cuya forma de evaluar es mediante la observación directa y comparación con la escala de grises.

Tabla 10 — Baremo por intervalos equivalente a la valoración de las resistencias de las fibras

Límite inferior Límite superior	Nivel	Descripción
[5 , 7]	malo	destiñe muy fuertemente
(7 , 9]	regular	destiñe fuertemente
(9 , 11]	bueno	destiñe sensiblemente
(11 , 13]	muy bueno	no se destiñe
(13 , 15]	excelente	no se destiñe

La tabla (10) muestra el Baremo por intervalos equivalente a la valoración de las resistencias de las fibras realizado para valorar las diferentes características de resistencia que se evalúan en el teñido de fibras en la ciencia.

Esta herramienta nos ha permitido homogenizar la evaluación del teñido dado que son tres características evaluadas cada una con tres repeticiones por lo que la mínima calificación ha sumado 5 y la máxima calificación ha sumado 15, luego el rango es 10 por lo tanto la longitud de intervalo es 2 y con ella se ha dividido en 5 intervalos los cuales corresponden a la valoración de las resistencias de las fibras (Codificada).

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnica

La técnica a utilizar será mediante observación, la fibra de alpaca teñido con colorante de tankar es el producto resultante del proceso, y sobre el cual se realizó una serie de pruebas para conocer sus propiedades de resistencia del color.

El tallo de tankar y los mordientes para el teñido de la fibra de alpaca, que se utilizó como materia prima. Además de la información disponible como artículos científicos y los criterios del investigador basado en un conocimiento previo.

Las fibras, los materiales, la tecnología que se utilizó forman parte de las pruebas del proceso de teñido, actividades que darán valor agregado a la fibra de alpaca baby y evaluar la solidez del color.

4.5.2 Instrumentos

Se utilizó la escala de grises y la ficha de registro de los datos, a continuación se menciona la materia prima, materiales, insumos y equipos que se ha utilizado en la investigación:

Materia prima

- Tallo de tankar
- Fibra de alpaca

Materiales y equipos

- Vaso precipitado de 1000 ml, 500 ml y 250 ml
- Bagueta
- Espátula
- Tijera
- Ollas
- Frotímetro
- Guantes
- Balanza analítica
- Cocinilla eléctrica
- Cocina
- Balde 5 L
- Termómetro
- Cronometro
- Frascos de plástico
- Cartulina
- Pipeta de 10 ml

Insumos

- Sulfato ferroso
- Sulfato de aluminio y potasio (Alumbre)
- Jabón neutro

4.6 Análisis estadístico

Se aplicará un diseño factorial (2^k), para el efecto de solidez a la luz solar, lavado, y frote, donde cada tratamiento contendrá tres repeticiones ($n=3$), se tienen tres factores binarios A, B y C.; Factor A: M1 (alumbre), M2 (sulfato ferroso), Factor B: t_1 (30 min) y t_2 (60 min) y Factor C: T_1 (70 °C) y T_2 (86 °C ebullición), es una factorial de 2^3 , con un total de 8 tratamientos x 3 repeticiones dando un total de 24 unidades de observación, para cada evaluación.

Tabla 11 — Matriz del diseño 2^3 para calcular los efectos

Efecto	Combinación de Factores							
Factorial	(1)	A	B	Ab	C	Ac	Bc	Abc
I	+	+	+	+	+	+	+	+
A	-	+	-	+	-	+	-	+
B	-	-	+	+	-	-	+	+
AB	+	-	-	+	+	-	-	+
C	-	-	-	-	+	+	+	+
AC	+	-	+	-	-	+	-	+
BC	+	+	-	-	-	-	+	+
ABC	-	+	+	-	+	-	-	+

La primera fila es la identidad y cualquier fila multiplicada por ella permanece invariante.

El resto de las filas tiene el mismo número de signos (+) y signos (-).

Estimación de los efectos: Los efectos medios se calculan a partir de los contrastes indicados en la tabla anterior divididos en $4n$:

$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]$$

$$B = \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac]$$

$$C = \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab]$$

$$AB = \frac{1}{4n} [(1) + ab + c + abc - a - b - ac - bc]$$

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) + b + ac + abc - a - ab - c - bc]$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a + bc + abc - b - ab - c - ac]$$

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc + a + b + c - ab - ac - bc - (1)]$$

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

En la siguiente tabla se detalla los datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar de los ocho tratamientos, cada una con tres repeticiones es decir con la evaluación de tres muestras del mismo tratamiento.

Tabla 12 — Datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
RLS1	4.5	4.5	5	5	2	2.5	2.5	3
RLS2	4.5	5	4.5	5	1.5	2	2	3
RLS3	5	4.5	5	5	1.5	2	2.5	3
Total	14	14	14.5	15	5	6.5	7	9
Promedio	4.67	4.67	4.83	5.00	1.67	2.17	2.33	3.00
Varianza	0.08	0.08	0.08	0.00	0.08	0.08	0.08	0.00
Desviación estándar	0.29	0.29	0.29	0.00	0.29	0.29	0.29	0.00

RLS: resistencia a la luz solar, T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición).

La tabla (12) y Figura (11) muestra que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 que corresponden al 20 % de alumbre han tenido la clasificación de excelente (5) en el teñido en los dos tiempos de teñido y a las dos temperaturas, lo que equivale a afirmar que el teñido no se destiñe, mientras que los tratamientos T5, T6 y T7 correspondientes al mordiente sulfato ferroso han tenido una clasificación de regular (2) equivalente a afirmar que el teñido se destiñe fuertemente seguido por T8 del mismo grupo de mordiente ha tenido una clasificación de bueno (3), es decir, el teñido se destiñe sensiblemente.

Una mirada a la tabla (12) permite observar que el teñido con mordiente del 20% de Alumbre permite obtener fibras con buena calificación según la escala de grises

y por tanto una fibra teñida con el tallo de tankar que no se destiñe por lo que constituye un producto de buena calidad recomendado para exteriores con fuerte acción de la luz solar.

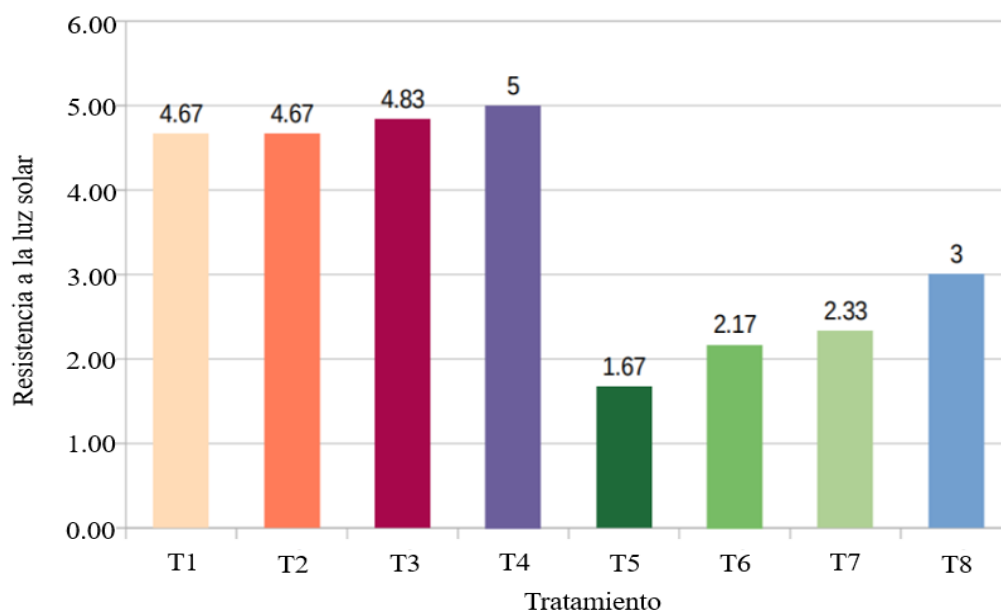


Figura 11 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

Tabla 13 — Análisis de varianza de la resistencia a la luz solar de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Origen de variaciones	SS	Df	MS	F	Valor P	F crítico
Entre grupos	40.458	7	5.780	92.476	0.000	2.657
Dentro de los grupos	1.000	16	0.063			
Total	41.458	23				

SS: suma de cuadrados, df: Grados de libertad, MS: cuadrados medios, F: relación F

En la tabla (13) se muestra el ANOVA, se observa diferencia significativa entre los tratamientos.

5.1.2 Análisis de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

En la presente tabla se detalla los datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar de los ocho tratamientos, cada una con tres repeticiones es decir con la evaluación de tres muestras del mismo tratamiento.

Tabla 14 — Datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
RL1	4.5	4.5	4.5	5	3.5	3.5	4	4.5
RL2	4	4.5	4	5	4	4	4.5	4.5
RL3	4	4	4.5	5	3.5	4	4	4
Total	12.5	13	13	15	11	11.5	12.5	13
Promedio	4.17	4.33	4.33	5.00	3.67	3.83	4.17	4.33
Varianza	0.08	0.08	0.08	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08
Desviación Estandar	0.29	0.29	0.29	0.00	0.29	0.29	0.29	0.29

RL: resistencia al lavado, T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

La tabla (14) y Figura (12) muestra que los tratamientos T2, T3 y T4 que corresponden al mordiente con 20 % de alumbre han obtenido una calificación de excelente (5) en sus diferentes tiempos de teñido y temperaturas, en el tratamiento T1 se obtuvo una calificación de muy bueno, sin embargo el tratamiento T4 obtuvo la mejor calificación, la cual esta denominado como excelente lo que sugiere que talvez dicho tratamiento con el 20 % de alumbre, 60 minutos de teñido y a 86 °C de temperatura es mejor en este bloque de tratamientos.

Por otro lado los tratamientos T5, T6 y T7 que corresponden al mordiente de 3 % de Sulfato ferroso obtuvieron una calificación de muy bueno (4) en casi todas las repeticiones sin embargo el tratamiento T8 obtuvo una calificación de excelente lo que podría sugerir que dicho tratamiento es mejor a los demás de este bloque es decir con el 3 % de sulfato ferroso, 60 minutos de teñido y a 86 °C de temperatura se puede conseguir un teñido de calidad excelente en cuanto a la resistencia al lavado.

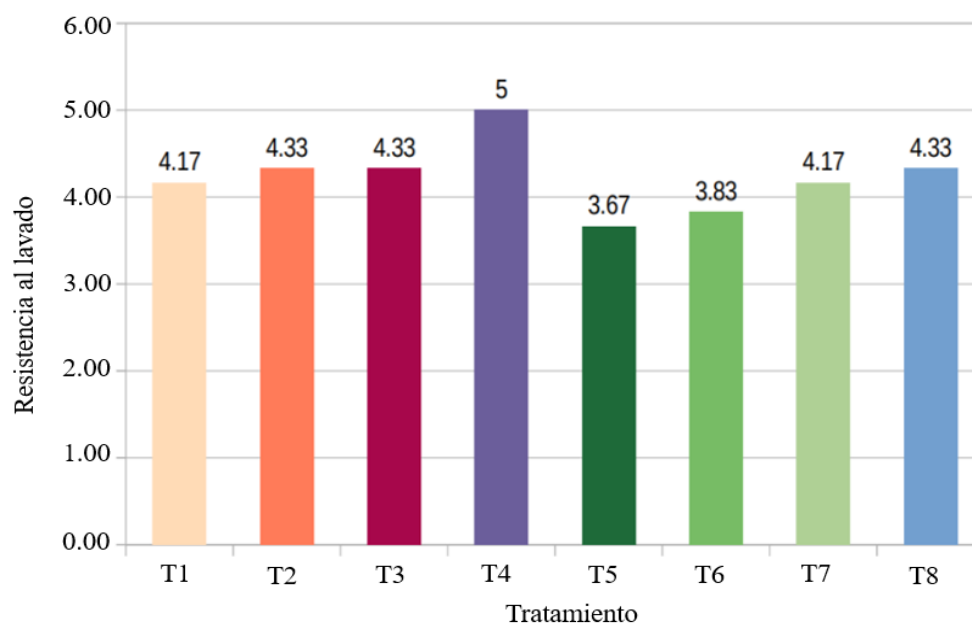


Figura 12 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

Tabla 15 — Análisis de varianza de la resistencia al lavado de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Origen de variaciones	SS	Df	MS	F	Valor P	F crítico
Entre grupos	3.323	7	0.475	6.510	0.001	2.657
Dentro de los grupos	1.167	16	0.073			
Total	4.490	23				

SS: suma de cuadrados, df: Grados de libertad, MS: cuadrados medios, F: relación F

En la tabla (15) se muestra el ANOVA, se observa diferencia significativa entre los tratamientos.

5.1.3 Análisis de la resistencia al frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

En la presente tabla se detalla los datos de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar de los ocho tratamientos, cada una con tres repeticiones es decir con la evaluación de tres muestras del mismo tratamiento.

Tabla 16 — Datos de la evaluación con la escala de grises del frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
RFS1	4	4.5	4.5	5	4	4.5	4.5	5
RFS2	4	4.5	4.5	5	4	4	4.5	4.5
RFS3	4.5	4	5	5	4	4	5	5
Total	12.5	13	14	15	12	12.5	14	14.5
Promedio	4.17	4.33	4.67	5.00	4.00	4.17	4.67	4.83
Varianza	0.08	0.08	0.08	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08
Desviación estándar	0.29	0.29	0.29	0.00	0.00	0.29	0.29	0.29

RFS: resistencia al frote en seco, T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

La tabla (16) y Figura (13) muestra que los tratamientos T2, T3, T4, T7 y T8 han obtenido una clasificación de excelente es decir los tratamientos tanto con los 20% de alumbre y 3% de sulfato ferroso a los dos tiempos de teñido de 30 y 60 minutos y a las dos temperaturas de 70 y 86 °C todas ellas tienen una calificación de excelente en todas las repeticiones, ya que no se observó transferencia de color, por lo tanto de manera global respecto a la resistencia al frote en seco de los 8 tratamientos han conseguido la calificación más alta, es decir el teñido de la fibra de alpaca con el tallo de tankar tiene excelente resistencia al frote en seco.

Este resultado muestra que las condiciones aplicadas a los diferentes tratamientos han resultado muy convenientes para el teñido de la fibra de alpaca haciendo uso del tallo de tankar de modo que se pueda tener un producto de calidad en cuanto a la resistencia al frote de dicha fibra.

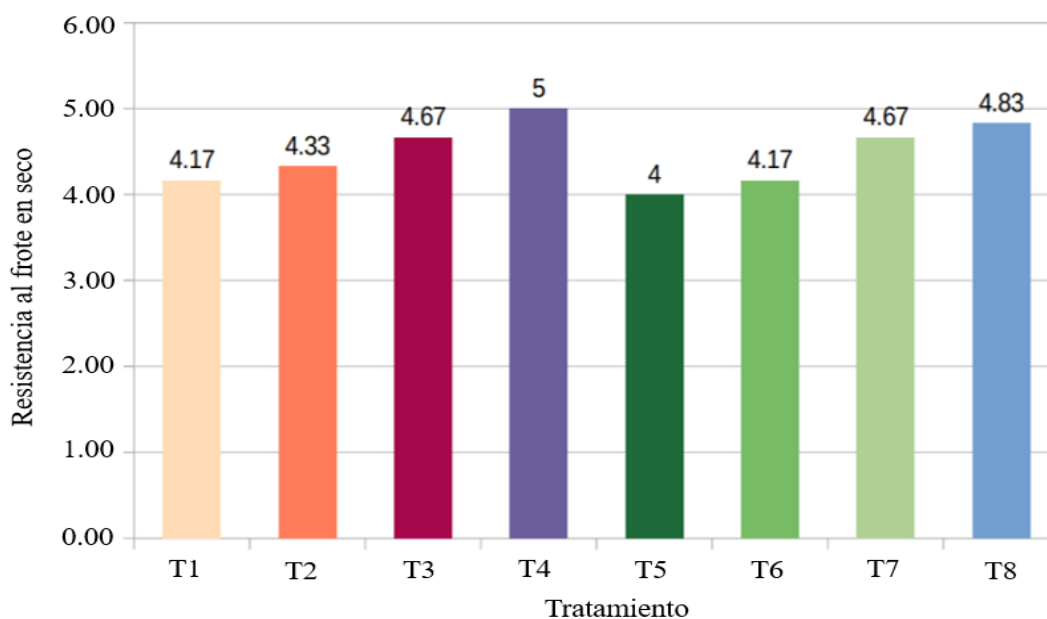


Figura 13 — Representación gráfica de la evaluación con la escala de grises de la resistencia al frote de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

Tabla 17 — Análisis de varianza del frote en seco de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

Origen de variaciones	SS	Df	MS	F	Valor P	F crítico
Entre grupos	2.740	7	0.391	6.262	0.001	2.657
Dentro de los grupos	1.000	16	0.063			
Total	3.740	23				

SS: suma de cuadrados, df: Grados de libertad, MS: cuadrados medios, F: relación F

En la tabla (17) se muestra el ANOVA, se observa diferencia significativa entre los tratamientos.

5.1.4 Análisis de la de la calidad de la fibra de alpaca teñido con colorante de tallo de tankar

En la siguiente tabla se encuentran los datos de la evaluación de la calidad de teñido de la fibra de alpaca aplicando como base el colorante del tallo de tankar a los ocho tratamientos y la calificación de la resistencia a la luz solar, la resistencia al lavado y la resistencia al frote en seco.

Tabla 18 — Resumen de datos de la evaluación con la escala de grises para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
RLS	4.67	4.67	4.83	5	1.67	2.17	2.33	3
RL	4.17	4.33	4.33	5	3.67	3.83	4.17	4.33
RFS	4.17	4.33	4.67	5	4	4.17	4.67	4.83
Total	13.01	13.33	13.83	15	9.34	10.17	11.17	12.16
Promedio	4.34	4.44	4.61	5	3.11	3.39	3.72	4.05
Varianza	0.08	0.04	0.07	0	1.59	1.15	1.52	0.89
Desv Est	0.29	0.20	0.26	0	1.26	1.07	1.23	0.95

RLS: resistencia a la luz solar, RL: resistencia al lavado, RFS: resistencia al frote en seco, T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

La tabla (18) y Figura (14) muestra los datos de la evaluación de la calidad de teñido de la fibra de alpaca aplicando como base el colorante al tallo de tankar de los diferentes tratamientos con dos tipos de mordientes los cuales son el 20 % de alumbre y 3 % de sulfato ferroso y cada una ellas a partir de su calificación por escala de grises de la resistencia a la luz solar, la resistencia al lavado y la resistencia al frote de fibra para la que se ha realizado un baremo teniendo en cuenta la escala de grises, en la que se puede observar de manera global que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 que corresponden al mordiente de 20 % de alumbre resultan con calificación de excelente, es decir el teñido de éstos tratamientos no se destiñe para ambos tiempos de teñido 30 y 60 min y en ambas temperatura de teñido 70 y 86 °C, cabe mencionar que la temperatura de 86 °C es la temperatura de ebullición que se ha registrado en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, mientras que los tratamientos T5, T6, T7 y T8 de manera global han logrado una calificación de muy bueno, esto quiere decir que no destiñe.

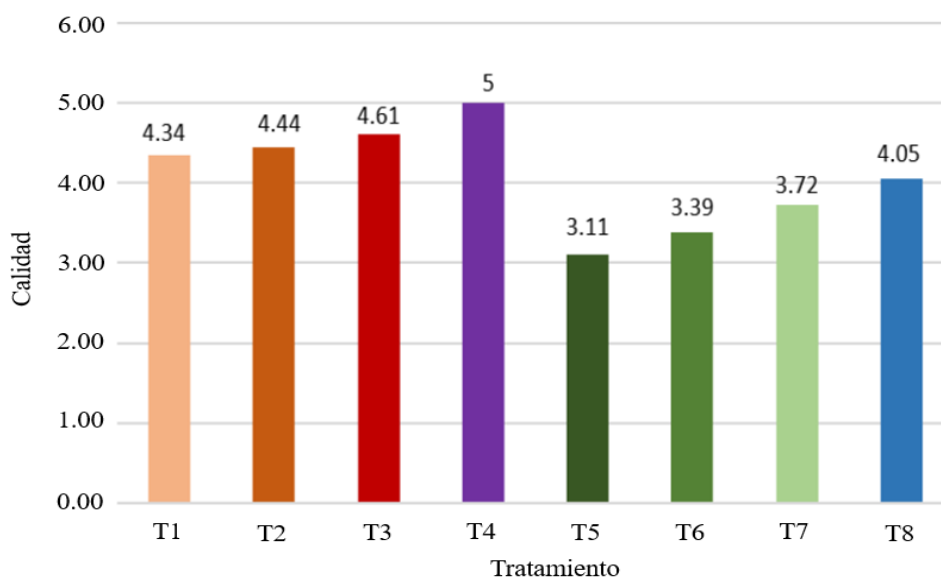


Figura 14 — Evaluación global con la escala de grises para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar
 T1 (alumbre 20 %, 30 min, 70 °C); T2 (alumbre 20 %, 30 min, 86 °C ebullición); T3 (alumbre 20 %, 60 min, 70 °C); T4 (alumbre 20 %, 60 min, 86 °C ebullición); T5 (Sulfato ferroso 3 %, 30 min, 70 °C); T6 (Sulfato ferroso, 30 min, 86 °C ebullición); T7 (Sulfato ferroso 3%, 60 min, 70 °C); T8 (Sulfato ferroso, 60 min, 86 °C ebullición)

Tabla 19 —Análisis de varianza para determinar la calidad global del teñido de la fibra de alpaca con colorante de tallo de tankar

Origen de variaciones	SS	Df	MS	F	Valor P	F crítico
Entre grupos	8.59	7	1.23	1.84	0.15	2.657
Dentro de los grupos	10.67	16	0.667			
Total	19.26	23				

SS: suma de cuadrados, df: Grados de libertad, MS: cuadrados medios, F: relación F

En la tabla (19) se muestra el ANOVA, se observa diferencia significativa entre los tratamientos.

5.2 Contratación de hipótesis

5.2.1 Hipótesis estadísticas.

a) Hipótesis estadísticas (nula (H_0) y alterna (H_a))

En la presente investigación se trabajará con la hipótesis de CAUSALIDAD, donde se tiene que probar la relación de CAUSA – EFECTO.

H_0 : Todos los tratamientos evaluados de la fibra de alpaca teñida con colorante del tallo del tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordiente y parámetros no son significativamente diferentes.

H_a : Al menos uno de los tratamientos evaluados de la fibra de alpaca teñida con colorante del tallo del tankar (*Berberis boliviana L.*) a distintos mordiente y parámetros es significativamente diferentes.

Si $P < 0,05$ se rechaza la hipótesis H_0

Si $P > 0,05$ se acepta la hipótesis H_0

b) Estadístico.

Para el análisis estadístico de cada uno de los factores en estudio se realizó el análisis de BAREMO utilizando el paquete estadístico IBM SPSS a un nivel de confianza de 95 %.

c) Nivel de significancia.

Se trabajará a un nivel de significancia de 0.05, en donde se realizará los análisis de varianza, para apreciar si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

5.3 Discusión

5.3.1 Resistencia

Se planteo con primer objetivo específico la evaluación de la fibra de alpaca teñida con colorante del tallo de tankar que brinde mejor resistencia a la luz solar, lavado y frote en seco. En base a ello se estudió los conceptos de resistencia donde (OBANDO, 2013) afirma que la fibra al ser expuesta a diferentes condiciones, se modifica el color ocasionando el fenómeno de cambio de coloración. En la presente investigación se encontró que existe diferencia significativa entre los ocho tratamientos, ya que en los resultados obtenidos los tratamientos 1, 2, 3 y 4 han obtenido un puntaje de excelente, ya que la fibra no ha tenido ningún cambio de coloración, a diferencia de los tratamientos 5, 6, 7, y 8 tuvo un puntaje bajo de bueno, al someter la fibra a la acción del sol se puede observar la modificación del color. Estos resultados fueron corroborados por (SÁNCHEZ, 2011) quien en su investigación del teñido de la lana llega a obtener buena resistencia a luz. Respecto al lavado se ha obtenido para los tratamientos 2, 3 y 4 han obtenido una calificación de excelente, en cambio para los tratamientos 5, 6, y 7 se obtuvo una calificación de muy bueno, ya que al momento de aplicar la prueba hubo una ligera modificación del color. Los resultados del lavado fueron contrastados por (HOYOS, 2016) quien consiguió buena resistencia lavado en sus pruebas de tañido. Y para el frote en seco los tratamientos 3, 4, 5, 7 y 8 obtuvieron una calificación de excelente. Estos resultados son respaldados por (MENDOZA, 2018) quien obtuvo el calificativo de

muy bueno en las pruebas de frote en seco no hubo traspaso del color. En tal sentido, bajo lo obtenido se confirma que la aplicación de las pruebas de resistencia nos permite comprobar la calidad de la fibra teñida.

5.3.2 Mordiente

Como segundo objetivo específico se consideró evaluar el mejor mordiente entre alumbre (Sulfato aluminico potásico) y sulfato ferroso (Sulfato de hierro II) que brinde mejor resistencia a la luz solar, lavado y frote en seco. En la presente investigación se encontró que existe diferencia significativa entre los ocho tratamientos, en los resultados alcanzados se refleja que el mejor mordiente para fijar el colorante en la fibra de alpaca es el alumbre, puesto que para las tres pruebas de resistencia obtuvo la calificación más alta, modifico el color amarillo haciéndolo más claro. Estos resultados son respaldados por (ARROYO y ÁLVAREZ, 2017) quienes refieren que el alumbre es el mordiente que permite obtener una excelente resistencia. Así mismo (QUISPE, 2016) respalda el uso del alumbre como mordiente para su uso en el teñido en fibras textiles, pues los colores son de mejor calidad y mayor resistencia. Al contrario del uso con sulfato ferroso el cual modifico el color amarillo haciéndolo más oscuro, y al aplicar las pruebas de resistencia no se obtuvieron los resultados deseados ya que la calificación estuvo por debajo del alumbre, de igual forma estos resultados son similares a los obtenidos por (SÁNCHEZ, 2011) quien encontró que al aplicar el sulfato ferroso en el teñido de fibras naturales no brinda buenos resultados en las pruebas de resistencia. En tal sentido bajo lo mencionado anteriormente podemos confirmar que es importante el tipo de mordiente que se va a usar para el teñido ya que nos va a permitir obtener teñidos de buena calidad.

5.3.3 Tiempo y temperatura

Como tercer objetivo específico se estimó encontrar el mejor tiempo y temperatura para el proceso de teñido en la fibra de alpaca (*Lama pacos*) con el colorante de tankar (*Berberis boliviana L.*), en la presente investigación se encontró que existe diferencia significativa entre los ocho tratamientos, en los resultados encontrados se consideró como el mejor tiempo es el de 60 minutos ya que los tratamientos T3 y T4 mordentado con alumbre, T7 y T8 mordentado con sulfato ferroso y la temperatura optima es de 86 °C (ebullición) puesto que los tratamientos T4 y T8 tienen la mayor calificación para ambos mordientes respectivamente. Estos resultados son corroborados por (NINA, 2018) quien en su estudio de investigación

obtuvo las calificaciones más altas a un tiempo de 60 minutos y una temperatura de 84°C (ebullición) ya que presenta buena adherencia del color. Así mismo los resultados de la presente investigación coinciden con lo obtenido por (SOTO, 2017) en su investigación aplicó un tiempo de 60 minutos y a una temperatura de ebullición para el proceso de teñido de la lana de ovino con colorante de ayrampo, el cual le permitió obtener un producto de óptima calidad y buena solidez a la luz. Por tanto los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que el tiempo y la temperatura tienen influencia en el proceso de teñido.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se logró la evaluación de la fibra de alpaca (*Lama pacos*) con colorante del tallo de tankar (*Berberis boliviana L.*) aplicando las pruebas de resistencia del color, tales como a la luz solar donde obtuvo una calificación de excelente (5) la cual indica que es de buena calidad para exteriores, seguidamente la prueba al lavado obtuvo una calificación de excelente (5), no hay de decoloración o pérdida de color en el agua y por ultimo la prueba al frote en seco obtuvo una calificación de excelente (5), no hay transferencia de color a la muestra blanca. donde presentan una excelente resistencia del colorante en la fibra de alpaca baby.
- El alumbre (Sulfato Alumínico Potásico) es el mejor mordiente para el teñido la fibra de alpaca con colorante del tallo de tankar, pues en los tratamientos que se aplico se obtuvieron las mejores calificaciones, es por ello que el tipo de mordiente es importante para la adherencia del colorante en la fibra de alpaca.
- Se encontró el mejor tiempo y temperatura para el proceso de teñido de la fibra de alpaca con el colorante del tallo de tankar, el tiempo adecuado es de 60 minutos y la temperatura de 86°C (ebullición), el cuarto tratamiento obtuvo mayor puntaje, el cual nos indica la importancia de la adecuada aplicación de los parámetros en el proceso de teñido.

6.2 Recomendaciones

- Optimizar el proceso de teñido mediante la manipulación de factores como el pH, otro tipo de mordiente, que permita mejorar la solidez y obtener colores firmes, homogéneos y resistentes.
- Investigar los colorantes naturales que se encuentran en las zonas rurales del Perú, para su aplicación en la fibra de alpaca.
- Utilizar el colorante de tankar a distintas concentraciones para el teñido de otras fibras de naturaleza proteicas o vegetal sin el uso de mordientes, ya que contiene taninos.
- Realizar estudios del colorante de tankar para su aplicación en la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA SOLIS, Dianira. 2013. Estudio fitoquímico cualitativo, actividad anticonvulsivante del extracto acuoso de las partes aéreas de *Berberis boliviana* lechler (Ch'eqche) en un modelo experimental inducido químicamente por pentilentetrazol en animales de experimentación. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de Enero de 2020.] <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-880604>.
- ADOT, Oscar. 2010. *Introducción a la industrialización de la lana y fibras especiales*. Buenos Aires : Michile, 2010.
- ARROYO FIGUEROA, Gabriela y ALVAREZ CANELO, Jesus Guadalupe. 2017. *Teñido de fibras naturales con colorantes naturales*. Guanajuato : Ingenierías, 2017.
- ASPLAND, John Richard. 1997. *Instrumental Sorting, Past, Present and Future, in Color Technology in the Textile Industry*. USA : G. Celikiz, 1997.
- BUSTINZA CHOQUE, A. Victor. 2001. *La alpaca*. Puno : printed in Perú, 2001.
- CAMPOS, Jenniffer y QUINTANILLA, Hari Abraham. 2017. *Uso de dos colorantes naturales *Rubus ulmifolius* (Mora) Y *Beta vulgaris* (Remolacha) en el teñido de la tela ciento por ciento algodón*. Guatemala : Universidad San Carlos de Guatemala, 2017.
- CANO, Telma. 2007. *Estudio tecnológico sobre los tintes naturales extraídos de la corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, para teñir fibras naturales que cumplan con las especificaciones de calidad exigidas por el mercado*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.
- CARVALLO CERONI, Marianela. 2001. *Colorante naturales derivados de la cochinilla (*Dactilopius coccus*) y su comercio mundial*. Sabtiago de Chile : Universidad de Chile, 2001.
- CEGARRA, José. 1981. *Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles*. Barcelona : Universidad Politécnica, 1981.
- DEL CARPIO, Carla, GIUSTI, Mónica y SERRANO, Carlos. 2006. *Estudio del colorante de los frutos de *Berberis Boliviana L.* (Cheqche)*. Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2006. pág. 118.
- DUEÑAS, Margarita. 1992. *Botánica Fanerogámica*. Madrid : s.n., 1992.
- ETCHAREN, Patricia. 1986. *Policromía en los tintes naturales*. México : DEP_ENAP_UMAN, 1986.
- HAVTEEN, Beens. 2002. *The biochemistry and medical significance of the flavonoids*. 2002. pág. 202.
- HOLLEN, Norma. 2002. *Introduccion a los textiles*. 2002.



- HOYOS MALLQUI, Marina. 2016. *Evaluación de frutos de Mio – Mio (Coriarpia ruscifolia) a distintos mordientes y parámetros de teñido en fibra de alpaca (Lama pacos)*. Abancay : UNAMBA- Institucional, 2016.
- ILLA CCARITA, Clodo Paulino y TAIRO HUAITA, Gloria. 2015. *Teñido de fibra de alpaca suri (Vicugna pacos) con carmín de cochinilla (Dactylopius coccus)*. Cusco : RI-UNSAAC, 2015.
- LOCK, Olga. 1997. *Colorantes naturales*. Lima : Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 1997. págs. 5:75-80.
- MARRONE, Luciana. 2008. *Tintes naturales al alcance de nuestras manos*. Buenos Aires : Parábola, 2008.
- MENDOZA HUAMANI, Celia Marta. 2018. *Evaluación del tipo y cantidad de mordiente para observar la intensidad del color y la solidez del tinte en la fibras de alpaca (Vicugna pacos) con Aliso (Alnus acuminata HBK)*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.
- NINA AGUILAR, Yeselia. 2018. , y *caracterización del colorante natural de la inflorescencia de Colli (Buddleja coriacea) en el teñido de la fibra de alpaca*. Puno : UNAP-Institucional, 2018.
- OBANDO, Ruth. 2013. *Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales*. Ibarra : Universidad técnica del norte, 2013.
- OJEDA, Galo Antonio. 2012. *Teñido de fibra de abacá (textiles musa) utilizando colorante extraído de la cochinilla (Dactylopius coccus)*. Quito : Universidad de Loja, 2012.
- ORDOÑEZ CALVA, M., ORDOÑEZ VIVANCO, Y. y ROMERO BENAVIDES, J. 2007. *Tinción de fibras de lana utilizando colorante extraído de maíz morado (Zea mays l.)*. s.l. : Planta de productos naturales, 2007.
- QUISPE CUBAS, Roxana Jenifer. 2016. *Uso de extracto de Lantana camara en el teñido de lana y algodón*. Lima : UNMSM, 2016.
- RAIMONDI, M. 1990. *Las fibras textiles y su tintura*. 1990.
- ROQUERO, A. y CÓRDOVA, C. 1881. *Manual de tintes de origen natural para lana*. Barcelona : Ediciones de Serbal, 1881.
- ROSAS, ANIA IBETH. 2012. *Estudio de las principales características de la fibra*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- ROSS, J. y KASUM, C. 2002. *Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety*. 2002. págs. 22:19-34.
- SÁNCHEZ PUERTAS, María Gabriela. 2011. *Comprobación de la actividad tintorera en fibras orgánicas y sintéticas de la Carraquilla (Berberis halliii)*. Riobamba : RI-ESPCH, 2011.



- SÁNCHEZ, Cristian. 2004. *Crianza y producción de alpacas*. Lima : Rapalma, 2004.
- SOTO BENITO, Sonia. 2017. *Evaluación 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)*. Huancavelica : RI-UNH, 2017.
- TEXTEX. 2010. TESTEX. [En línea] 2010. [Citado el: 24 de Enero de 2020.] <https://www.testertextile.com/es/solidez-del-color-tinte-de-introducci%C3%B3n-solidez-del-color-lavado/>.
- VALENCIA ALBITRES, Gerson Alberto. 2013. *Aislamiento de pigmentos de huito (Genipa Americana) y aplicación en teñido de fibras proteicas (Alpaca)*. Lima : RI-UNI, 2013.
- VELARDE, R. 1993. *Comercialización de productos derivados de los camélidos sudamericanos: Informe del Simposio sobre camélidos sudamericanos Grafica Gantt. FAO/RLA*. Santiago de Chile : s.n., 1993.
- VELASCO RODRÍGUEZ, Griselle. 1995. *Origen del textil en Mesoamérica*. México : Instituto politécnico nacional, 1995.
- VIGUERAS GUZMÁN, Ana Lilia y PORTILLO MARTÍNEZ, Liberato. 2016. Grana cochinilla del nopal y otros pigmentos en el teñido de fibras naturales. *edición especial del Boletín Nakari*. México : Printed in Mexico, 2016. Vol. I.
- VILLANUEVA CHÁVEZ, Alicia. 2012. *Conocimiento sobre la fibra de alpaca y los teñidos naturales*. Lima : Servicios Gráficos JMD, 2012. 01711.



ANEXOS

Obtención del colorante del tallo de tankar



Figura 15 — Tallo de tankar



Figura 16 — Reducción del tallo



Figura 17 — Maceración



Figura 18 — Decocción



Figura 19 — Filtrado



Figura 20 — Colorante de tankar

Acondicionamiento de la fibra textil



Figura 21 — Fibra textil



Figura 22 — Pesado de la fibra textil

Pre mordentado de la fibra textil

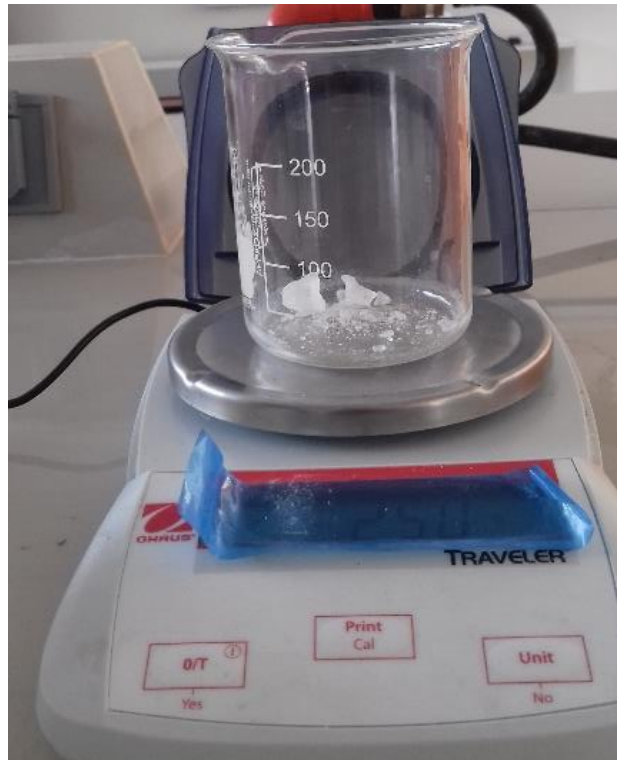


Figura 23 — Pesado de mordiente



Figura 24 — Mordentado de la fibra textil

Teñido y control de parámetros de investigación



Figura 25 — Teñido de la fibra textil



Figura 26 — Enjuagar



Figura 27 — Secado



Figura 28 — Organizar para las pruebas

Pruebas de solidez



Figura 29 — Prueba de la resistencia a la luz solar



Figura 30 — Prueba de la resistencia al lavado



Figura 31 — Prueba de la resistencia al frote en seco



Figura 32 — Prueba de la resistencia al frote en seco



Figura 33 — Evaluación de la fibra textil



Figura 34 — Evaluación de la fibra textil

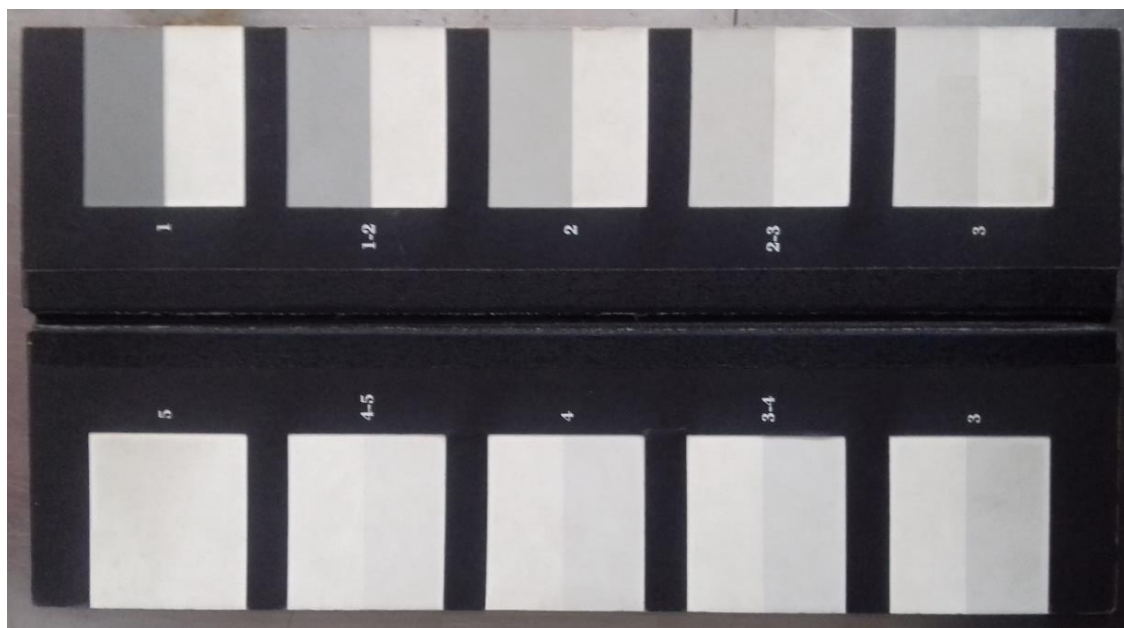


Figura 35 — Escala grises para la evaluación de transferencia de color

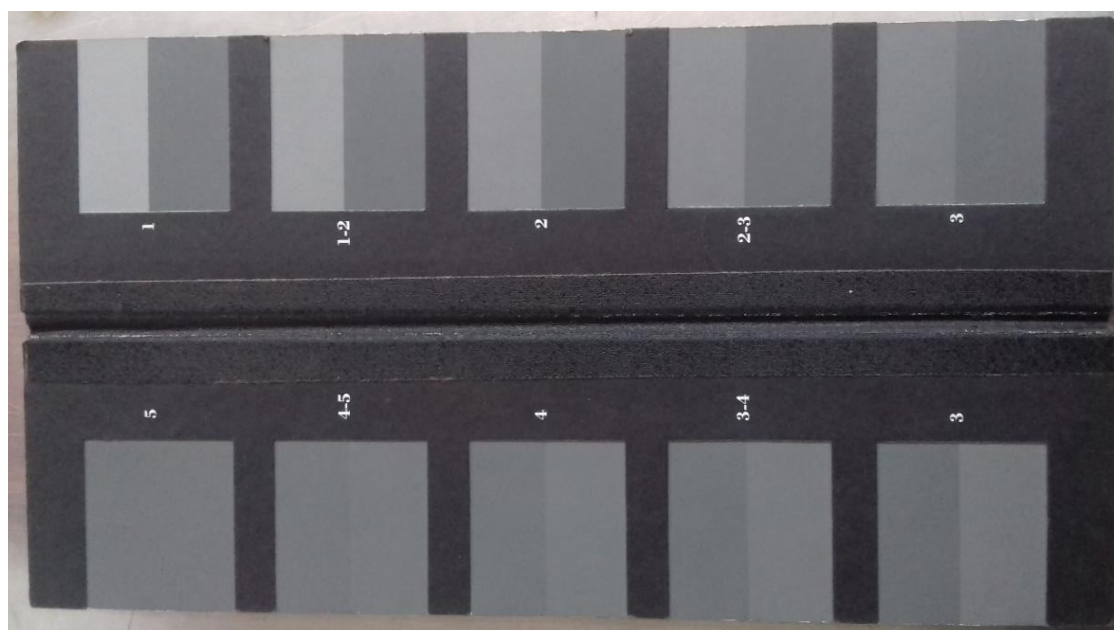


Figura 36 — Escala grises para la evaluación de cambio de color