



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y
DE CONFECCIONES



“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL DE CHILCA (*Baccharis latifolia*) EN LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL HILADO DE LANA, PUNO - 2023”

Bach. Erika Milagros Callo Coaquira

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor: Dr. Julio César Huanca Marín

Co-Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita



JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y
DE CONFECCIONES



“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL DE CHILCA (*Baccharis latifolia*) EN LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL HILADO DE LANA, PUNO - 2023”

Bach. Erika Milagros Callo Coaquira

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor: Dr. Julio César Huanca Marín

Co-Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita



JULIACA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE

CONFECCIONES



“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL DE CHILCA (*Baccharis latifolia*) EN LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL HILADO DE LANA, PUNO - 2023”

Bach. Erika Milagros Callo Coaquira

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor: Dr. Julio César Huanca Marín

Co-Asesor: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Callo, E. (2025). *Efectos del colorante natural de Chilca (Baccharis latifolia) en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca.

AUTOR: Erika Milagros Callo Coaquira

TÍTULO: Efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno – 2023

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (132pp.)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones – Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 04-000027-04/C17

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Dr. Julio César Huanca Marín

CO-ASESOR: Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

PALABRAS CLAVE:

Colorante natural, mordiente, Chilca, lana, solidez del color, temperatura, tiempo, teñido.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES

“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL DE CHILCA (*Baccharis latifolia*) EN LA
SOLIDEZ DEL COLOR DEL HILADO DE LANA, PUNO - 2023”
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Presentada por:

Bach. Erika Milagros Callo Coaquira

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M. Sc. Luz Delia Quina Quina



PRESIDENTE DE JURADO

Mtro. Juan Américo Farfán Flores



JURADO (Secretario)

2° MIEMBRO

Dr. Cesar Julio Larico Mamani

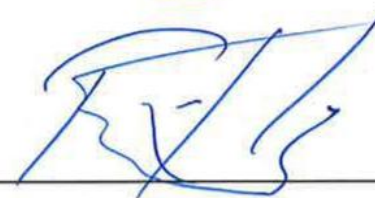


JURADO (Vocal)

3° MIEMBRO

Dr. Julio Cesar Huanca Marín

ASESOR DE TESIS



Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita

CO – ASESOR DE TESIS

TESIS_CALLO COAQUIRA ERIKA MILAGROS.pdf

 Universidad Nacional de Juliaca



Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:546190124

132 páginas

Fecha de entrega

14 ene 2026, 12:02 p.m. GMT-5

31.368 palabras

Fecha de descarga

14 ene 2026, 12:09 p.m. GMT-5

169.598 caracteres

Nombre del archivo

TESIS_CALLO COAQUIRA ERIKA MILAGROS.pdf

Tamaño del archivo

4.5 MB

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
45 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales
Unidad de Investigación

DEDICATORIA

En cada letra de estas páginas resuena el eco de quienes iluminaron mis pasos, sostuvieron mi espíritu y me inspiraron; en lo más profundo de mi corazón sé que este logro también les pertenece.

A Dios

Eterno guardián de mi vida, por caminar a mi lado siendo luz, refugio en mis sombras y esperanza en cada tramo de este camino.

A mis amados padres

Edgar Hugo Callo Quispe y Primitiva Erica Coaquira Huanca, por ser la inspiración que impulso mis pasos y fuerza que sostuvo mis anhelos. Por convertirse en el cimiento firme de mi vida, el mejor ejemplo de perseverancia y fuente de principios que dan dirección a mi vida. Gracias por la fe inquebrantable que siempre depositaron en mí.

A mis pequeños tesoros de luz

A Khayúa, compañera leal que con su presencia silenciosa y su mirada reconfortante llena de calma mis días. A Zimba y Khael, huellas eternas en mi memoria cuyos pasos permanecen vivos en mi corazón. Gracias por ser consuelo, paz y alegría.

A quien creyó en mí

Lenin Mamani, por acompañar este proceso con paciencia, comprensión y una fe constante. Gracias por sostenerme incluso en silencio.

A mi alma

A ti, que hallaste luz en el medio del desánimo y fuerza en los momentos de duda, transformando cada esfuerzo y cada paso en un reflejo de tu resiliencia y de la luz que iluminó tu camino hasta este logro.

Erika Milagros Callo Coaquira.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a Dios, por su guía y protección, que me han permitido alcanzar este significativo logro de mi vida profesional.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Juliaca, principalmente la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones, así como a sus autoridades y docentes por brindarme un espacio de crecimiento académico y por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi trayectoria académica.

Al CITE Textil Camélidos – Cusco, por la disponibilidad y acceso a sus laboratorios para la ejecución experimental de esta investigación.

A mi asesor de tesis, Dr. Julio César Huanca Marín, por brindarme su valioso tiempo, orientación y respaldo constante durante el proceso de esta investigación y la culminación del informe.

A mi co-asesor de tesis, Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita, por su valiosa guía, seguimiento académico y aportes realizados a lo largo de las distintas etapas de la tesis.

A los miembros del jurado, por su valioso tiempo, por las observaciones y sugerencias enriquecedoras que permitió perfeccionar cada aspecto de este trabajo de investigación.

Mi gratitud más sincera a quienes compartieron su experiencia; cada consejo y palabra ha dejado huella en este logro. A mis padres, hermanos y seres queridos, por ser mi inspiración; en especial a mi prima Yoshy, por sus palabras de aliento y recomendaciones en la redacción de la tesis, así como a mis amigas Erika y Yoselin, por su compañía y afecto.

ÍNDICE GENERAL

FICHA CATALOGRÁFICA.....	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes locales.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. Colorantes	10

2.2.2.	Colorante natural	13
2.2.3.	Compuestos activos de los vegetales	13
2.2.4.	Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)	14
2.2.5.	Lana	16
2.2.6.	Extracción de colorante natural	17
2.2.7.	Teñido textil.....	17
2.2.8.	Parámetros que intervienen en el proceso de teñido.....	18
2.2.9.	Mordiente.....	18
2.2.10.	Solidez del color	19
2.2.11.	Escala de grises para transferencia de color (NTP 231.004:2014)	19
2.2.12.	Escala de grises para cambio de color (NTP 231.005:2014).....	20

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	21
3.2.	ESTRUCTURA METODOLÓGICA	22
3.2.1.	Tipo de investigación.....	22
3.2.2.	Nivel de investigación	22
3.2.3.	Enfoque de investigación.....	22
3.2.4.	Diseño de investigación.....	22
3.2.5.	Método de investigación.....	23
3.3.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	23
3.3.1.	Hipótesis general	23
3.3.2.	Hipótesis específicas.....	23
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA	23
3.4.1.	Población	23
3.4.2.	Muestra	24
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.5.1.	Técnicas	25
3.5.2.	Instrumentos	25
3.6.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	25
3.6.1.	Materiales	25
3.6.2.	Equipos	26
3.6.3.	Reactivos e insumos	26
3.7.	MÉTODOS EXPERIMENTALES	26

3.7.1.	Métodos de extracción y aplicación del colorante.....	26
3.7.2.	Métodos de evaluación de solidez del color	27
3.8.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.8.1.	Procedimiento de acondicionamiento de la Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)	28
3.8.2.	Procedimiento de extracción del colorante de Chilca en líquido	29
3.8.3.	Procedimiento de acondicionamiento del hilado de lana para teñido.....	33
3.8.4.	Procedimiento para teñido del hilado de lana con colorante natural de Chilca.....	35
3.8.5.	Procedimiento del ensayo de solidez del color al lavado	41
3.8.6.	Procedimiento del ensayo de solidez del color al frote	44
3.8.7.	Procedimiento del ensayo de solidez del color a la luz	45
3.9.	PROCESOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
3.9.1.	Diseño experimental	47
3.9.2.	Diseño factorial.....	47
3.9.3.	Variables del proceso.....	49
3.9.4.	Análisis estadístico de datos	50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS	51
4.1.1.	Resultados de solidez del color.....	51
4.1.2.	Resultados de solidez al lavado	58
4.1.3.	Resultados de solidez al frote	66
4.1.4.	Resultados de solidez a la luz	74
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES	85
5.2.	RECOMENDACIONES	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de colorantes según su estructura química	11
Tabla 2: Tamaño de la muestra.....	24
Tabla 3: Apreciación de los valores de la escala de grises	27
Tabla 4: Balance de materiales simplificado de extracción del colorante al 15%	32
Tabla 5: Balance de materiales simplificado de extracción del colorante al 30%	32
Tabla 6: Longitud y peso de muestras utilizadas para el cálculo de titulación.....	34
Tabla 7: Formulación de teñido para cada tratamiento.....	36
Tabla 8: Caracterización de código del color teñido con Chilca	38
Tabla 9: Condiciones de ensayo de solidez al lavado.....	41
Tabla 10: Diseño factorial 2^4	48
Tabla 11: Combinación de tratamientos del teñido con Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)	49
Tabla 12: Variables de entrada	50
Tabla 13: Variables de salida.....	50
Tabla 14: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez del color	51
Tabla 15: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez del color	52
Tabla 16: Resultado de contraste de hipótesis general	53
Tabla 17: Resultados de solidez del color (lavado, frote y luz).....	54
Tabla 18: Análisis de varianza para solidez del color	55
Tabla 19: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez al lavado.....	59
Tabla 20: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez al lavado.....	59
Tabla 21: Resultado de contraste de hipótesis específica 1	60
Tabla 22: Resultados de solidez del color al lavado.....	61
Tabla 23: Análisis de varianza para la solidez al lavado	62
Tabla 24: Resultados de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez al lavado	65
Tabla 25: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez al frote.....	66
Tabla 26: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez al frote.....	67
Tabla 27: Resultado de contraste de hipótesis específica 2	68
Tabla 28: Resultados de solidez del color al frote	69
Tabla 29: Análisis de varianza para la solidez al frote	70
Tabla 30: Resultado de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez al frote	73
Tabla 31: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez a la luz.....	74
Tabla 32: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez a la luz.....	75

Tabla 33: Resultado de contraste de hipótesis específica 3	76
Tabla 34: Resultados de solidez del color a la luz.....	76
Tabla 35: Análisis de varianza para la solidez a la luz	77
Tabla 36. Resultado de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez a la luz	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotografía de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)	15
Figura 2: Escala de grises para transferencia de color.....	20
Figura 3: Escala de grises para cambio de color	20
Figura 4: Lugar de ejecución	21
Figura 5: Diagrama de flujo de acondicionamiento de la Chilca	28
Figura 6: Secuencia fotográfica de acondicionamiento de la Chilca.....	29
Figura 7: Diagrama de flujo de extracción del colorante de la Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)..	30
Figura 8: Curva de extracción del colorante de Chilca	31
Figura 9: Secuencia fotográfica de la extracción del colorante de Chilca.....	33
Figura 10: Diagrama de flujo de acondicionamiento del hilado de lana	33
Figura 11: Curva de lavado del hilado de lana	35
Figura 12: Secuencia fotográfica de lavado	35
Figura 13: Diagrama de flujo del proceso de teñido	37
Figura 14: Curva de teñido a temperatura 85°C y tiempo 30 min.....	39
Figura 15: Curva de teñido a temperatura 85°C y tiempo 60 min.....	39
Figura 16: Curva de teñido a temperatura 98°C y tiempo 30 min.....	40
Figura 17: Curva de teñido a temperatura 98°C y tiempo 60 min.....	40
Figura 18: Secuencia fotográfica del proceso de teñido.....	41
Figura 19: Diagrama de flujo del ensayo de solidez al lavado.....	42
Figura 20: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez al lavado	43
Figura 21: Diagrama de flujo del ensayo de solidez al frote	44
Figura 22: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez al frote	45
Figura 23: Diagrama de flujo del ensayo de solidez a la luz.....	46
Figura 24: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez a la luz	47
Figura 25: Diseño estadístico de experimentos de las variables entrada y salida	49
Figura 26: Gráfica de probabilidad (prueba Ryan Joiner) para solidez del color.....	52
Figura 27: Gráfica de efectos principales para solidez del color.....	56
Figura 28: Gráfica de interacciones para la solidez del color.....	56
Figura 29: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez del color.....	57
Figura 30: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la solidez del color	58
Figura 31: Gráfica de efectos principales para la solidez al lavado	63
Figura 32: Gráfica de interacciones para la solidez al lavado	63

Figura 33: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez al lavado	64
Figura 34: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para solidez al lavado	65
Figura 35: Gráfica de efectos principales para la solidez al frote	71
Figura 36: Gráfica de interacciones para solidez al frote	71
Figura 37: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez al frote.....	72
Figura 38: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de solidez al frote.....	73
Figura 39: Gráfica de efectos principales para la solidez a la luz	78
Figura 40: Gráfica de interacciones para la solidez a la luz	79
Figura 41: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez a la luz	80
Figura 42: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para solidez a la luz	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)	97
ANEXO 2: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)	98
ANEXO 3: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)	99
ANEXO 4: Conformidad de parte experimental.....	100
ANEXO 5: Fotografías de acondicionamiento de la Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>).....	101
ANEXO 6: Fotografías del procedimiento de extracción del colorante de Chilca	102
ANEXO 7: Fotografías del procedimiento de acondicionamiento del hilado de lana	103
ANEXO 8: Fotografías del procedimiento de teñido.....	104
ANEXO 9: Fotografías del ensayo de solidez del color al lavado.....	106
ANEXO 10: Fotografías del ensayo de solidez del color al frote.....	107
ANEXO 11: Fotografías del ensayo de solidez del color a la luz.....	108
ANEXO 12: Fotografías de las máquinas y equipos usados en la investigación.....	109
ANEXO 13: Fotografías de materiales usados para la investigación	111
ANEXO 14: Fotografías de materia prima y sustratos textiles usados en la investigación ..	112
ANEXO 15: Fotografías de reactivos y productos auxiliares usados para la investigación .	113
ANEXO 16: Fotografías en las instalaciones del CITE Textil Camélidos - Cusco.....	114
ANEXO 17: Matriz de tesis	115

RESUMEN

La presente investigación se orientó a evaluar los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana. La metodología se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo y un diseño experimental factorial, correspondiente a un esquema 2^4 , con nivel explicativo. La población de estudio correspondió a hilados de lana (raza Corriedale), se trabajó con 4 factores, considerando 2 niveles por factor, lo que generó 16 tratamientos con 3 réplicas, obteniéndose un total de 48 muestras por cada ensayo de solidez del color. Además, la extracción del colorante se realizó mediante método decocción (sólido - líquido), en el proceso de teñido se aplicó el mordiente Sulfato de Aluminio y Potasio (Alumbre). Los factores manipulados fueron la relación planta/sustrato (15% y 30%), concentración de mordiente (1 g/L y 5 g/L), tiempo de teñido (30 y 60 min) y temperatura de teñido (85 °C y 98 °C). Finalmente, se realizó ensayos para evaluar la solidez del color al lavado, al frote y a la luz. A través de los resultados obtenidos según la escala de grises de la NTP se realizó el análisis estadístico, con un nivel de confianza del 95%, aplicándose las pruebas de Ryan-Joiner y Levene para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, respectivamente, ANOVA para la constatación de hipótesis. Los hallazgos permitieron aceptar la hipótesis alterna, concluyendo que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos sobre la solidez del color en hilado de lana, constituyéndose como una alternativa viable y sostenible para el teñido de fibras textiles.

Palabras clave:

Colorante natural, Chilca, lana, mordiente, solidez del color, temperatura, tiempo, teñido.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effects of the natural dye Chilca (*Baccharis latifolia*) on the colorfastness of wool yarn. The methodology employed a quantitative approach and a factorial experimental design, corresponding to a 2^4 scheme, with an explanatory level. The study population consisted of wool yarns (Corriedale breed). Four factors were considered, with two levels per factor, resulting in 16 treatments with three replicates each, yielding a total of 48 samples for each colorfastness test. Furthermore, the dye was extracted using a decoction method (solid-liquid), and the mordant Potassium Aluminum Sulfate (Alum) was applied during the dyeing process. The manipulated factors were the plant-to-substrate ratio (15% and 30%), mordant concentration (1 g/L and 5 g/L), dyeing time (30 and 60 min), and dyeing temperature (85 °C and 98 °C). Finally, tests were conducted to evaluate colorfastness to washing, rubbing, and light. Statistical analysis was performed using the results obtained according to the NTP gray scale, with a 95% confidence level. The Ryan-Joiner and Levene tests were applied to verify the assumptions of normality and homogeneity of variances, respectively, and ANOVA was used to test the hypothesis. The findings allowed the acceptance of the alternative hypothesis, concluding that the natural dye from Chilca (*Baccharis latifolia*) has significant effects on colorfastness in wool yarn, making it a viable and sustainable alternative for dyeing textile fibers.

Keywords:

Natural dye, Chilca, wool, mordant, color fastness, temperature, time, dyeing.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria textil desafía importantes retos debido al impacto de la contaminación ambiental. Por ello, se busca adoptar sistemáticas más sostenibles y respetuosas con el planeta (Arteaga, Giraldo, & Sanchez, 2023). El uso de colorantes sintéticos ha demostrado tener consecuencias negativas para la salud humana y el entorno debido a su toxicidad y baja biodegradabilidad (Bruno, Fávoro, & Pamphile, 2019). En este contexto, el uso de colorantes derivados de especies vegetales con potencial tintóreo, constituyen una alternativa sostenible y ecológica para la industria textil.

La Chilca (*Baccharis latifolia*), una especie vegetal abundante en diversas regiones del Perú como la región Puno, ha sido utilizada tradicionalmente para teñir fibras textiles (Loja, Alvarado, Salazar, Ramos, & Jurado, 2017). Sin embargo, su potencial como colorante natural en la industria textil moderna aún no ha sido completamente explorado de manera técnica y sistemática la calidad de los colores obtenidos, especialmente en lo que respecta a su solidez del color al lavado, al frote y a la luz (Alban, Espinoza, Rojas, & Díaz, 2018). En este sentido, la investigación se justifica porque resulta conveniente aprovechar este recurso vegetal en los procesos de teñido, buscando tanto el fortalecimiento de la calidad de productos textiles como el aporte a la reducción del impacto ambiental asociado al uso de colorantes sintéticos. Desde una perspectiva social, los resultados permitirán beneficiar directamente a los artesanos y productores textiles de Puno, quienes podrán elevar estándares de calidad y la competitividad de sus productos en el entorno comercial de manera que puedan incrementar sus ganancias, mientras que en el aspecto teórico aportará nuevos conocimientos en torno al comportamiento de la Chilca sobre la lana.

Por consiguiente, el presente estudio tiene como alcance evaluar los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color al lavado, al frote y a la luz del hilado de lana, aplicando métodos y escalas estandarizadas. El trabajo se delimita al análisis de la solidez del color en condiciones controladas, usando el colorante natural de Chilca en su forma líquida, centrándose en teñidos de hilado de lana y usando un único mordiente.

La estructura del presente estudio está organizada por capítulos, en los que se desarrolla de manera detallada cada uno de los componentes fundamentales del estudio.

Capítulo I: Define el planteamiento del problema, presenta la formulación de la investigación, así como los objetivos, justificación y los alcances y limitaciones que delimitan el alcance del estudio.

Capítulo II: Aborda la revisión de literatura, describiendo antecedentes de ámbito internacional, nacional y local, provenientes de tesis y artículos científicos afines a la temática de estudio. A su vez, las bases teóricas relacionadas con el uso de colorantes naturales, las propiedades de la Chilca (*Baccharis latifolia*) y lana, los parámetros de teñido, solidez del color.

Capítulo III: Describe los materiales y métodos, detallando los aspectos metodológicos de investigación, además la hipótesis planteada, la población y muestra, técnica e instrumentos de recolección de datos, los equipos, materiales y reactivos utilizados, y el procedimiento experimental llevado en el estudio.

Capítulo IV: Expone los resultados obtenidos de la evaluación del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana frente al lavado, frote y luz, incluyendo su respectivo análisis estadístico, interpretación y discusión de hallazgos.

Capítulo V: Presenta las conclusiones, alineadas con los objetivos planteados, así como las recomendaciones que se derivan de los resultados obtenidos, sugiriendo también aspectos no abordados que podrían explorarse en futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A partir de la prehistoria, hasta la mitad del siglo XIX, las primeras fibras teñidas fueron hechos con colorantes naturales. Pero la importancia de uso de estos fue disminuyendo a gran escala a raíz del hallazgo de los colorantes sintéticos en 1856 (Lock, 1997). Sin embargo, con el pasar de los años se fue descubriendo que los colorantes sintéticos presentan alta toxicidad que provocan afecciones en el ser humano y al mismo tiempo afecta al medio ambiente (Cano et al., 2007). Por otro lado, la industria textil se ha convertido en motivo de preocupación dado que contribuye aproximadamente el 20% de la contaminación industrial de los recursos hídricos, a nivel mundial (Lobo, 2022); en especial el área de tintorería siendo esta etapa de la producción textil que genera efluentes residuales que se descargan sin tratar (García, 2021).

En el continente latinoamericano son pocos los países que realizan investigaciones orientadas a revitalizar la técnica de teñido natural, el cual es destacada como actividad no contaminante debido al uso de colorantes naturales que por su origen son biodegradables (Palacios, Guillén, & Siddons, 2021a); siendo los países más destacados con mayor número de investigaciones México, Ecuador y Colombia. Así mismo, en nuestro país la biodiversidad no está siendo estudiada a profundidad; a pesar de que se dispone de unos de los centros más importantes de domesticación de plantas en el cual se desarrollan técnicas para teñir con colorantes naturales (Lucas & Alarcon, 2020). En consecuencia, la disponibilidad de documentación acerca de investigaciones que emplean métodos científicos aplicados al teñido de fibras con colorante natural es muy escasa (Aguilar & Beltran, 2022); por lo que se registra una considerable demanda de colorantes sintéticos para los procesos de teñido textil.

Los colorantes naturales están siendo una revaloración significativa impulsado por la contaminación ambiental y la necesidad de optar por productos que presenten menor impacto sobre la salud humana (Arroyo et al., 2022). Es así que la ONU declara el derecho humano

universal que constituye al acceso de un ambiente limpio y saludable (Nations, 2019). No obstante, el Perú aporta algo más del 10 % al mercado internacional de colorantes naturales (Xicota, 2015), siendo la empresa Eco Tintes una de las más resaltantes ya que realiza teñidos naturales usando tradición e innovación sostenible, de manera que sus productos sean saludables y amigables con el medio ambiente (Xicota, 2016). Por otro lado, aún existen artesanos textiles que mantienen la práctica del teñido tradicional, proceso que les permite obtener colorantes naturales empleando plantas con propiedades tintóreas (De Vettori, Huarag, Carbajal, & Riveros, 2022).

La actividad ovina en el Perú constituye un componente esencial, no solo por su aporte económico, sino también por su impacto social y su contribución al equilibrio ecológico. En ese contexto, la crianza de ovinos en la región Puno adquiere especial importancia posicionándose como el primer productor de ovinos con el 26% de la población nacional (Saldarriaga, 2022). Sin embargo, el ciclo productivo de la lana, desde su obtención hasta su comercialización, no permanece en manos de los propios productores y artesanos de la región, lo que limita sus ingresos y genera bajos márgenes de ganancia (Molina, 2013). Además, la lana tiene gran afinidad con los colorantes naturales debido a que son flexibles, elásticos y absorbentes; lo que permite obtener variedad extensa de colores según al tipo de planta usada para la extracción del colorante natural y a la vez el tipo de mordiente aplicado (Stanciuc Stanciuc, 2020).

En la actualidad, la región Puno cuenta con pocas asociaciones de artesanos que se dedican al teñido de fibras, usando colorantes naturales extraídos de plantas tintóreas que existe en nuestra región. Pero, estos lo realizan usando técnicas ancestrales sin tomar en cuenta que para el uso óptimo de colorantes naturales se establece mediante pruebas de solidez y que los parámetros de teñido influyen bastante para obtener gran variedad de colores. Es así que, se dan en la necesidad de usar colorantes sintéticos como la anilina, con el cual obtienen colores más vivos (Cite textil camélidos Puno, 2019). Esto se debe al desconocimiento de metodologías científicas apropiadas para el teñido textil mediante el uso de colorantes naturales, fundamentales para normalizar el procedimiento y optimizar la solidez del color.

Por lo expuesto en párrafos anteriores surge la necesidad de investigar sobre los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema general

¿Qué efectos tiene el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023?
- ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023?
- ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023.
- Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023.
- Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación incentiva al uso de colorantes naturales para el teñido de fibras textiles, contribuyendo a la búsqueda de alternativas ecológicas y sostenibles frente a los colorantes sintéticos (Arroyo et al., 2022). La Chilca (*Baccharis latifolia*), planta nativa de la región andina, posee propiedades tintóreas con gran afinidad sobre fibras naturales como la lana (Cusihuaman, 2024). No obstante, la evidencia científica acerca de su comportamiento tintóreo sobre la lana es aún escasa, lo que genera un vacío de conocimiento que esta investigación busca llenar.

Teóricamente, esta investigación se justifica aportando significativamente al conocimiento científico y académico en el área de tintorería textil, ofreciendo información experimental sobre el comportamiento de la Chilca como colorante para teñido de lana. Puesto que, se utilizó tecnología, conceptos y procesos específicos para determinar los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana; fortaleciendo la literatura existente respecto al uso de colorantes naturales en el ámbito textil.

Por la parte práctica, se justifica con el concepto eco-amigable orientado a perfeccionar la calidad de los teñidos aprovechando la variedad de materias naturales con la que cuenta nuestra región, a la vez darle valor agregado a la lana. Por lo que se pretende demostrar y valorar la capacidad de aplicación del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) sobre el hilado de lana; identificando parámetros óptimos de teñido que presenten mejor solidez del color al lavado, frote y luz. Así mismo, promoviendo procesos altamente sostenibles que permitan ampliar las alternativas de participación en el mercado textil con enfoque ecológico.

Desde la perspectiva social, los resultados obtenidos en este estudio brindarán a los artesanos tintoreros criterios técnicos para emplear adecuadamente los parámetros de teñido en lana con Chilca (*Baccharis latifolia*), permitiéndoles mejorar y obtener gran solidez del color en sus teñidos con extensa gama de colores. Además, considerando que la región Puno posee la mayor población de ovinos a nivel nacional, equivalente a 2 millones 36 mil 687 (INEI, 2012), se promueve la valorización de la lana a través de procesos de teñido con colorantes naturales, esto en beneficio económico de productores, artesanos y microempresarios, contribuyendo al desarrollo social de la región.

En el aspecto técnico, la investigación se justifica porque permite aplicar metodologías normalizadas para evaluar el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del

color del hilado de lana frente al lavado, al frote y a la luz. Adicionalmente, determinar los parámetros óptimos de teñido que permitan obtener teñidos de lana con buena calidad. Esto mediante la aplicación de diseños experimentales factoriales 2^k teniendo $k = 4$ factores como la relación planta/sustrato, concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido, utilizando instrumentos y procedimientos estandarizados conforme a las Normas Técnicas Peruanas lo que garantiza la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados. De esta manera, se fortalece la capacidad técnica en la investigación de colorantes naturales para teñido de fibras textiles.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Alcances

Esta investigación se orientó a la evaluación de la solidez del color (al lavado, al frote y a la luz) en hilados de lana teñidos con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) mediante la aplicación de metodologías experimentalmente normalizadas conforme a las NTP. El proceso de teñido se ejecutó bajo el control de 4 parámetros de teñido como la relación planta/sustrato, concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido. La Chilca y el hilado de lana usada en esta investigación fue exclusivamente proveniente de la parcialidad de Markayoqa Lacasani, provincia de Moho, región Puno, promoviendo el uso de materia prima de la región e impulsando alternativas sostenibles para el ámbito textil.

1.5.2. Limitaciones

Las limitaciones del estudio estuvieron relacionadas con la disponibilidad de laboratorios con equipamiento adecuado para llevar a cabo procedimientos avanzados de extracción y análisis colorímetro, así como el tiempo habilitado para las actividades experimentales fue limitado, lo que impidió incorporar técnicas adicionales que hubieran permitido profundizar en el comportamiento tintóreo del colorante. En consecuencia, se limitó a evaluar el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) únicamente en su forma líquida, sin considerar otros métodos de extracción (como maceración, secado en polvo, etc.) que podrían influir en la intensidad y fijación del color. A su vez, en el proceso de teñido se empleó un solo tipo de mordiente, lo que restringe la posibilidad de realizar comparaciones entre otros tipos de mordiente.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Zhao, Yan, Xu, & Liu (2023), desarrollaron un estudio para analizar las propiedades tintóreas y las características del color en tejidos de lana teñidos con extracto de *Geranium caespitosum* L. Para ello, realizaron la extracción acuosa del tinte mediante reflujo a 100 °C por 1.5 horas, obtuvieron un extracto concentrado (11 g/L), y procedieron a teñir muestras de tejidos de lana mediante varios métodos (sin mordiente, pre-mordiente, meta-mordiente y post-mordiente) bajo distintas condiciones de temperatura (60 °C y 90 °C), utilizando RB: 1/50. Posteriormente midieron las características del color con espectrofotómetro y evaluaron la solidez al lavado, frote y luz según normas estándar. Los resultados revelaron que el extracto contenía compuestos fenólicos y flavonoides responsables del color amarillo; además, se determinó que el método más eficaz fue la meta-mordiente y que los tejidos teñidos presentaron una buena solidez al lavado, frote y luz. En conclusión, los autores indican que el tinte de *Geranium caespitosum* L. constituye una alternativa natural, ecológica y económicamente viable para teñir lana, con un buen desempeño tintóreo y una solidez de color adecuada para uso textil.

Palacios, Guillén, & Siddons (2021b), analizaron la estabilidad del color en tejidos de alpaca y lana utilizando pigmentos de origen animal y vegetal. En su metodología realizaron la extracción de colorantes de las plantas tintóreas como Garau, Chilca, Nogal, Killuyuyo, así como colorante de origen animal Cochinilla. Por otro lado, realizaron teñido en madejas de hilo, a una temperatura de 80 °C, tiempo de 30 min, con una R/B: 50/1, utilizando como mordientes sulfato de hierro II y alumbre. Según los resultados indicaron que los tejidos teñidos con Garau, Chilca, Nogal, Killuyuyo y Cochinilla, presenta una solidez de color al lavado neutro y al frote de 4-5, lo que se considera como “muy bueno”. Concluyendo que los biocolorantes presentan adecuada estabilidad, lo que respalda su aplicabilidad en textiles.

Andrade (2016), abordó el tinturado artesanal de hilo de lana de oveja utilizando el colorante natural *Baccharis Latifolia* (Chilca). Realizado con el objetivo de aplicar el colorante con fines de tinturación de hilo de ovino para la producción de accesorios femeninos. En la metodología, inicialmente se extrajo colorante de las hojas de Chilca, seguidamente realizó el teñido en donde uso como mordiente el ácido cítrico para colores claros (amarillo) en cantidades de 0,10 g/l y 0,5 g/l, a tiempos de 30 y 45 min, a temperaturas de 75 °C y 90°C; para colores oscuros (verde) uso como mordiente el sulfato de hierro 0,20 g/l y 2 g/l, a tiempos de 30 y 45 min, a temperaturas de 75 °C y 90°C. Finalmente, concluye que con la Chilca se puede lograr diversas tonalidades de color en las gamas verde y amarillo; referente a los ensayos de solidez al lavado a mano y domestico obtuvo un valor de 4.5 – 5 y así mismo en la prueba de solidez del color al frote obtuvo 5 con, lo que indica que el colorante natural de Chilca demuestra una solidez significativa y que es adecuado para la aplicación en fibras como la lana.

Paredes (2002), quien en su investigación extrajo y analizó colorante natural a partir de la *Baccharis Latifolia* (Chilca), para emplearlo en teñido de lana, utilizando como mordiente alumbre al 20% + cremor de tártaro al 6%, tiempos de 80 y 90 min, a una temperatura entre los 85 y 90 °C. Finalmente concluye que la Chilca es una planta que posee flavonol llamado quercetina que es la sustancia patrón del colorante que le otorga afinidad por la lana debido a su comportamiento ácido. En las pruebas de solidez del color, se observó que el colorante presenta muy buena solidez al lavado y exposición a luz. Sin embargo, su resistencia disminuye al someterlo a frote y planchado, y el punto de equilibrio del teñido es cuando se alcanza a 90°C. Por tal efecto se considera que este estudio tiene técnicas e instrumentos rescatables.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Morales & Perez (2022), llevaron a cabo una investigación cuyo objetivo fue determinar la propiedad tintórea del colorante extraído de *Polylepis* en el teñido de fibras de alpaca como alternativa al empleo de colorantes sintéticos. Para este fin, obtuvieron el extracto tintóreo, efectuaron el mordentado de las fibras utilizando limón y sal y aplicaron el teñido a una RB: 1:25, temperatura de 90 °C, tiempo de 60 min y un pH inicial de 5.5. Las fibras teñidas fueron sometidas a ensayos de solidez al lavado, al frote (seco y húmedo) y a la luz, evaluando la fijación mediante mediciones colorimétricas. Los resultados mostraron que el colorante de *Polylepis* evidenció buena adherencia ya que los ensayos de solidez registraron valores entre 4–5 para lavado, 3–4 en frote seco, 2–4 en frote húmedo y 4 en exposición a la luz, mientras que las coordenadas colorimétricas (L*, a*, b*, c*, h) confirmaron estabilidad tonal. En

conclusión, los autores afirmaron que los valores obtenidos son aceptables que permite denominar que *Polylepis* constituye una fuente eficaz de colorante natural para fibras animales.

Carrasco, Sucasaca, Sanchez, Morán, & Barriga (2021), realizaron un análisis exploratorio del teñido de fibra de alpaca empleando extracto acuoso de molle (*Schinus molle*), usando tanto molle fresco como seco. En su metodología, midieron el pH del extracto y el contenido de sólidos totales; además, efectuaron teñidos con diferentes concentraciones (21mL y 4mL de extracto fresco y seco, respectivamente) junto con diversos mordientes tanto ácidos orgánicos como sales orgánicas de metales (cobre, hierro, aluminio y potasio) y sulfato de amonio. Los resultados de tonos de salida tras el lavado y frote (seco y húmedo) mostraron calificaciones entre 4 y 5, lo que indica una fijación y estabilidad del color considerada “buena” y “muy buena” para todos los tratamientos evaluados. Finalmente, los autores concluyeron que el extracto de Molle posee afinidad tintórea adecuada para fibra de alpaca, que el uso de ácido cítrico como mordiente garantizó mejor fijación con menor número de enjuagues, y que tanto molle fresco como seco pueden ser utilizados eficazmente como colorante natural.

Fernández & Saavedra (2019), presentaron su investigación enfocada en obtener y caracterizar colorante natural de la Chilca Blanca (*Baccharis Salicifolia*) con fines de aplicación textil el uso textil. En su metodología se llevaron a cabo procesos de teñido en lana, utilizando como mordiente alumbre (3g), en un tiempo de 30 min. Según a sus resultados afirman que las hojas de Chilca contienen flavonoides totales expresados en quercetina, en cuanto capacidad de retención del color al ser sometido a lavado y exposición de la luz solar se determinó en la escala 4 (no se destiñe). Finalmente concluyen que el colorante obtenido demuestra que puede aplicarse satisfactoriamente en la lana, además el uso de alumbre como mordiente resulta ventajoso, porque el color se mantiene estable durante el teñido.

Gutierrez & Puelles (2012), investigaron sobre la etnobotánica y fitoquímica de plantas tintóreas en las comunidades de Rumira, Chaullacocha y Chupan. Según a su metodología mencionan que para la extracción de colorante natural usaron distintas plantas de las familias: *Baccharis latifolia*, *Baccharis genistelloides*, *Senecio rizhomatus* Rusby, *Fabaceae*, *Caesalpinia spinosa* y *Berberidaceae*, *Berberis carinata* Lechler y *Berberis humbertiana* J.F. Macbr. El teñido lo hicieron con tres mordientes la orina, la chicha y la kollpa, utilizando lana y fibra de alpaca como sustratos textiles, a un tiempo de teñido de 40 min. Seguidamente determinaron la intensidad cromática y nivel de pH, las muestras fueron sometidas a ensayos de solidez para verificar la calidad del colorante en lana y fibra de alpaca. Los autores

concluyen que la lana presenta un comportamiento favorable como sustrato textil y que la kollpa actúa como un mordiente eficaz, observándose que en condiciones de pH ácido a elevado se logran coloraciones más intensas y resistentes, con muy buena solidez a la luz y una solidez al lavado con detergente que varía de muy buena y escasa.

2.1.3. Antecedentes locales

Gutierrez & Puelles (2012), presentan la tesis de grado, la cual se centró determinar la cinética química de la extracción de colorante sólidos y líquidos de flor Chiri-Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*) aplicables en lana. En el desarrollo metodológico, los autores indican que las pruebas de teñido de lana de ovino se efectuaron bajo distintos niveles de pH, empleando tres tipos de mordiente hidróxido de sodio (0.15 mL, pH 2.65) para un medio ácido, cal (0.5 g, pH 7.07) para un entorno neutro y ácido cítrico (0.15 mL, pH 9.23) para condiciones básicas. La fase de fijación del color se llevó a cabo a 40 °C durante 15 min, mientras que la etapa de agotamiento del teñido se realizó a 60 °C por aproximadamente 15 min; posteriormente, se efectuaron dos enjuagues a 40 °C por 5 min cada uno. Los resultados permitieron evidenciar que el medio neutro favorece la obtención de un tono amarillo más intenso y con mayor resistencia a la exposición solar, demostrando mejores características tintóreas en estas condiciones.

Sucasaca & Guevara (2021), desarrollaron un estudio cuyo objetivo principal fue aplicar colorante natural extraído de la col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) para el teñido de hilados de alpaca, con el propósito de obtener tonalidades diversas y evaluar su solidez de color. La metodología consistió en realizar una extracción acuosa del pigmento y emplearlo en baños de teñido utilizando distintos mordientes, entre los cuales incluyeron ácido cítrico, sulfato de hierro, alumbre y sulfato de aluminio, con el fin de analizar cómo influían en la fijación y estabilidad del color. Tras concluir el teñido, las muestras fueron analizadas mediante ensayo de exposición de la luz solar, observándose que los valores obtenidos oscilaron entre 3 y 4.5 en la escala estándar, siendo el tratamiento con sulfato de aluminio el que presentó menor pérdida de color, mayor afinidad tintórea y una mejor uniformidad en los tonos logrados. Finalmente, los autores concluyeron que el pigmento de col morada es una alternativa ecológica y factible frente a los colorantes sintéticos, siempre que se empleen mordientes adecuados que optimicen la fijación y la estabilidad del color en fibras de alpaca.

Ramos (2020), presento la tesis de grado en la que investigo la obtención de colorante natural a partir de la Remolacha Forrajera (*Beta Vulgaris L. Ssp. Vulgaris Var Crassa*) para aplicación en de fibra de Ovino”. En su metodología indica que realizo el teñido de 24 metros de hilado

de lana a temperaturas de 70, 78.5 y 85°C y tiempos de teñido de 20, 30 y 40 minutos, empleo diferentes mordientes incluyendo el sulfato de hierro II, sulfato de cobre II, eucalipto, limón, sales de cobre y compuesto de sodio; posteriormente se realizó pruebas de lavado y radiación solar. Según los resultados obtenidos la autora afirma que el colorante detectado era antocianina, con una concentración de 0,012 mg/L. Por otro lado, indicó que la fijación del color mejora a mayores temperaturas y a tiempos más cortos, en cuanto a mordientes, identifico como los más eficientes el (FeSO₄.7H₂O), limón, eucalipto y NaCl, cuales mostraron adecuada resistencia a la luz solar, considerándose resultados favorables y convenientes.

Tito, Soto, & Castillo (2019), presentaron el artículo científico sobre el uso de plantas andinas como colorantes en el teñido de lana. En la metodología se indican que las muestras utilizadas provinieron de hojas y tallos de Queñua, Ayapira, Salliwa, Kolle, y Sunila. Para realizar el teñido utilizaron como sustrato a teñir la lana criolla tejidas como bayeta, como mordiente NaCl (sal industrial); así mismo se consideró 3 parámetros de teñido cantidad de planta a emplear (100% y 200%), tiempo de teñido (60 y 40 min) y concentración de mordiente (10g/L); para esto realizaron un diseño factorial 2k3. Las muestras de teñido se sometieron a prueba de solidez al lavado, concluyendo que la planta tintórea que mejor resultado presenta es la Sunila con 4.5 en la escala de grises, a tiempo de teñido de 40 min, cantidad de planta al 100% y concentración de mordiente 10g/L.

Nina (2018), presenta la tesis profesional sobre obtención y caracterización del colorante natural a partir de la inflorescencia de Colli (*Buddleja coriácea*) para su aplicación en teñido de fibra de alpaca. La autora en su metodología primeramente realizo la extracción del colorante de la inflorescencia de Colli (*Buddleja coriácea*). Por otro lado, siguiendo el diseño experimental, realizo teñido en 10m de hilado sometido a 40, 60 y 84 °C, durante periodos de 20, 30, 60 minutos y RB: 1/20, 1/30 y 1/40. Finalmente, concluye que las condiciones óptimas de teñido son a 84 °C, durante 60 minutos y un pH de 4.5. El valor de este estudio es relativamente aceptable, por lo que el uso de las técnicas e instrumentos construidos propios para este estudio son rescatables.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Colorantes

Se denomina una sustancia con color que, por su composición sea orgánica o artificial, tienen la capacidad de transferir y fijar color a determinado material sea de origen vegetal o animal

dando matices de intensidad variable (Garrido, Cortés, & Perez, 2021). El colorante se usa para teñir diferentes materiales, como textiles, cuero, papel, plásticos o alimentos ya que al ser aplicado a un sustrato le proporciona un color que perdura. Para lograr esto, el colorante se aplica en forma líquida, y el material a teñir debe tener compatibilidad para impregnarse (Sanz Tejedor, s. f.).

a) Clasificación de colorantes

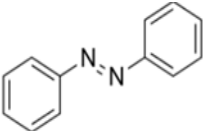
Los colorantes textiles suelen clasificarse según su origen, estructura química y aplicabilidad a la fibra.

Según su origen, el cual se refiere a la fuente de dónde provienen pueden ser:

- **Colorantes naturales:** Se obtienen de fuentes naturales. Se utilizan desde tiempos antiguos y son valorados por su bajo impacto ambiental y biodegradabilidad (Samanta, Awwad, & Algarni, 2020). Los colorantes naturales pueden ser obtenidos de animales, minerales y de diversas partes de las plantas, como hojas, raíces, flores y frutos (Ratnapandian, 2020).
- **Colorantes sintéticos:** Son producidos químicamente en laboratorios y fábricas. Su desarrollo comenzó en el siglo XIX, y su popularidad ha crecido debido a su capacidad para ofrecer colores más duraderos con mayor variedad de tonos y gran estabilidad (Smith, 2018). Los colorantes sintéticos son generalmente más económicos y tienen un mayor rendimiento, son muy populares en la industria textil debido a que son más fáciles de usar (Fobiri, 2022).

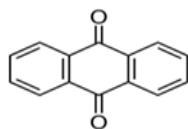
Según, su estructura química el cual se basa en la composición molecular y los grupos funcionales que contiene, información que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de colorantes según su estructura química

Familia	Grupo cromóforo	Descripción
Azoicos		En la industria textil, este colorante es el más empleado, con una participación aproximada del 70 % de la producción de colorantes orgánicos comerciales.

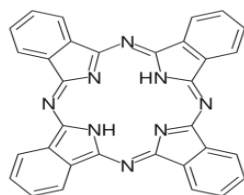
<<continuación>>

Antraquinonas



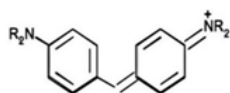
Podríamos decir que son moléculas con forma de tres anillos unidos, que provienen de una sustancia llamada antraceno. A menudo, estas moléculas tienen "extremos" llamados grupos hidroxilo unidos a ellas.

Ftalocianina



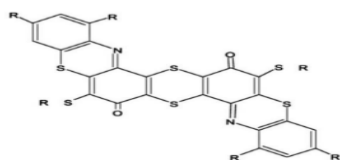
Estos colorantes están formados por la una estructura cíclica de 16 átomos, formada por unidades isoindólicas unidas por átomos de nitrógeno y estabilizada por enlaces dobles conjugados.

Ion
arilcarbonio



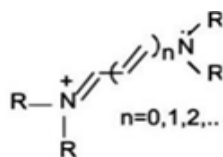
Estas moléculas se componen de una unidad atómica de carbono "especial" (carbonilo) enlazado a dos o tres anillos aromáticos, formando su base estructural.

Sulfuro



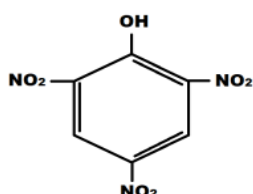
Colorantes caracterizados por su insolubilidad en agua y solubilización por reducción, que originan tonalidades poco intensas.

Polimetino



Se agrupan en colorantes neutros, catiónicos y aniónicos, los cuales presentan en su estructura molecular grupos donadores y atractores de densidad electrónica.

Nitro



Constituyen un conjunto de colorantes incoloros en estado aislado, cuya absorción se sitúa próxima al espectro visible y que, por la presencia de auxocromos débiles, desarrollan una leve tonalidad amarilla.

FUENTE: Tomado de (Esteban et al., 2018).

Según Said, Harfi, & Elharfi (2017), la clasificación por su aplicabilidad, es decir, cómo se adhieren los diferentes tipos de fibra, es la siguiente:

- a) **Colorantes directos:** Se aplican directamente sobre las fibras sin necesidad de mordientes.
- b) **Colorantes reactivos:** Forman un enlace covalente con las fibras, lo que proporciona una alta solidez al lavado.
- c) **Colorantes ácidos:** Utilizados principalmente para fibras proteicas como la seda y la lana.
- d) **Colorantes básicos:** Usados principalmente para fibras sintéticas como el poliéster.
- e) **Colorantes dispersos:** Utilizados para colorar fibras sintéticas como el poliéster y el acrílico.

2.2.2. Colorante natural

El colorante natural se obtiene de recursos naturales y pueden proceder de fuentes vegetales, animales o minerales, aunque las plantas son la fuente más común de colorantes naturales (Saxena & Raja, 2014).

a) Colorante de origen vegetal

Los colorantes naturales de origen vegetal son los más abundantes, ya que las plantas están presentes en todo el mundo. Estos colorantes se encuentran principalmente dentro de las células de las plantas, en unas estructuras llamadas vacuolas, donde a menudo se combinan con aceites, resinas y otras sustancias (Moldovan, 2016). Este tipo de colorante tiene como fuente de extracción varias partes de las plantas como las hojas, tallos, raíces, corteza, flores, frutos, etc. (Saxena & Raja, 2014).

2.2.3. Compuestos activos de los vegetales

Los compuestos bioactivos de los vegetales, también conocidos como fitoquímicos, tienen efectos beneficiosos para la salud.

- a) **Flavonoides:** Grupo importante de polifenoles presentes vegetales. En los últimos años, se ha investigado mucho sobre los flavonoides por sus posibles beneficios para la salud (Yao et al., 2022).
- b) **Carotenoides:** Son pigmentos que dan rojo, naranja y amarillento. Los carotenoides se dividen en dos grupos, caroteno y xantofila (Wahyuni, Shalihah, & Nurtiana, 2020).

Son liposolubles naturales sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas, tienen propiedades antioxidantes (Carranco, Calvo, & Gil, 2011).

- c) **Fenólicos:** Forman parte de un grupo amplio y variado de metabolitos secundarios. Su rasgo distintivo es que cuentan con uno o más grupos hidroxilo (-OH) de naturaleza ácida. Tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Henning, Ringuelet, & Viña, 2020). Se encuentran en plantas, frutas y verduras (González, Díaz, Castillo, Nieto, & Méndez, 2017).
- d) **Saponinas:** Son metabolitos secundarios que se encuentran en una gran variedad de plantas y están constituidos estructuralmente por un anillo terpenoide o esteroideal, pueden tener efectos hipocolesterolémicos y antiinflamatorios (Salguero, Tutora, Espín, & Paulina, 2022).
- e) **Terpenoides:** Compuesto de hidroxilos o carbonilos, se encuentran en el citoplasma de las vegetales. Se puede extraer de hojas y flores de plantas en forma de aceites y poseen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antimicrobianas (Ringuelet & Viña, 2013).
- f) **Alcaloides:** Compuestos que contienen nitrógeno que pueden tener efectos farmacológicos significativos, tradicionalmente se extraen de plantas con sistema vascular como la belladona, el apio, el café, té, cacao, entre otras (Ringuelet & Viña, 2013).

2.2.4. Chilca (*Baccharis latifolia*)

a) Descripción botánica

Baccharis latifolia, conocida comúnmente como Chilca, se caracteriza por ser un arbusto cuya altura varía entre 1,5 a 3 metros, de raíz fibrosa, tallo flexible y cilíndrico; es densamente ramificado desde la base y con follaje tupido (Villarpando, Villarpando, & Villalobos, 2011). Posee hojas simples alternas, oblongo lanceolada, de pico acuminado, base cuneiforme, uniformemente aserrada en la margen, de color verde brillante por el haz, pegajosas y con tres nervios pronunciados que salen de la base (Velasquez, 2007).



Figura 1: Fotografía de Chilca (*Baccharis latifolia*)

Esta especie espontánea se encuentra distribuida en zonas altoandinas de América del Sur, principalmente en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Es una especie pionera en suelos erosionados y su crecimiento se adapta a climas templado y fríos (Durand, n.d.). El Perú presenta amplia distribución, abarcando altitudes entre 1000 y 4000 m s. n. m., y encontrándose en múltiples departamentos, tales como Amazonas, Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín, Lima, Puno, Piura (Loja et al., 2017).

b) Clasificación taxonómica Chilca (*Baccharis latifolia*)

Según (MIDAGRI, n.d.), su clasificación taxonómica se presenta como la siguiente:

Familia: Asteraceae

Género: Baccharis

Especie: B. latifolia

Nombre científico: *Baccharis latifolia*

Nombre común: Chilca, Chilca Chilca, chilca chilco.

c) Composición química y capacidad tintórea

Las hojas de la Chilca (*Baccharis latifolia*) poseen compuestos fenólicos como la quercetina, el ácido cafeico y el ácido rosmarínico, los cuales se caracterizan por sus propiedades antioxidantes y su alta afinidad para interactuar con fibras textiles, en particular con fibras de origen proteico como la lana y la alpaca (Cusihuaman, 2024). Estos compuestos pertenecen al grupo de los flavonoides y taninos responsables de sus propiedades bioactivas y tintóreas (Miranda, 2022).

Según estudios fitoquímicos realizados el extracto acuoso de Chilca tiende a generar tonos amarillos, verdosos y marrones lo cual puede ser utilizado para el teñido de fibras (Villarando et al., 2011). Además, de su uso artesanal, se plantea como una alternativa ecológica frente a colorantes sintéticos, ya que es biodegradable, localmente accesible y de bajo costo (Lozano, Quispe, & Vilcanqui, 2024).

d) Usos medicinales del género de *Baccharis latifolia*

En la medicina tradicional, *Baccharis latifolia* ha sido ampliamente empleada mediante diversos métodos de cocción, principalmente para el tratamiento de inflamaciones y lesiones en articulaciones, nervios y tendones; asimismo, se utiliza en infusiones para aliviar afecciones gastrointestinales, disminuir la flatulencia, mejorar cuadros asmáticos y tratar trastornos uterinos, además de aplicarse en forma de cataplasmas para luxaciones, esguinces y hernias, entre otros usos. Además, se ha registrado que esta especie presenta actividad biocida frente a los fitopatógenos *Aspergillus niger* y *Phytophthora palmivora* (Martínez et al., 2010).

2.2.5. Lana

La lana es una fibra natural se describe como el pelo de la oveja (*Ovis aries*), variando sus características dependiendo de la raza del animal (Alonso, 2021). Esta contiene una proteína llamada queratina, en una proporción de 20 a 25 %, su estructura morfológica está compuesta por escamas y posee una zona medular que es la que en el proceso de teñido realmente tiñe (Mendoza, 2022). Su estructura microscópica le otorga elasticidad, resistencia al fuego y capacidad de absorción de humedad, es resistente al desgaste (hasta 20 000–30 000 ciclos de flexión sin romperse) así como a la compresión, se considera también una fibra biodegradable, reciclable y derivada de un recurso anual renovable una oveja produce entre 2 kg y 5 kg de lana por esquila (Huauya, Candio, & Aliaga, 2025).

a) Lana de raza Corriedale

Tiene una longitud de mecha moderada a larga ($\approx 8-15$ cm), fibra de grosor medio a media-fino ($\approx 24-31$ micras, resistencia y rendimiento al lavado alto (50–60 %), extraída de ovejas de doble propósito. Estudios realizados en Puno (Perú) y Ecuador confirman un diámetro promedio de $\sim 25-28$ μm , longitud entre 8–11 cm, ondulación promedio ~ 4.5 , apta para uso textil (Quinapallo, 2019).

2.2.6. Extracción de colorante natural

Es un procedimiento práctico que permite aislar los componentes bioactivos presentes en el material tintóreo, utilizando diferentes disolventes comúnmente agua o alcohol y en condiciones variables, como el tiempo y la temperatura de extracción (Ingle et al., 2017). La extracción de componentes bioactivos de fuentes naturales es crucial para obtener las propiedades deseadas y maximizar sus aplicaciones potenciales. Los colorantes provenientes de origen natural requieren de un proceso de extracción que influirá posteriormente en el proceso de teñido de fibras textiles tanto en la solidez, así como en intensidad del color (Moldovan, 2016).

a) Método de extracción por decocción

Es un método de extracción sólido-líquido utilizado principalmente para obtener compuestos activos de las plantas, como raíces, cortezas, tallos, hojas o semillas (Pandey & Tripathi, 2014). Consiste en hervir el material vegetal en agua durante un tiempo determinado con el fin de romper las estructuras celulares y liberar los principios activos solubles en agua (Amaguaña & Churuchumbi, 2018). Para ello, el material vegetal seco y molido se coloca en un recipiente limpio, se le añade agua y se mezcla manteniendo la aplicación de calor durante todo el procedimiento con el fin de facilitar y acelerar la extracción (Abubakar & Haque, 2020).

2.2.7. Teñido textil

El teñido textil es un proceso que consiste en aplicar color de manera uniforme a los textiles, y su efectividad depende principalmente del tipo y nivel de pretratamiento realizado, ya que este garantiza una adecuada capacidad de absorción (Chakraborty, 2014). En el caso de los textiles, existen varias formas de agregar color, como la pigmentación en masa (que ocurre durante la fabricación del material), el teñido propiamente dicho y la impresión. Cuando se tiñen fibras del mismo tipo, el resultado ideal es un color sólido y uniforme. Para conseguir efectos con

varios colores, se pueden teñir mezclas de diferentes fibras, fibras sintéticas compuestas por varios componentes, o utilizar técnicas como la impresión por descarga con luz o el uso de varios colorantes (Shamey, 2023).

2.2.8. Parámetros que intervienen en el proceso de teñido

Condiciones que se controlan durante el proceso de teñido de los textiles, como fibras, hilos o telas. Estos influyen en la fijación del color sobre el textil y en la calidad, dependiendo del control adecuado para obtener teñidos con colores brillantes, igualdad y resistentes (Chakraborty, 2014). Estos parámetros pueden ser la temperatura, tiempo, auxiliares, pH, relación de baño y agitación, fibra, concentración del colorante, entre otros (Huamani, 2024).

2.2.9. Mordiente

Sustancia que tiene la capacidad de fijar a una fibra y se une químicamente con colorantes naturales (Benli, 2024). Facilitando la absorción y fijación de los colorantes naturales previniendo el desteñido y la decoloración, es decir, mejora la solidez del color de teñidos. Estos generalmente son usados debido a que la mayoría de los colorantes naturales presentan una afinidad limitada hacia las fibras textiles de manera directa, por lo que es necesario emplear mordientes (Prabhu & Bhute, 2012).

Los mordientes son componentes esenciales en los procesos de teñido con colorante natural porque permiten obtener una gran variedad de colores y características de rendimiento óptimos en una amplia gama de materiales textiles naturales y sintéticos. Además, la composición química del mordiente y las interacciones fibra-mordiente-colorante influyen mucho en el tono y la apariencia final del color del material teñido (Rather et al., 2016).

a) Sulfato de Aluminio y Potasio (Alumbre)

El $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ es un mineral natural en forma cristalina comúnmente conocido como "alumbre", se utiliza en la vida cotidiana como purificador de agua, como agente antiséptico, en harina para hornear, curtido de cuero y teñido (Dubasi, Varala, Bollikolla, & Kotra, 2023). Posee propiedades antitranspirantes, antibacterianas y no es tóxico (Mohamadpour, 2020). Asimismo, en el teñido se usa como mordiente lo que ayuda a fijar el color en fibras (Hull, Law, y Bergman, 2014), teniendo gran afinidad con fibras proteicas y colorantes naturales (Themazi, 2023).

2.2.10. Solidez del color

La resistencia que tiene un material textil para mantener sus características de color sin cambio ni manchado a otros materiales, incluso cuando pasa por diferentes procesos o está en contacto con distintas condiciones, como la luz, el agua, el roce o el calor (Alonso, 2021). Es decir, la capacidad que tiene un color para conservarse sin deteriorarse ni transferirse a otras superficies durante el uso cotidiano o el almacenamiento del material (Cornejo, Bustamante, & Iglesias, 2017).

a) Ensayo de solidez al lavado

Ensayo normalizado para evaluar la resistencia del color aplicado a materiales textiles cuando son sometidos a lavados con detergente o jabón, realizado a ciertas condiciones de temperatura, tiempo y concentración de detergente (INACAL, 2022). Permite medir el grado de cambio y transferencia de color de un material textil teñido (Cornejo et al., 2017).

b) Ensayo de solidez al frote

Ensayo normalizado para evaluar la resistencia del color aplicado a textiles después de ser sometido a fricción, se divide en solidez del color al frote seco y solidez del color al frote húmedo (INACAL, 2019). Mide la cantidad de color transferido de la superficie de sustratos textiles coloreados a otras superficies mediante el frote (FYI, 2022).

c) Ensayo de solidez a la luz

Ensayo normalizado para evaluar la resistencia de un material al cambio de las características de color como resultado de su exposición a la luz del sol o una fuente de luz artificial (INACAL, 2020). Este ensayo evalúa los efectos de fuentes de luz natural y artificial en el color de la tela, asegurando la durabilidad y longevidad de textiles que están regularmente expuestos a la luz (QIMA, 2025).

2.2.11. Escala de grises para transferencia de color (NTP 231.004:2014)

Herramienta estandarizada aplicada para determinar la cantidad de color que migra desde una tela teñida hacia otra, comúnmente una tela blanca que estuvo en contacto directo con la muestra. Esta evaluación también se basa en referencias visuales que presentan variaciones controladas en el tono (INACAL, 2014).

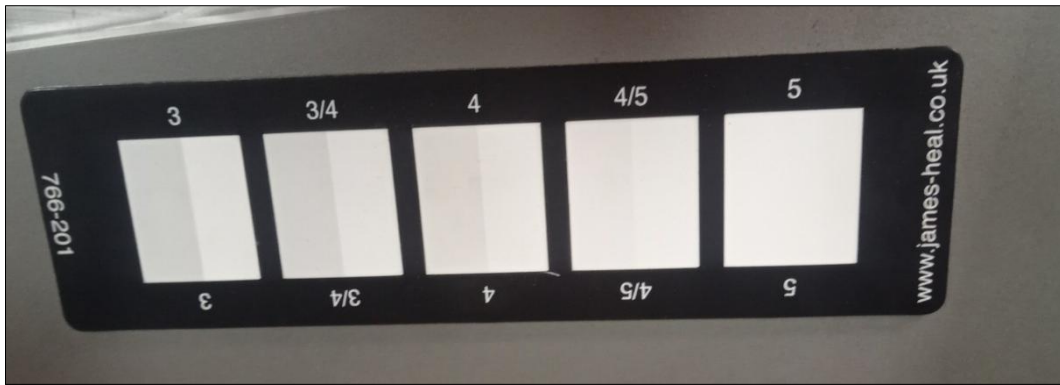


Figura 2: Escala de grises para transferencia de color

2.2.12. Escala de grises para cambio de color (NTP 231.005:2014)

Herramienta estandarizada empleado para observar visualmente las variaciones del color de una muestra teñida luego de someterla a factores como la exposición a la luz y el lavado. La evaluación se realiza mediante la comparación entre la muestra inicial y la sometida, usando pares de tonos grises que reflejan distintos grados de alteración cromática (INACAL, 2014).

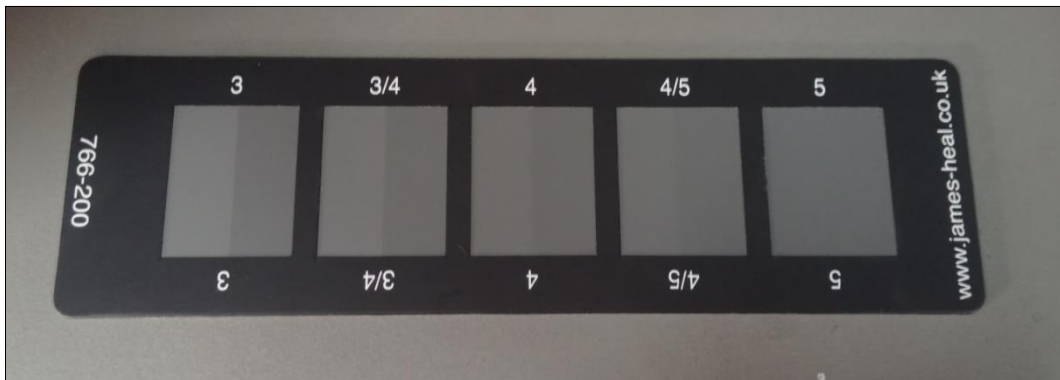


Figura 3: Escala de grises para cambio de color

3.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

3.2.1. Tipo de investigación

Este estudio corresponde al tipo de investigación aplicada en vista de que se dirige a la utilización práctica del conocimiento científico, con el fin de resolver problemas convirtiendo los resultados obtenidos en soluciones efectivas que atiendan necesidades específicas en diversos ámbitos (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023). En este contexto, a partir del conocimiento científico y hallazgos útiles y aplicables en el ámbito textil obtenidos en la presente investigación se pretende resolver problemas en el ámbito social y ambiental desarrollando alternativas sostenibles en cuanto a la solidez del color en hilados de lana utilizando colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*).

3.2.2. Nivel de investigación

La presente investigación se ubica en el nivel explicativo, el cual se orienta en comprender las causas de los fenómenos observados y establecer causa - efecto entre la variable independiente y la variable dependiente caracterizándose por probar hipótesis que permiten determinar los efectos que resultan de la manipulación de ciertas condiciones (Arias, 2017). En ese sentido, se evaluaron los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) sobre la solidez del color manipulando factores como la relación planta/sustrato, concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido con el fin de probar hipótesis y establecer en qué medida dichos factores influyen en la solidez del color.

3.2.3. Enfoque de investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, en vista de que la recopilación de datos para contrastar la hipótesis se basa en mediciones numéricas y análisis estadísticos (Hernández, 2014). En particular, esta investigación evaluó los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, obteniendo resultados numéricos en base a los ensayos de solidez del color al lavado, al frote y a la luz para su posterior análisis estadístico.

3.2.4. Diseño de investigación

Este estudio emplea un diseño experimental de manera que permite comprobar cuantitativamente, si una variable causa cambios sobre otra, lo cual se logra controlando o manipulando la variable independiente (Arias, Holgado, Tafur, & Vasquez, 2022). Razón por la cual permitió evaluar de manera objetiva y cuantitativa cómo el colorante natural de Chilca

influye en la solidez del color en el hilado de lana, manipulando las dimensiones de la variable independiente como la relación planta/sustrato, concentración del mordiente, tiempo y temperatura de teñido para observar sus efectos en la variable dependiente.

3.2.5. Método de investigación

Se aplicó el método hipotético - deductivo, que inicia con la observación de un problema, permitiendo formular una hipótesis a través de la deducción, para luego realizar su comprobación (Zamorra & Calixto, 2021). En tal sentido, a través de la identificación del problema se planteó la hipótesis en cuanto a los efectos del colorante natural de Chilca en la solidez del color del hilado de lana para su posterior prueba mediante la observación y la experimentación, lo que permitió comprobar la validez de la hipótesis.

3.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis general

El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023.

3.3.2. Hipótesis específicas

- El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023.
- El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023.
- El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

De acuerdo con Hernández (2014), la población se entiende como al grupo de elementos de análisis que comparten características específicas y sobre las cuales pueden generalizarse los resultados de una investigación, encontrándose delimitada por el planteamiento del problema y los objetivos del estudio. Desde esta perspectiva, la población considerada en el estudio estuvo integrada por hilados de lana, los cuales fueron sometidos al proceso de teñido, además el colorante natural se obtuvo de las hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*).

a) Criterios de inclusión

- Hilados de lana (Corriedale)
- Título de hilo 5/1Nm
- Hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*) en condiciones óptimas

b) Criterios de exclusión

- Hilos de material sintético
- Hilos de titulación gruesa
- Hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*) en estado deteriorado

3.4.2. Muestra

a) Tipo de muestreo

Siguiendo la metodología de Arias et al. (2022), el muestreo se realizó de forma no probabilística, seleccionando las muestras por criterio intencional. Este criterio se basa en el conocimiento y juicio del investigador, considerando el más apropiado en función de la naturaleza y los objetivos del estudio.

b) Tamaño de la muestra

La determinación del tamaño de la muestra se realizó con cálculos basados en el diseño experimental factorial 2^4 , que contempla la combinación de 4 factores con 2 niveles de la variable independiente. Generando 16 tratamientos experimentales con 3 réplicas, obteniendo 48 muestras. Para la evaluación, se analizaron un total de 144 muestras (madejas de lana teñidas), 48 muestras en el ensayo de solidez del color al lavado, 48 muestras en la solidez del color al frote y 48 muestras en la solidez del color a la luz, todas aplicadas sobre el hilado de lana teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*). De este modo, se aseguró la consistencia de los resultados y la posibilidad de realizar un análisis estadístico confiable.

Tabla 2: Tamaño de la muestra

Ensayos	Tratamientos	Réplicas	Total, muestras
Solidez del color al lavado, al frote y a la luz	48	3	144

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

Se empleó la técnica observacional - experimental, la cual se caracteriza por recopilar datos en condiciones controladas por el investigador, permitiendo la manipulación de una o varias variables (Martínez, 2012). Se llevó a cabo la experimentación del proceso de teñido de hilado de lana con Chilca (*Baccharis latifolia*), optimizando los parámetros de teñido con el objetivo de obtener una elevada solidez del color en el material resultante.

3.5.2. Instrumentos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante el uso de instrumentos específicos, los cuales permitieron evaluar los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana. Para el registro de los datos obtenidos de todas las experimentaciones realizadas se usó fichas de registros de recolección de datos, en la cual se consignaron las condiciones de cada tratamiento experimental, así como los valores obtenidos en la evaluación de solidez al lavado, frote y luz. Además, se utilizaron la escala de grises de cambio de color y la escala de grises de transferencia de color, establecidas por las NTP, las cuales permitieron medir de manera objetiva el grado de resistencia del colorante en los distintos ensayos.

3.6. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.6.1. Materiales

a) Material de teñido y sustratos textiles

- Hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*)
- Hilado artesanal de lana de raza Corriedale, color blanco
- Tela multifibra N° 42, constituida por 6 franjas con dimensiones 10 cm x 1.5 cm
- Tela testigo de algodón (SDL ATLAS 2x2)

b) Materiales de laboratorio

Ollas de acero inoxidable, vasos de precipitado, fiolas, probetas, lunas de reloj, bagueta, mortero, espátula, jarras milimétricas, colador, picetas, embudo, envases de vidrio, papel fieltro, papel de aluminio, hilo acrílico, franelas, bolsas de laboratorio, EPP, tijeras, cinta masking y embalaje, cuaderno de apuntes, portafolios, hojas de cálculos, etiquetas adhesivas, cartón, cartulina negra, engrampador, goma, lapiceros, marcador permanente, escalímetro y USB.

3.6.2. Equipos

- Balanza eléctrica (METILER TOLEDO de 1620 g)
- Madejero eléctrico (MESDAN)
- Máquina de teñido de muestras (modelo AHIBA IR, SGS-USTC)
- Máquina secadora
- Equipo Crockmeter (SDLATLAS)
- Máquina water colour fastness tester (SAMKOON).
- Cabina de luz (CIC 11, PCE Instruments) equipada con fuentes lumínicas de tipo F, D65, TL84, UV, CWF y TL83/U30
- Máquina rectilínea de tejido punto
- Medidor portátil de PH (LOQUAact)
- Escala de grises de transferencia y cambio de color
- Termómetro
- Estufa eléctrica de dos hornillas y cinco niveles
- Cronómetro
- Calculadora científica
- Laptop

3.6.3. Reactivos e insumos

- Detergente std referencial AATCC 1993 – WOB (sin blanqueador óptico)
- Detergente Invadina DA
- Sulfato de aluminio y potasio (Alumbre)
- Agua blanda
- Alcohol

3.7. MÉTODOS EXPERIMENTALES

3.7.1. Métodos de extracción y aplicación del colorante

La extracción del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) se realizó mediante el método sólido - líquido por decocción, ampliamente empleada para obtener compuestos hidrosolubles presentes en materiales vegetales (Pandey & Tripathi, 2014), la cual consiste en hervir el material previamente seca y triturada para facilitar la liberación de pigmentos (Amaguaña & Churuchumbi, 2018). Es importante señalar que, durante el proceso de extracción, parte del volumen de agua se evapora; por ello, se adiciona 500 mL de agua, con el propósito de mantener uniforme el volumen del licor. Asimismo, la aplicación del colorante

natural se realizó mediante un proceso de teñido por agotamiento, utilizando el método de mordentado directo y una relación de baño 1/30. El proceso se inició en temperatura ambiente y la temperatura del baño se incrementó de manera gradual hasta alcanzar el nivel operativo, lo que permitió mejorar la afinidad entre la lana y el colorante.

3.7.2. Métodos de evaluación de solidez del color

La solidez del color fue evaluada bajo los criterios metodológicos definidos por las normas técnicas peruanas (NTP) que estandarizan los métodos de ensayo textil.

- a) **Solidez al lavado:** Se realizó siguiendo la metodología establecida en la NTP 231.008:2015 (revisada el 2022), lo que permitió determinar la estabilidad del colorante aplicado sobre hilado de lana y su comportamiento frente a agentes de lavado.
- b) **Solidez al frote:** Se ejecutó siguiendo los procedimientos descritos en la NTP 231.042:2009 (revisada el 2019), con lo que se logró determinar el grado de migración del color y la capacidad del colorante para mantenerse adherido a la lana bajo fricción.
- c) **Solidez a la luz:** Se empleó la metodología de la NTP 231.183.1986 (revisada el 2020), la cual permite determinar el grado de resistencia del colorante frente a la luz solar.
- d) **Escalas estandarizadas:** Se empleó escala de grises de transferencia de color y cambio de color, bajo la NTP 231.004:2014 y 231.005:2014 (revisada el 2019) respectivamente. Cada valor de la escala corresponde a un promedio cuantificable y a una calificación cualitativa, que varía desde 1 (Malo) hasta 5 (Excelente). En la Tabla 3, se detallan los valores de la escala, su promedio cuantificable y la calificación asociada, facilitando así la interpretación de los resultados y proporcionando un marco estandarizado para la evaluación de la solidez del color.

Tabla 3: Apreciación de los valores de la escala de grises

Valores	Promedio cuantificable	Calificación
5	5	Excelente
4/5	4.5	Muy Bueno
4	4	Muy Bueno
3/4	3.5	Bueno
3	3	Bueno
2/3	2.5	Regular
2	2	Regular
1/2	1.5	Malo
1	1	Malo

FUENTE: NTP 231.005 (2014) y NTP 231.004 (2014), (INACAL, 2014b).

3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las actividades experimentales se desarrollaron en la ciudad de Cusco, bajo condiciones ambientales propias de la estación seca, registrándose una temperatura media en torno a los 20°C y una humedad relativa aproximada del 45%. Para establecer los parámetros de teñido y seleccionar el mordiente empleado en esta investigación, se realizaron previamente pruebas preliminares basadas en estudios previos y en el asesoramiento de expertos en formulación de teñidos y procesos de línea húmeda. Estos ensayos permitieron ajustar de manera óptima los tratamientos experimentales a las condiciones específicas del estudio, con el propósito de definir los parámetros más adecuados para alcanzar los objetivos planteados.

3.8.1. Procedimiento de acondicionamiento de la Chilca (*Baccharis latifolia*)

Antes de realizar la extracción del colorante, se efectuó el acondicionamiento de la materia prima, ya que es esencial para obtener un extracto de colorante de alta calidad.

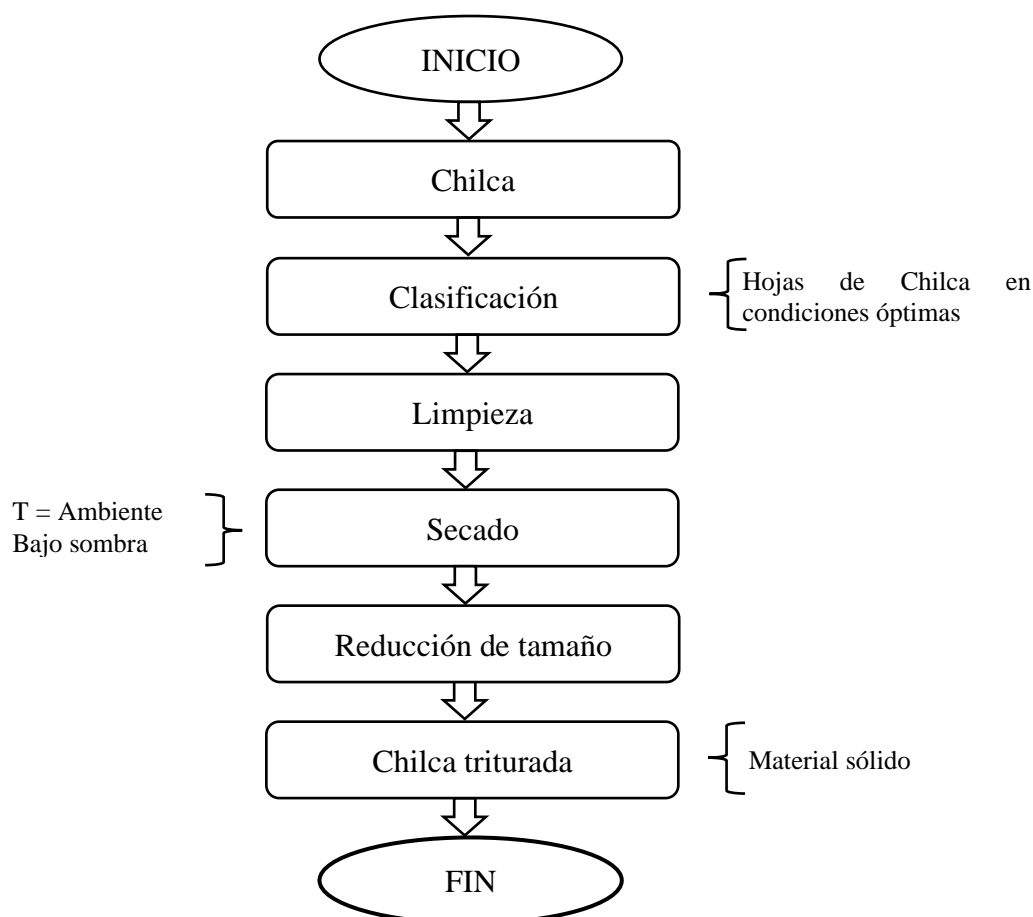


Figura 5: Diagrama de flujo de acondicionamiento de la Chilca

A continuación, se detalla cada etapa del procedimiento, indicando las acciones y condiciones experimentales correspondiente.

- a) **Obtención de Chilca:** La Chilca (*Baccharis latifolia*) se recolectó de la parcialidad de Markayoqa Lacasani, distrito y provincia de Moho, situada en la región Puno. La recolección se realizó manualmente separando las hojas visiblemente dañadas y libres de plagas, con el fin de asegurar la calidad del material.
- b) **Clasificación:** Se seleccionó únicamente las hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*) que se encontraban maduros y en óptimas condiciones. Además, se descartaron hojas muy jóvenes o envejecidas, priorizando hojas con textura uniforme, ya que estas aseguran una mejor concentración de colorante.
- c) **Limpieza:** La limpieza se realizó mediante lavado con agua a temperatura ambiente para eliminar tierras e impurezas adheridas a las hojas, con el fin de dejar libre de contaminantes que pudieran afectar la calidad del colorante.
- d) **Secado:** El material se dejó secar a temperatura ambiente, bajo sombra protegida de la luz directa por un periodo de 1 semana, con la finalidad de eliminar el contenido de humedad de manera controlada.
- e) **Reducción de tamaño:** Una vez que las hojas estén totalmente secas, se realizó la reducción de tamaño de forma manual utilizando un mortero. Este procedimiento permitió triturar la Chilca en partículas pequeñas, lo que favorece a una extracción eficiente.

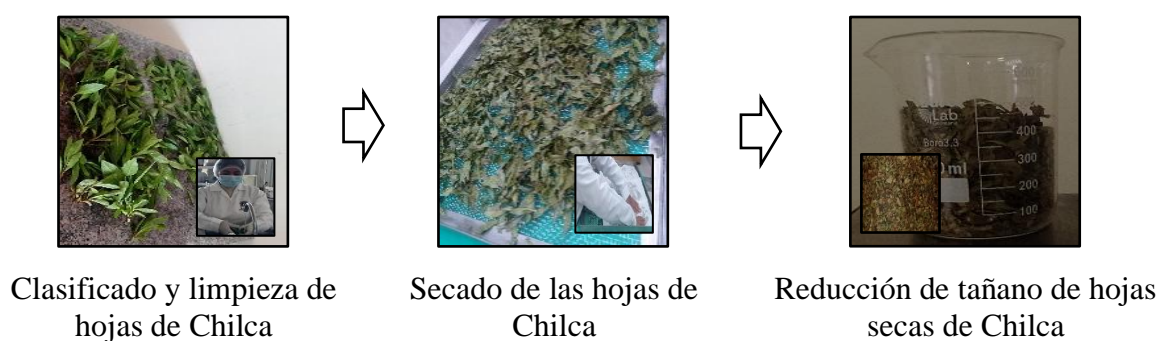


Figura 6: Secuencia fotográfica de acondicionamiento de la Chilca

3.8.2. Procedimiento de extracción del colorante de Chilca en líquido

La extracción del colorante se realizó con el método de extracción sólido – líquido por decocción.

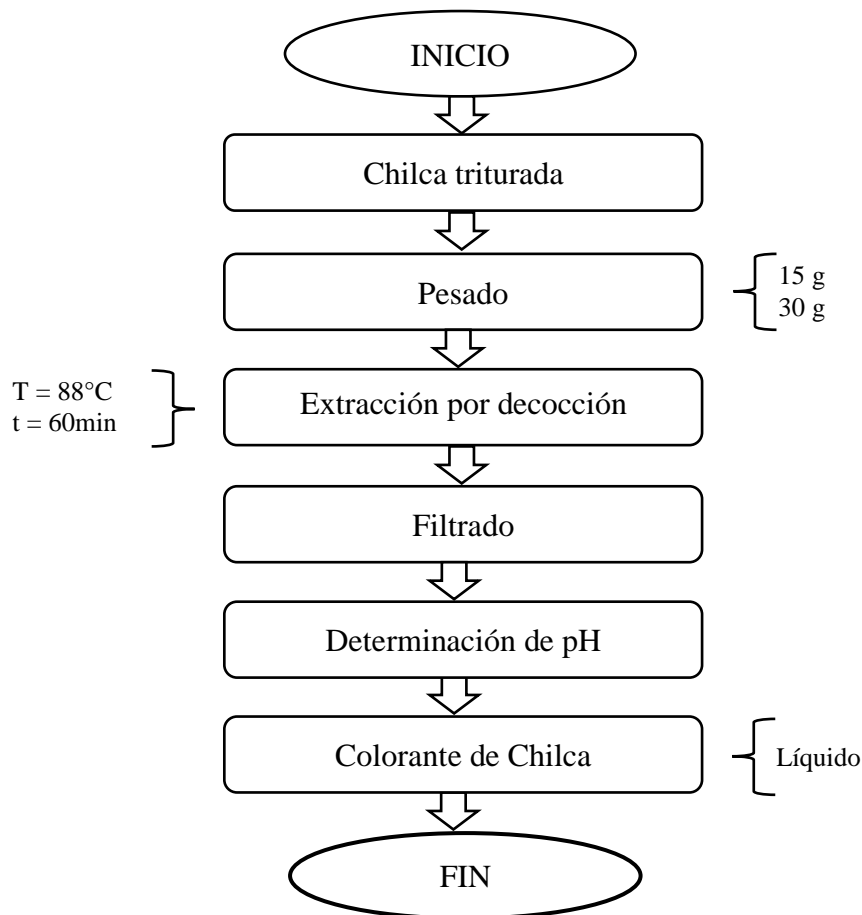


Figura 7: Diagrama de flujo de extracción del colorante de la Chilca (*Baccharis latifolia*)

- a) **Pesado:** Se pesó la cantidad requerida de hojas de Chilca (*Baccharis latifolia*) tomando en cuenta la relación planta/sustrato aplicado en 100g de hilado de lana. Para esta experimentación se empleó 15% y 30% de Chilca respecto al peso del hilado de lana con una RB: 1/30, lo que indica que por 1g de lana se requiere 30 mL de agua.
- **Cálculo de cantidad de solvente (agua) para la extracción**

$$\text{CANTIDAD DE AGUA} = \text{PESO HILADO} \times 30$$

$$\text{Cantidad de Agua} = 100 \times 0.15$$

$$\text{Cantidad de Agua} = 3000 \text{ mL}$$

- **Cálculo de cantidad de hojas de Chilca para la extracción**

Para 15%:

$$\text{CANTIDAD DE CHILCA} = \text{PESO HILADO} \times 15\%$$

$$\text{Cantidad de Chilca} = 100 \times 0.15$$

$$\text{Cantidad de Chilca} = 15\text{g}$$

Para 30%:

$$\text{CANTIDAD DE CHILCA} = \text{PESO HILADO} \times 30\%$$

$$\text{Cantidad de Chilca} = 100 \times 0.30$$

$$\text{Cantidad de Chilca} = 30\text{g}$$

- b) **Extracción del colorante:** La extracción se llevó a temperatura ebullición de 88°C por un periodo de 60min a fuego lento. Para ello, se sumergieron 15g y 30g de hojas de Chilca en 3L de agua blanda, empleando distintos recipientes de acero inoxidable. Posteriormente, las soluciones obtenidas se enfriaron en baño María hasta alcanzar a temperatura ambiente.

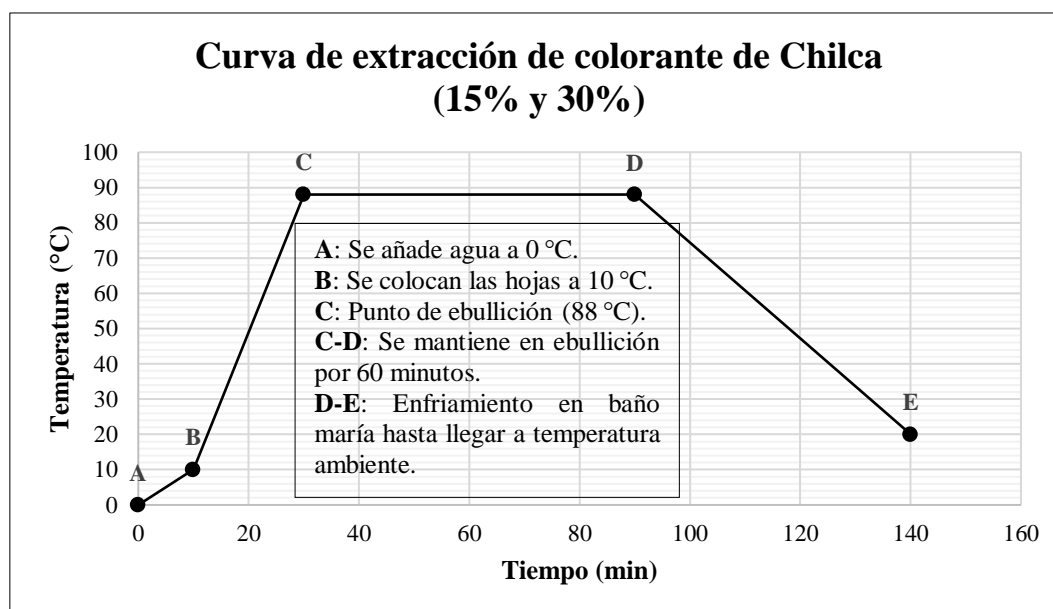


Figura 8: Curva de extracción del colorante de Chilca

- c) **Filtrado:** El filtrado se realizó con ayuda de un colador y tela filtrante, de manera que separemos el líquido tintóreo del residuo sólido orgánico. Asegurando un extracto homogéneo y libre de impurezas que pudiera afectar el teñido.
- d) **Determinación del pH:** En un vaso precipitado se colocaron 250 mL del colorante obtenido y se midió el potencial de hidrógeno con un equipo portátil, registrándose un valor de 6,93 lo que indica que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) es ligeramente ácido. Lo cual es favorable para procesos de teñido con fibras proteicas como la lana (Yusuf et al., 2013).
- e) **Colorante natural de Chilca:** Finalizado el proceso de extracción, se obtuvo colorante natural de Chilca en líquido de color amarillo verdoso. Se almacenó en fioas o

recipientes de vidrio manteniéndolo en condiciones de temperatura controlada y resguardado de la luz solar, considerando que el colorante natural presenta vida útil de 24 horas.

Tabla 4: Balance de materiales simplificado de extracción del colorante al 15%

Materia prima inicial (Chilca)	15g	Peso seco antes del proceso de extracción
Agua blanda	3000 mL	Agua utilizada como solvente para la extracción
Materia sólida residual (Chilca)	11.18g	Peso seco del residuo vegetal post extracción (filtrado y secado)
Materia extraída (colorante + solubles)	3.82g	Diferencia entre peso inicial y residual (15g - 11.8g)
Rendimiento de extracción	25.47%	$15 - 11.8 / 30 \times 100 = 25.47\%$
Cantidad obtenida del colorante natural	2990 mL	Extracto líquido obtenido

La Tabla 4, presenta el balance de materiales simplificado correspondiente al proceso de extracción acuosa del colorante natural obtenido de Chilca, realizado bajo una concentración operativa del 15%. Este balance permite identificar cuantitativamente las entradas y salidas del sistema, así como calcular el rendimiento del proceso; proporcionando una base técnica para analizar la capacidad extractiva del material vegetal bajo las condiciones experimentales establecidas.

Tabla 5: Balance de materiales simplificado de extracción del colorante al 30%

Materia prima inicial (Chilca)	30g	Peso seco antes del proceso de extracción
Volumen de agua	3000 mL	Agua utilizada como solvente para la extracción
Materia sólida residual (Chilca)	24.72g	Peso seco del residuo vegetal post extracción (filtrado y secado)
Materia extraída (colorante + solubles)	5.28g	Diferencia entre peso inicial y residual (30g - 24.72g)
Rendimiento de extracción	17.60%	$30 - 24.72 / 30 \times 100 = 17.6\%$
Cantidad obtenida del colorante natural	2990 mL	Extracto líquido obtenido

La Tabla 5, presenta el balance de materiales simplificado correspondiente al proceso de extracción acuosa del colorante natural obtenido de Chilca, realizado bajo una concentración operativa del 30%. Este balance permite identificar cuantitativamente las entradas y salidas del

sistema, así como calcular el rendimiento del proceso; proporcionando una base técnica para analizar la capacidad extractiva del material vegetal bajo las condiciones experimentales establecidas.

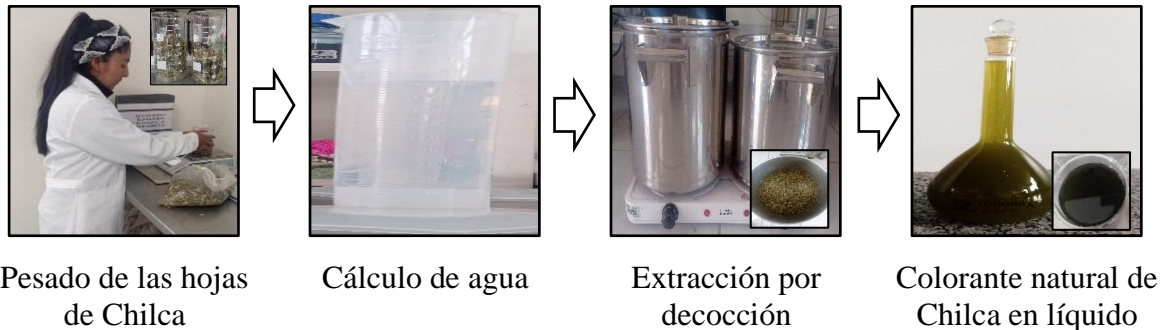


Figura 9: Secuencia fotográfica de la extracción del colorante de Chilca

3.8.3. Procedimiento de acondicionamiento del hilado de lana para teñido

Previo al proceso de teñido, es importante realizar el acondicionamiento del hilado de lana.

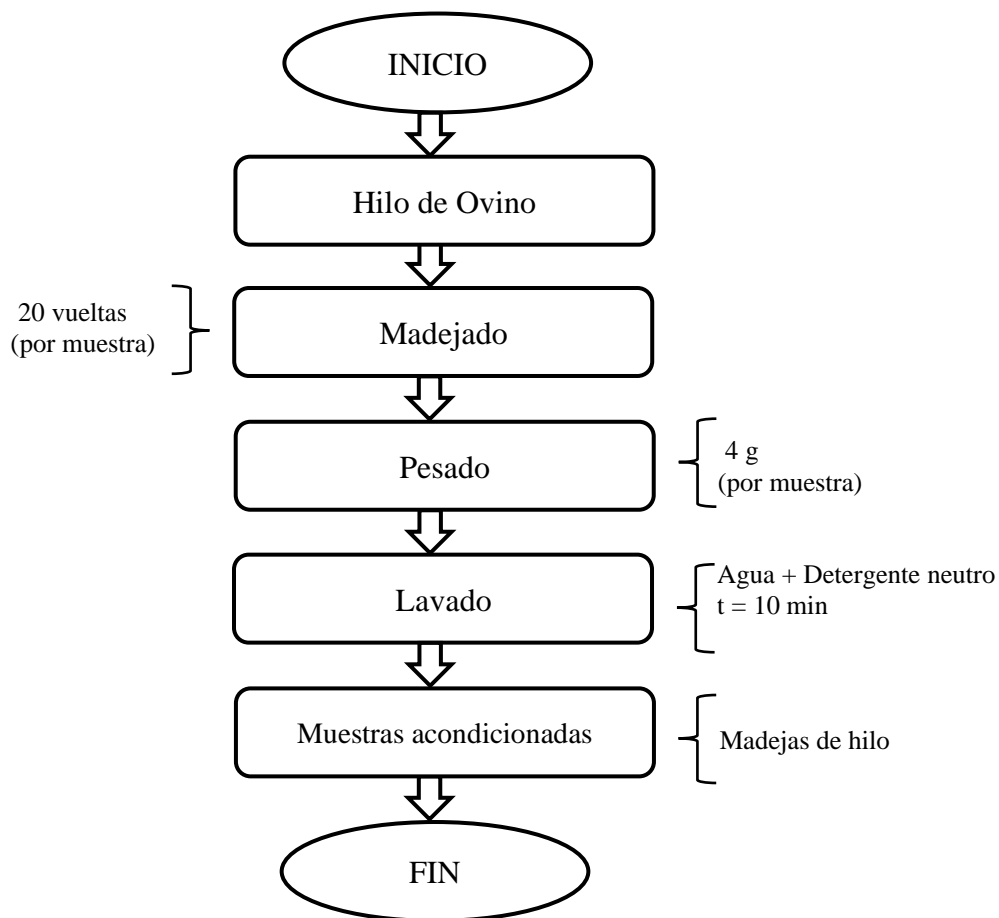


Figura 10: Diagrama de flujo de acondicionamiento del hilado de lana

- a) **Madejado:** Con ayuda del madejero eléctrico se elaboró pequeñas madejas de hilado de lana, con una longitud aproximada de 20 m, equivalente a 20 vueltas del equipo. Así mismo se calculó y determinó la titulación de hilado de lana.

Tabla 6: Longitud y peso de muestras utilizadas para el cálculo de titulación

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio Longitud	Promedio Peso
Longitud (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10 m	1.92 g
Peso (g)	1.90	1.93	1.91	1.93	1.9	1.92	1.93	1.9	1.93	1.92		

- **Cálculo del título**

$$Nm = \frac{Longitud}{Peso} = \frac{10m}{1.92g} = 5.21$$

$$Nm = 5 Nm$$

El hilado de lana empleado en la experimentación presentó un título Nm 5/1.

- b) **Pesado:** Tras la elaboración e identificación de las muestras, estas se pesaron en una balanza analítica, registrándose un peso promedio de 4g por muestra, valor utilizado para los cálculos de cantidad del volumen tintóreo y la cantidad de mordiente aplicada en cada tratamiento, considerando la variación de peso.
- c) **Lavado:** Este proceso es imprescindible previo al teñido, ya que mejora su hidrofiliidad y permite la eliminación de aceites, suciedad y otras impurezas presentes en la fibra. En el desarrollo de la investigación se empleó 1 mL de detergente - humectante líquido Invadina disuelto en 1L de agua destilada, para el lavado de 60g de hilado; debe estar totalmente inmerso cubriendo el hilado en su totalidad durante 10 minutos. Luego se realiza enjuague con abundante agua.

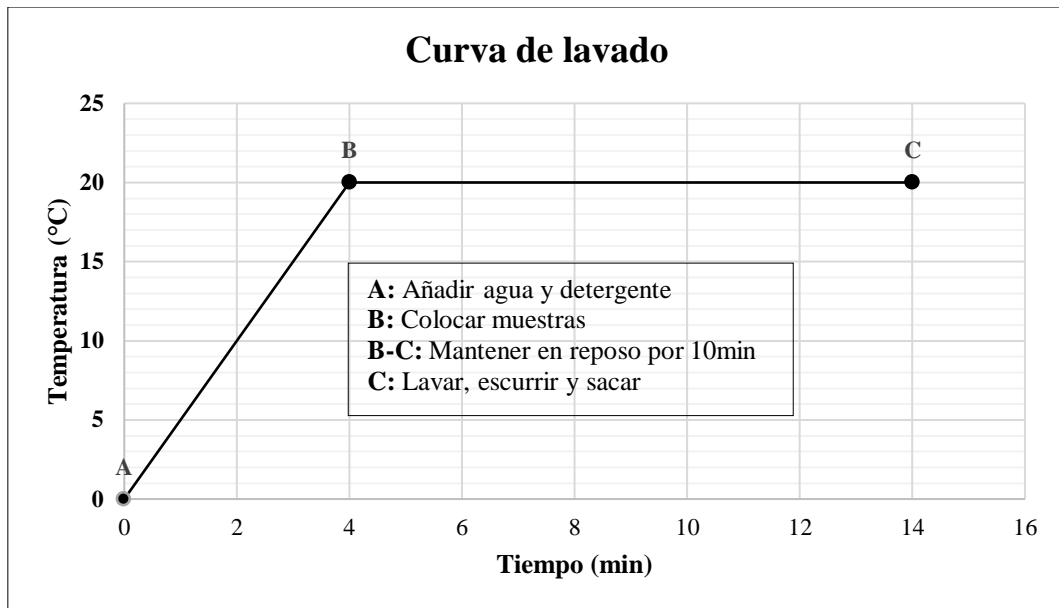


Figura 11: Curva de lavado del hilado de lana



Figura 12: Secuencia fotográfica de lavado

3.8.4. Procedimiento para teñido del hilado de lana con colorante natural de Chilca

El teñido se realizó con el método de mordentado directo, con una relación de baño de 1/30. Antes de realizar el proceso de teñido se realizó cálculos para obtener el volumen tintóreo y cantidad de mordiente según corresponda.

a) **Cálculos:** Se consideró una relación de baño de 1/30, lo que implica el uso de 30 mL de solución tintórea por cada gramo de hilado de lana.

- **Cálculo de relación de baño y cantidad de mordiente para el tratamiento 1**

Peso del hilado = 4 g

$$\text{RB (1/30)} = \text{Peso del hilado} \times 30$$

$$\text{RB (1/30)} = 4 \text{ g} \times 30 = 120 \text{ mL}$$

Cantidad de mordiente = volumen del colorante x 1g/L

$$\text{Cantidad de mordiente} = 120 \text{ ml} \times 1 \text{ g/L} = 0.12 \text{ g}$$

Para T1, se utilizó 4g de hilado en 120 mL de volumen del colorante, incorporándose 0,12g de mordiente conforme a la concentración establecida de 1g/L.

Tabla 7: Formulación de teñido para cada tratamiento

N° Tratamiento	Parámetros de teñido			Peso del hilado (g)			Volumen de colorante (mL) RB: 1/30			Cantidad de mordiente (g) (Alumbre)			
	Relación planta/sustrato (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Tiempo de teñido (min)	Temperatura de teñido (°C)	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica I	Réplica II	Réplica III
T1	15	1	30	85	4	3.97	4	120	119.1	120	0.12	0.12	0.12
T2	30	1	30	85	3.79	3.78	3.78	113.7	113.4	113.4	0.11	0.11	0.11
T3	15	5	30	85	3.64	3.61	3.63	109.2	108.3	108.9	0.55	0.54	0.54
T4	30	5	30	85	4.02	4.02	4.02	120.6	120.6	120.6	0.6	0.6	0.6
T5	15	1	60	85	4.17	4.16	4.15	125.1	124.8	124.5	0.13	0.12	0.12
T6	30	1	60	85	4.24	4.24	4.24	127.2	127.2	127.2	0.13	0.13	0.13
T7	15	5	60	85	4.04	4.04	4.02	121.2	121.2	120.6	0.61	0.61	0.6
T8	30	5	60	85	4.3	4.4	4.4	129	132	132	0.65	0.66	0.66
T9	15	1	30	98	3.95	3.95	3.95	118.5	118.5	118.5	0.12	0.12	0.12
T10	30	1	30	98	4.1	4.1	4.1	123	123	123	0.12	0.12	0.12
T11	15	5	30	98	4.31	4.3	4.3	129.3	129	129	0.65	0.65	0.65
T12	30	5	30	98	4.22	4.26	4.23	126.6	127.8	126.9	0.63	0.64	0.63
T13	15	1	60	98	4.15	4.14	4.14	124.5	124.2	124.2	0.12	0.12	0.12
T14	30	1	60	98	4.16	4.16	4.16	124.8	124.8	124.8	0.12	0.12	0.12
T15	15	5	60	98	3.91	3.89	3.89	117.3	116.7	116.7	0.59	0.58	0.58
T16	30	5	60	98	3.84	3.84	3.83	115.2	115.2	114.9	0.58	0.58	0.57

La Tabla 7, presenta la formulación de teñido utilizada en cada tratamiento y sus respectivas replicas, indicando tanto el volumen de colorante como la cantidad de mordiente.

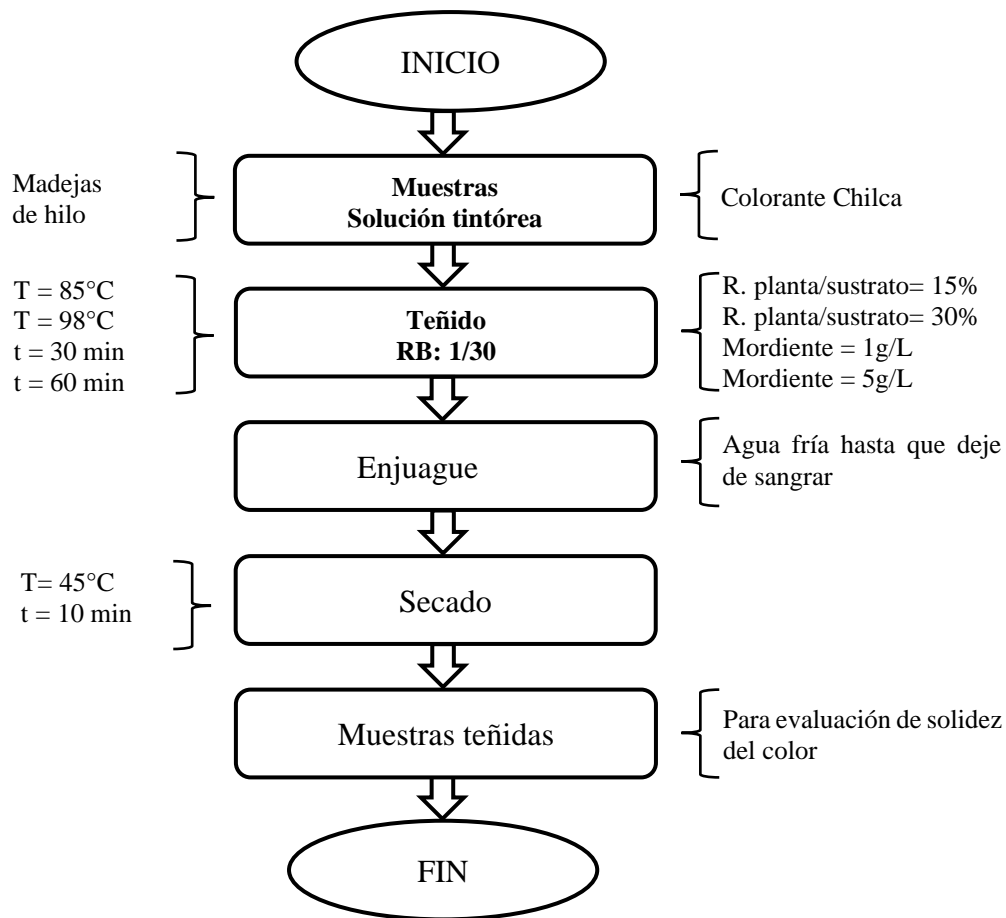


Figura 13: Diagrama de flujo del proceso de teñido

b) **Teñido:** El teñido de las muestras de hilado de lana se realizó en la máquina Ahiba IR (Data color) en el cual se programó todos los parámetros, este contiene 20 vasos de acero inoxidable. Asimismo, el teñido se realizó a diferentes temperaturas (85°C y 98°C), tiempos (30min y 60min), relación planta/sustrato (15% y 30%) y concentración de mordiente (1g/L y 5g/L), se usó como mordiente sulfato de aluminio y potasio (Alumbre).

A continuación, se detalla procedimientos de preparación y programación:

- **Limpieza de materiales:** Se aseguraron de que todos los vasos de acero inoxidable estuvieran completamente limpios y secos antes de su uso, a fin de evitar cualquier contaminación que pudiera alterar los resultados del teñido.
- **Preparación del baño tintóreo:** En vasos de precipitado se vertió el volumen correspondiente del colorante de Chilca (*Baccharis latifolia*), según número de tratamiento.

- **Mordentado:** Se adicionó el mordiente, en este caso Alumbre (sulfato de aluminio y potasio) al baño tintóreo y se agitó hasta lograr su completa disolución.
 - **Vertido en los vasos de acero inoxidable:** Se transfirió cuidadosamente a los vasos de acero inoxidable la solución tintórea con el mordiente disuelto.
 - **Colocación de las muestras:** Se introdujeron las muestras de hilado de lana, previamente lavadas y humectadas, en los vasos de acero inoxidable con la solución tintórea, asegurando una inmersión uniforme.
 - **Ubicación en la máquina de teñido:** Los vasos se colocaron en la máquina de teñido, cuidando que la distribución sea adecuada.
 - **Programación:** Se programó la máquina con la temperatura y el tiempo establecidos para el proceso según cada tratamiento, siguiendo la curva de teñido adecuada. Ver Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17.
- c) **Enjuague:** Una vez culminado el teñido, sacar las muestras teñidas y proceder a enjuagar con abundante agua fría hasta que deje de sangrar. Esto con el fin de que quede libre de colorante no fijado.
- d) **Secado:** Se realizó en una máquina secadora, a temperatura de 45°C por 10 min. Finalmente, se hizo el codificado y almacenado de muestras para su evaluación de solidez del color.

Tabla 8: Caracterización de código del color teñido con Chilca

	HEX: #FAD201 RGB: (250, 210, 1) Lab: (84.5, 1.2, 87.3)	RAL 1018 Amarillo Zinc
	HEX: #F7DF6A RGB: (247, 223, 106) Lab: (87.8, 2.5, 63.2)	RAL 1021 Amarillo Colza

La Tabla 8 evidencia que el colorante natural de Chilca genera variabilidad cromática, desde amarillos intensos (RAL 1018) hasta amarillos suaves o pastel (RAL 1021), mostrando su capacidad para producir una gama tonal amplia según el tratamiento aplicado en el proceso de teñido.

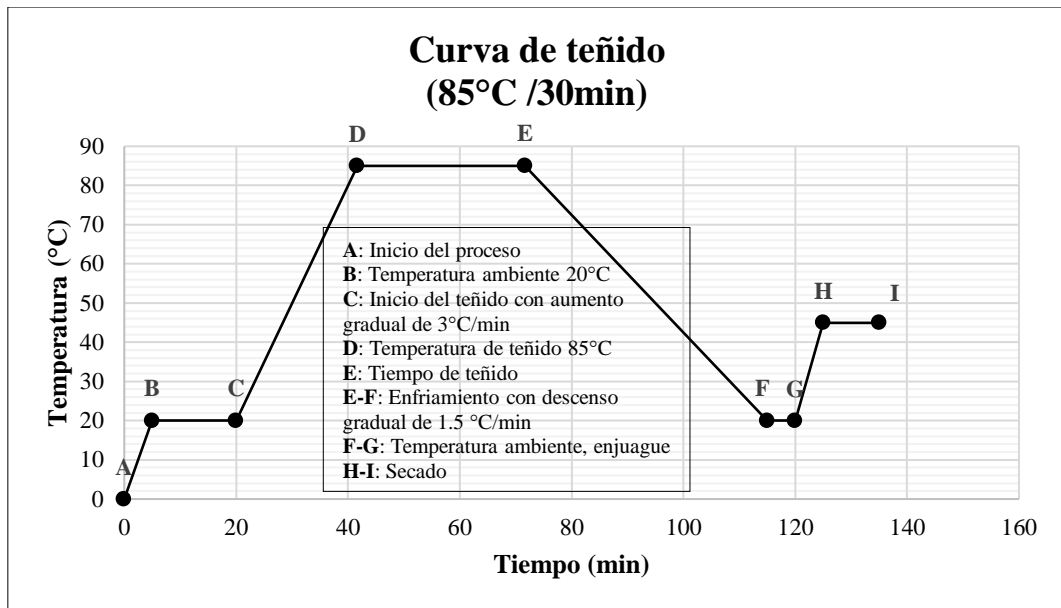


Figura 14: Curva de teñido a temperatura 85°C y tiempo 30 min

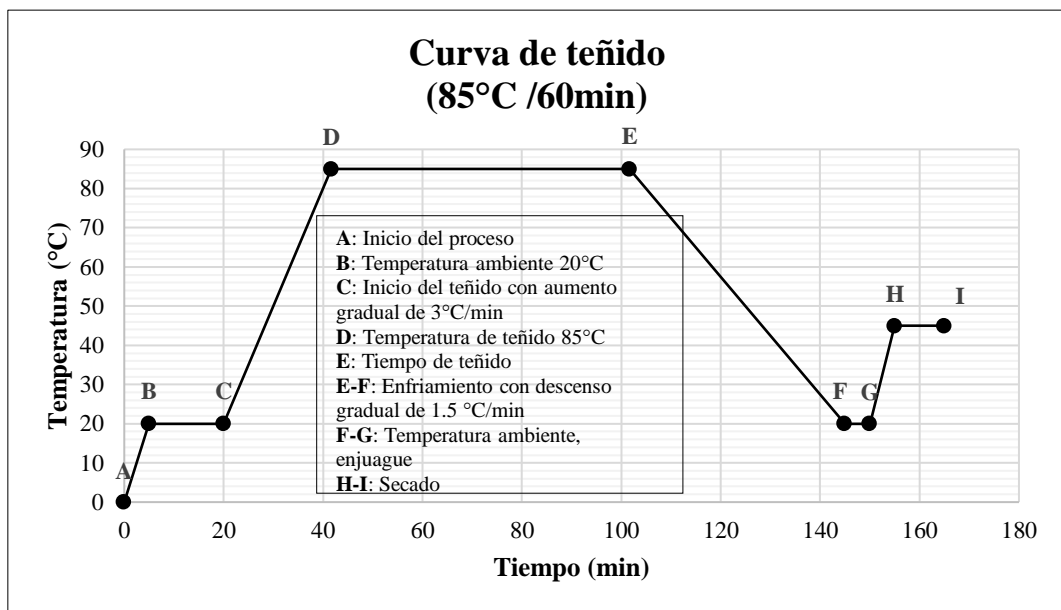


Figura 15: Curva de teñido a temperatura 85°C y tiempo 60 min

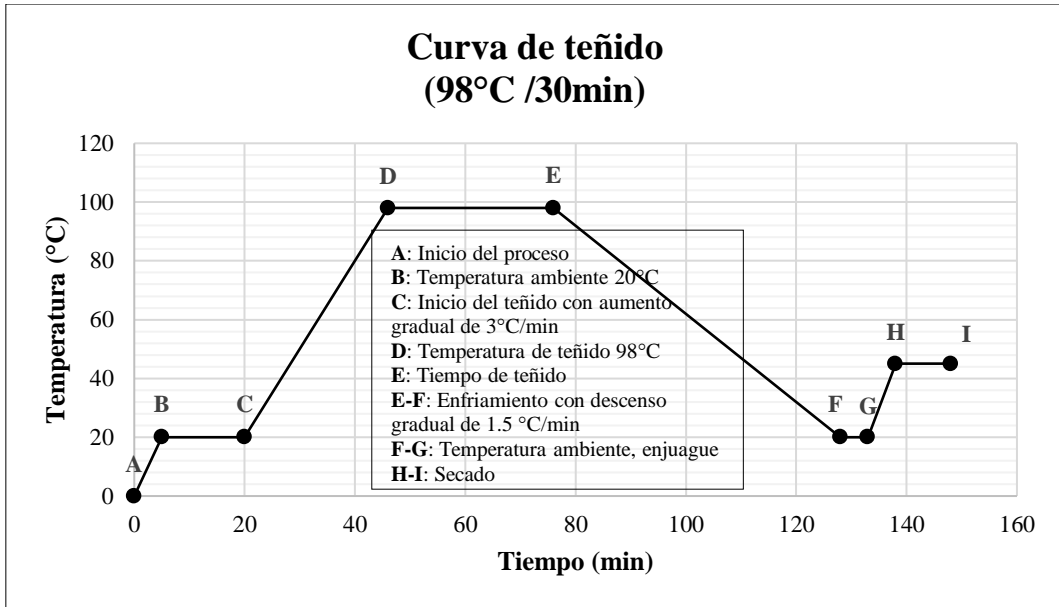


Figura 16: Curva de teñido a temperatura 98°C y tiempo 30 min

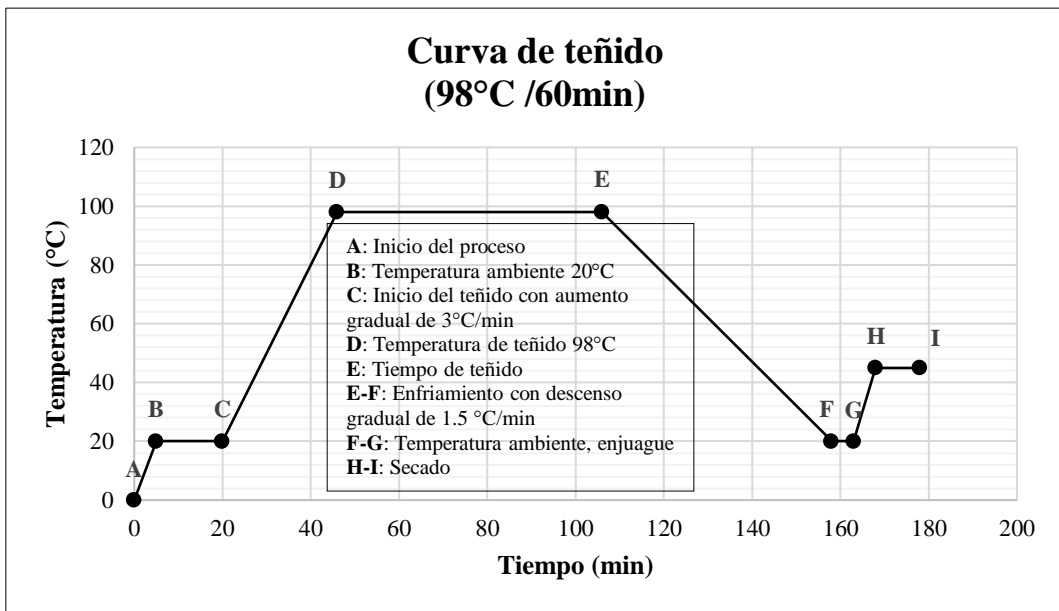


Figura 17: Curva de teñido a temperatura 98°C y tiempo 60 min

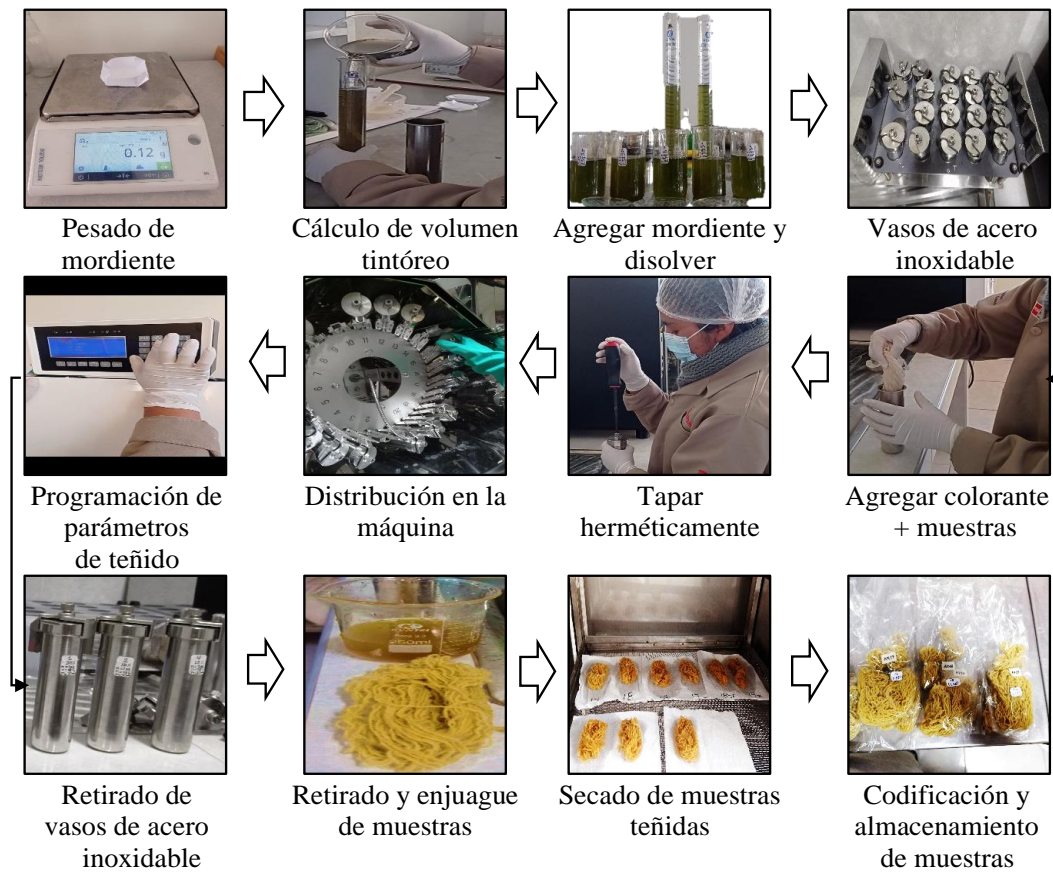


Figura 18: Secuencia fotográfica del proceso de teñido

3.8.5. Procedimiento del ensayo de solidez del color al lavado

El ensayo de solidez del color al lavado se efectuó bajo la condición de ensayo 1A de la NTP 231.008:2015 (revisada el 2022), la cual permite evaluar la transferencia y las variaciones de color del hilado teñido sobre tejidos testigo blancos multifibra en una solución líquida, comparando los resultados mediante la escala de grises para transferencia de color.

Tabla 9: Condiciones de ensayo de solidez al lavado

Opción	Temperatura (°C)	Volumen total (ml)	Detergente sólido (% del volumen total)	Detergente líquido (% del volumen total)	Volumen total de cloro (%)	Número de esferas de acero	Número de esferas de caucho	Tiempo (min)
1A	40	200	0,37	0,56	-	10	-	45
2A	49	150	0,15	0,23	-	50	-	45
3A	71	50	0,15	0,23	-	100	-	45

FUENTE: NTP 231.008 (2015).

a) Cálculo de cantidad de detergente

Según la Tabla 9, y las condiciones de ensayo de la opción 1A usando detergente en sólido:

- Volumen total de solución = 200 mL
- % detergente sólido del volumen total = 0.37%
- Cantidad de detergente = $200 \times 0.37\% = 200 \times 0.37 / 100 = 0.74\text{g}$

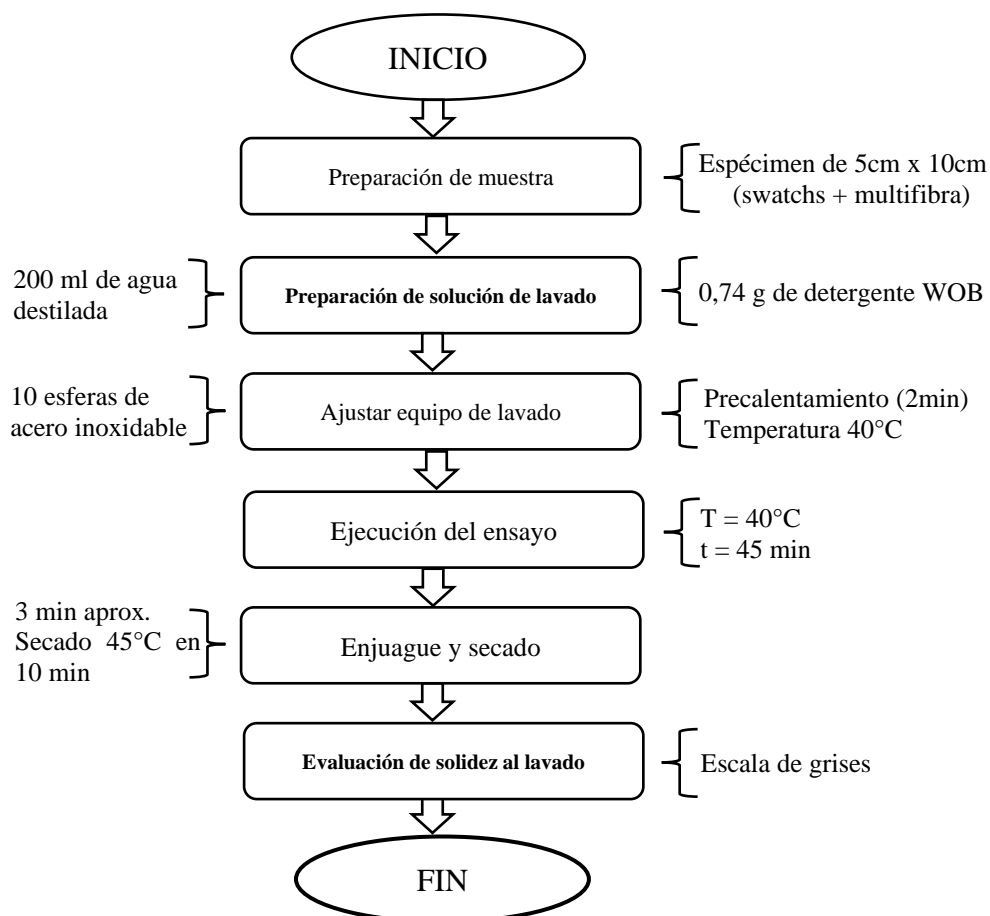


Figura 19: Diagrama de flujo del ensayo de solidez al lavado

A continuación, se detalla el procedimiento y condiciones experimentales correspondiente del ensayo de solidez del color al lavado.

- Preparación de muestras:** Se cortó la tela multifibra compuesta por acetato, algodón, nylon, poliéster, acrílico y lana; en tiras de 5cm (ancho). Se preparó espécimen (swatchs de hilado de lana teñido) con dimensiones de 5cm x 10cm.
- Ensamblaje del espécimen:** Se colocó la muestra (swatch) entre dos telas multifibra, centrando la muestra y asegurando contacto frontal directo, fijando las telas con grapas para mantener el ensamblaje durante la prueba.

- c) **Preparación de la solución de lavado:** Se disolvieron 0,74 g de detergente estándar AATCC 1993–WOB (sin blanqueador óptico) en 200 mL de agua destilada dentro de un vaso precipitado.
- d) **Preparación del equipo:** Se vertió la solución preparada en un vaso de acero inoxidable del equipo Water Colour Fastness Tester (marca SAMKOON), añadiendo 10 esferas de acero inoxidable. Se realizó el precalentamiento del vaso con la solución por 2 minutos antes de introducir la muestra.
- e) **Ejecución del ensayo:** Se introdujo el espécimen ensamblado (muestra + multifibra) en la solución precalentada, cerrando el vaso herméticamente. El ensayo se efectuó a temperatura de 40°C durante 45 minutos tal como lo establece la NTP.
- f) **Enjuague y secado:** Una vez retirado el espécimen del vaso, se realizó el enjuagado con abundante agua durante 3min. Se quitó las grapas separando la tela multifibra de la muestra. El secado se realizó en la secadora a 45°C durante 10 minutos.
- g) **Evaluación de la solidez del color al lavado:** Se evaluó la transferencia de color en la tela multifibra utilizando la cabina de luz sistematizada comparando con una muestra original no lavada. Se calificó el grado de transferencia de color con la escala de grises, según los valores establecidos por la NTP 231.004:2014 para cada tipo de fibra de la tela multifibra de 6 bandas.

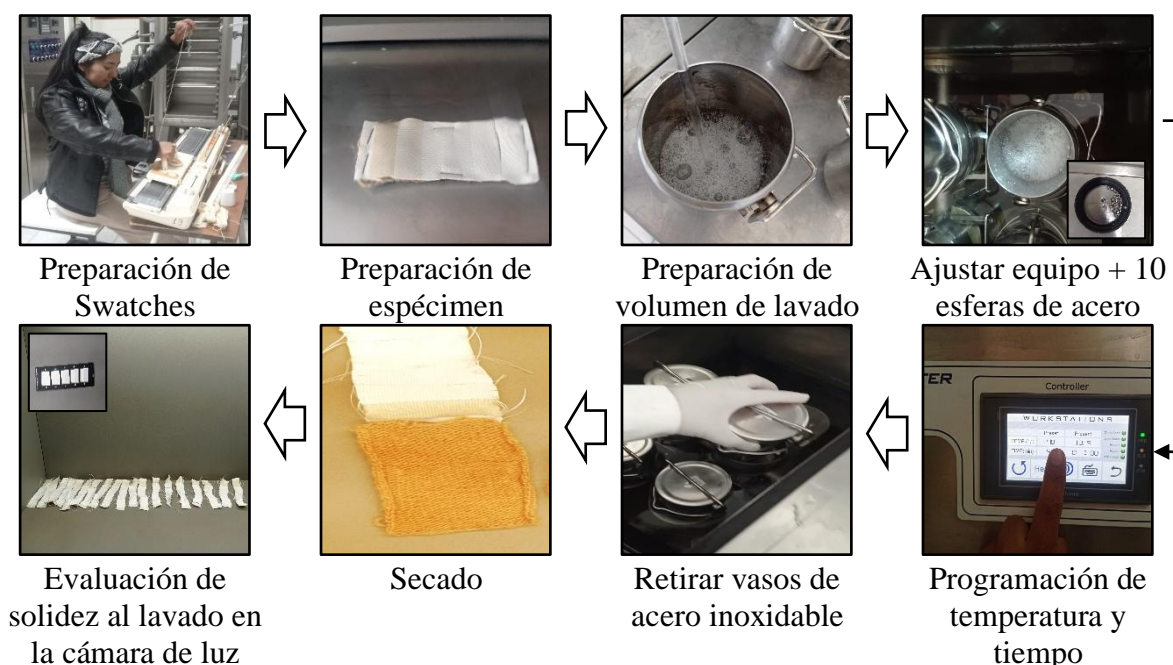


Figura 20: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez al lavado

3.8.6. Procedimiento del ensayo de solidez del color al frote

El ensayo se llevó a cabo siguiendo la metodología de la NTP 231.042:2009 (revisada el 2019).

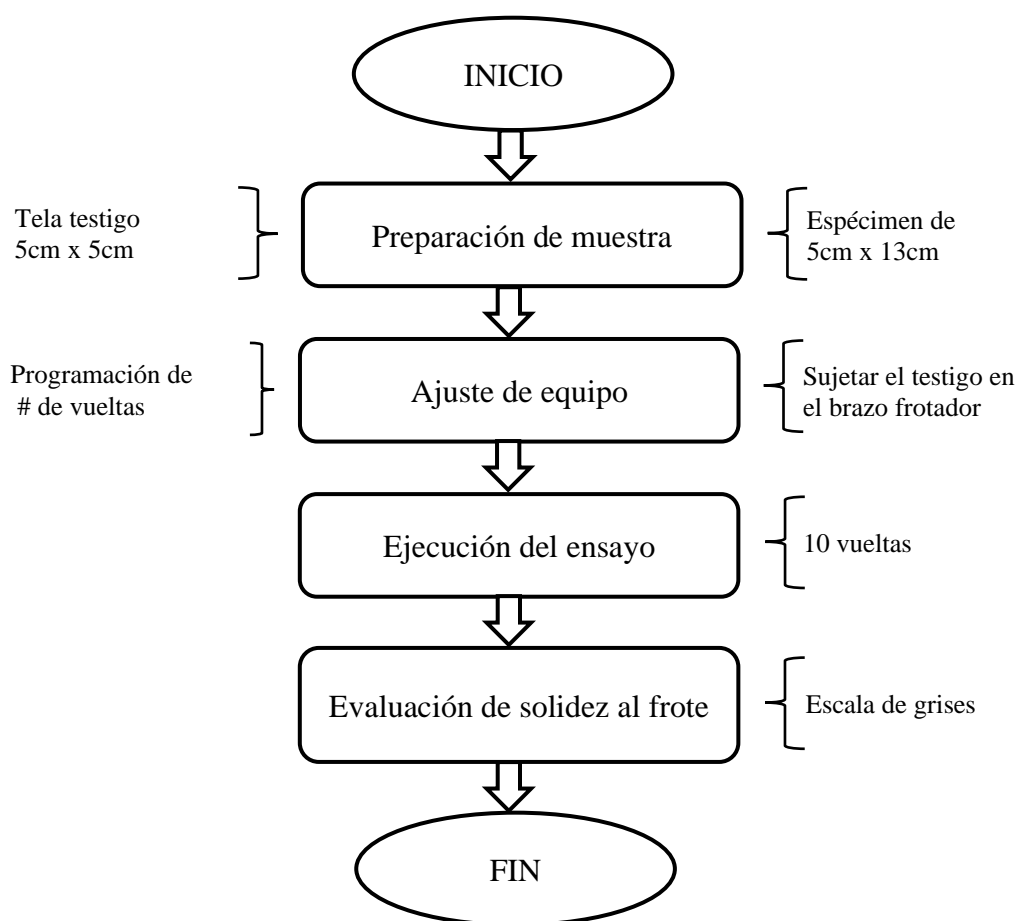


Figura 21: Diagrama de flujo del ensayo de solidez al frote

A continuación, se detalla el procedimiento y condiciones experimentales del ensayo de solidez del color al frote.

- a) **Preparación de muestra:** Se enrolló el hilado de lana teñido sobre un cartón prensado, asegurando una distribución uniforme en la dirección longitudinal (5cm x 13cm).
- b) **Montaje de la muestra:** La muestra preparada se fijó en la base del equipo Crockmeter, extendiéndola sobre papel lija para garantizar una fricción adecuada, fijándose además una tela testigo blanca de algodón de 5cm x 5cm en el extremo del brazo deslizante del equipo mediante un alambre espiral especial. De manera que el testigo quede alineado en la dirección del roce, quedando proyectado hacia abajo desde el brazo del equipo.

- c) **Configuración del equipo:** Se programó el Crockmeter para realizar 10 vueltas completas, equivalentes a 20 movimientos de vaivén, a una velocidad de 1 vuelta por segundo.
- d) **Ejecución del ensayo:** Se inició el ensayo de frotación. El dedo cubierto del equipo se desplazó hacia adelante y hacia atrás sobre la muestra, generando fricción controlada.
- e) **Evaluación de la solidez del color al frote:** Culminado el ensayo se retiró la tela testigo de algodón. Finalmente, se evaluó la transferencia de color sobre la tela testigo lo cual se realizó en una cabina de luz normalizada, determinándose su intensidad mediante la escala de grises de transferencia de color, según los valores establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 231.004:2014).



Figura 22: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez al frote

3.8.7. Procedimiento del ensayo de solidez del color a la luz

Se empleó la metodología de la NTP 231.183.1986 (revisada el 2020), que consiste en exponer las muestras de teñido a la luz solar por 12 horas a razón de 4 horas por 3 días, bajo la condición determinada, protegida de lluvia y objetos a su alrededor que pueda hacer sombra.

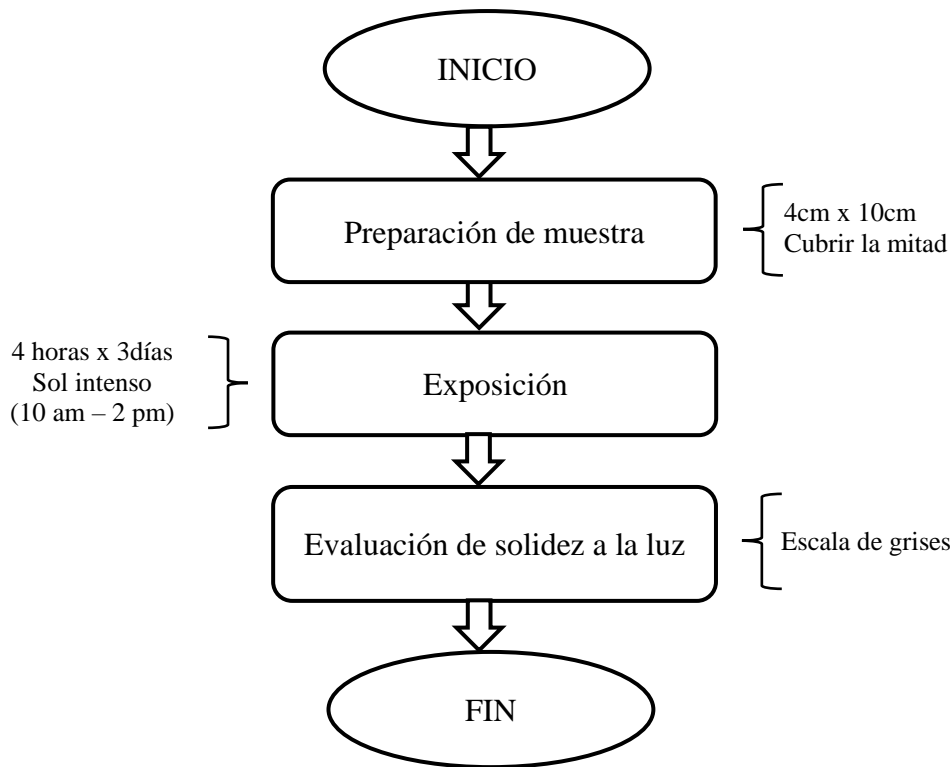


Figura 23: Diagrama de flujo del ensayo de solidez a la luz

A continuación, se detalla el procedimiento y condiciones experimentales correspondiente del ensayo de solidez del color a la luz.

- a) **Preparación de la muestra:** Sobre un cartón forrado con cartulina negra se enrolló uniformemente el hilado de lana teñida en sentido longitudinal en dimensiones de 4cm x 10cm. Se cubrió la mitad de la muestra con una tapa de cartón negro, fijándola de manera que una parte quede expuesta a la luz solar y la restante permanezca protegida como muestra testigo.
- b) **Exposición a la luz solar:** Se colocó las tarjetas preparadas en un lugar con exposición directa a la luz solar más intenso de entre las 10:00 am hasta 2:00 pm manteniendo las muestras por el tiempo que establece la NTP.
- c) **Evaluación de solidez del color a la luz:** Al concluir el tiempo de exposición, se retiró las tapas de cartón negro. Finalmente, se evaluó el grado de decoloración o cambio de color en la parte expuesta comparándola con la sección protegida (testigo). Esto se llevó a cabo en la cabina de luz estandarizada, utilizando la escala de grises de cambio de color según los valores establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 231.005:2014).



Figura 24: Secuencia fotográfica del ensayo de solidez a la luz

3.9. PROCESOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.9.1. Diseño experimental

Para evaluar de manera metódica los efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) sobre la solidez del color del hilado de lana se utilizó el diseño experimental adecuado, este diseño permite controlar las condiciones del experimento y obtener resultados estadísticamente válidos (Montgomery, 2013). Asegurando que los resultados obtenidos respecto al comportamiento del colorante de Chilca en el hilado de lana sean confiables y aplicables.

3.9.2. Diseño factorial

Se aplicó un diseño factorial 2^K , el cual permite analizar simultáneamente el efecto de múltiples factores y sus posibles interacciones sobre una variable respuesta (Montgomery, 2013), es decir que en cada ensayo completo o réplica del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. En este caso, se utilizó el diseño factorial 2^4 , considerando 4 factores, cada uno con 2 niveles teniendo 16 tratamientos.

Tabla 10: Diseño factorial 2^4

N° Tratamiento	Combinaciones	Factores			
		A	B	C	D
T1	<i>(1)</i>	-	-	-	-
T2	<i>a</i>	+	-	-	-
T3	<i>b</i>	-	+	-	-
T4	<i>ab</i>	+	+	-	-
T5	<i>c</i>	-	-	+	-
T6	<i>ac</i>	+	-	+	-
T7	<i>bc</i>	-	+	+	-
T8	<i>abc</i>	+	+	+	-
T9	<i>d</i>	-	-	-	+
T10	<i>ad</i>	+	-	-	+
T11	<i>bd</i>	-	+	-	+
T12	<i>abd</i>	+	+	-	+
T13	<i>cd</i>	-	-	+	+
T14	<i>acd</i>	+	-	+	+
T15	<i>bcd</i>	-	+	+	+
T16	<i>abcd</i>	+	+	+	+

FUENTE: (Montgomery, 2013).

Tabla 11: Combinación de tratamientos del teñido con Chilca (*Baccharis latifolia*)

N° Tratamiento	Combinaciones	Relación	Concentración	Tiempo de	Temperatura
		planta/sustrato	de mordiente		
		(%)	(g/L)	teñido (min)	de teñido
		(°C)			
		A	B	C	D
T1	(1)	15	1	30	85
T2	a	30	1	30	85
T3	b	15	5	30	85
T4	ab	30	5	30	85
T5	c	15	1	60	85
T6	ac	30	1	60	85
T7	bc	15	5	60	85
T8	abc	30	5	60	85
T9	d	15	1	30	98
T10	ad	30	1	30	98
T11	bd	15	5	30	98
T12	abd	30	5	30	98
T13	cd	15	1	60	98
T14	acd	30	1	60	98
T15	bcd	15	5	60	98
T16	abcd	30	5	60	98

En la Tabla 11, se muestra las combinaciones para cada tratamiento compuesto con los niveles de los cuatro factores tales como relación planta/sustrato (A), concentración de mordiente (B), tiempo de teñido(C) y temperatura de teñido (D).

3.9.3. Variables del proceso

**Figura 25:** Diseño estadístico de experimentos de las variables entrada y salida

Tabla 12: Variables de entrada

	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)
A: Relación planta/sustrato	15 %	30%
B: Concentración de mordiente	1g/L	5g/L
C: Tiempo de teñido	30 min	60 min
D: Temperatura de teñido	85°C	98°C

En la Tabla 12, se observa los factores que se manipulo deliberadamente.

Tabla 13: Variables de salida

Solidez del color al lavado	La NTP correspondiente a la escala de grises para transferencia de color establece el valor de la calificación de la solidez del color.
Solidez del color al frote	La NTP correspondiente a la escala de grises de transferencia de color establece el valor de la calificación de solidez del color.
Solidez del color a la luz	La NTP correspondiente a la escala de grises para cambio de color establece el valor de la calificación de solidez del color.

En la Tabla 13, se muestra las variables respuesta, los cuales dependen de las combinaciones de los factores.

3.9.4. Análisis estadístico de datos

El análisis estadístico se realizó utilizando los valores de la solidez del color al lavado, frote y luz obtenidos con la escala de grises de transferencia y cambio de color. Los datos obtenidos fueron cuantitativos los cuales fueron procesados mediante el software estadístico MINITAB 22. Para la contrastación de hipótesis se aplicó análisis de varianza (ANOVA) siguiendo el diseño factorial 2^4 a un nivel de significancia de 0.05. Previamente, se verifico los supuestos estadísticos mediante la prueba de normalidad de Ryan-Joiner y la homogeneidad de varianzas por medio de la prueba Levene. El propósito del análisis fue aceptar o rechazar la hipótesis planteada, presentando los resultados en gráficas y tablas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de solidez del color

a) Supuestos de ANOVA

- Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad, se estableció como hipótesis nula que los datos presentan una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna plantea que los datos no presentan una distribución normal; en función de ello, la regla de decisión es que si el valor de p es mayor que el nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; por el contrario, cuando el valor de p es menor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 14: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez del color

Ensayo	Media	Desviación estándar	Número de muestras	RJ	Valor p
Solidez del color	3.932	0.3336	48	0.983	0.100

En la Tabla 14 se detalla los resultados de la prueba de normalidad de Ryan-Joiner aplicado a los valores de la solidez del color. El coeficiente obtenido $RJ = 0.983$, junto con un valor $p = 0.100$, superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), evidencio que los datos presentan distribución normal y son estadísticamente aptos para ser analizados mediante ANOVA.

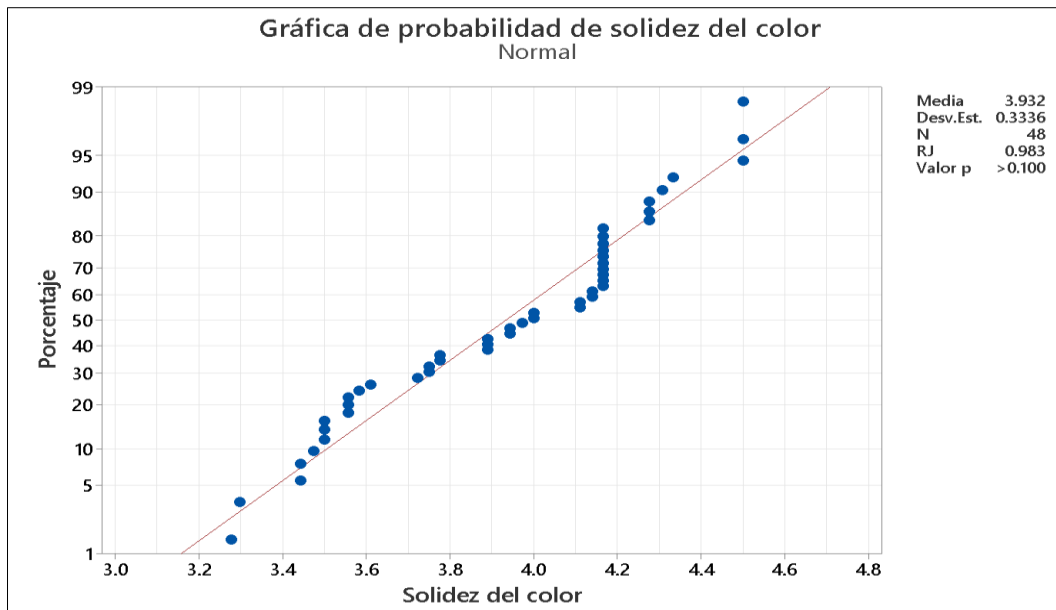


Figura 26: Gráfica de probabilidad (prueba Ryan Joiner) para solidez del color

La Figura 26 presenta el comportamiento de los valores de solidez del color en la gráfica de probabilidad normal. La disposición de los puntos alrededor de la línea de referencia evidencia la ausencia de desviaciones sistemáticas, lo que muestra que los datos presentan un patrón compatible con una distribución normal.

- Prueba de homogeneidad de varianzas

Para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas, se formularon las hipótesis estadísticas considerando como hipótesis nula que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores y como hipótesis alterna que las varianzas no son homogéneas entre los niveles de los factores; siendo la regla de decisión, que si el p valor es mayor que 0.05, acepte la hipótesis nula y rechace la hipótesis alterna, por el contrario si el p valor es menor o igual que 0.05, acepte la hipótesis alterna y rechace la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 15: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez del color

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.129
Levene	0.63	0.795

La Tabla 15 reporta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la solidez del color, donde se obtuvo el valor $p = 0.795$, claramente superior a $\alpha = 0.05$. Este comportamiento refleja que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores, lo que habilita la realización del análisis de varianza.

b) Contrastación de hipótesis

- Hipótesis general

El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana.

H₀ (nula): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) no tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana.

H₁ (alterna): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 16: Resultado de contraste de hipótesis general

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Tratamiento	15	4.9894	0.332627	44.30	0.000
Error	32	0.2403	0.007508		
Total	47	5.2297			

Según la Tabla 16, al aplicar ANOVA con un nivel de confianza del 95%, tras la evaluación estadística se obtuvo un valor de $p = 0.000$. Al situarse el valor de p por debajo del umbral de significancia establecido, se procede al rechazo de la H_0 y la aceptación de la H_1 , lo que indica evidencia estadísticamente relevante. En este contexto, se afirma que la aplicación del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) ejerce una influencia significativa sobre la solidez del color del hilado de lana.

c) Resultados descriptivos

La experimentación para evaluar la solidez del color (lavado, frote y luz), se desarrolló utilizando hilado de lana teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*), bajo el diseño factorial 2^4 , conformado por 16 tratamientos con 3 réplicas.

Tabla 17: Resultados de solidez del color (lavado, frote y luz)

N° Tratamiento	Relación planta/sustrato (%)	Factores			Solidez al lavado			Solidez al frote			Solidez a la luz		
		Concentración de mordiente (g/L)	Tiempo de teñido (min)	Temperatura de teñido (°C)	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica I	Réplica II	Réplica III
T1	15	1	30	85	3.83	3.83	3.9	3	3.5	3.5	3	3	2.5
T2	30	1	30	85	4.33	4.33	4.33	4	4.5	4	3.5	3.5	3.5
T3	15	5	30	85	3.83	3.83	3.83	3.5	3	4	3.5	3.5	3.5
T4	30	5	30	85	4.33	4.33	4.33	4	4	4.5	4	4.5	4
T5	15	1	60	85	4.17	4.17	4.2	3.5	3.5	4	3	3	3
T6	30	1	60	85	4.5	4.42	4.5	4.5	4	4	4	3.5	4
T7	15	5	60	85	4.25	4.25	4.3	4	4	4	3	3	3
T8	30	5	60	85	4.42	4.5	4.5	3.5	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5
T9	15	1	30	98	4	4.33	4	4.5	4.5	4.5	4	4	4
T10	30	1	30	98	4.42	4.5	4.4	4.5	4	4	4	4	4
T11	15	5	30	98	3.92	4	4	3.5	3.5	3.5	3	3	3
T12	30	5	30	98	4.5	4.5	4.5	4	3.5	3.5	4	4	4
T13	15	1	60	98	4.17	4.17	4.17	4	4	4.5	3.5	3.5	3
T14	30	1	60	98	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
T15	15	5	60	98	4.25	4	4.2	3.5	3.5	3.5	3	3	3
T16	30	5	60	98	4.5	4.5	4.5	4	4	4	4	4	4

La Tabla 17 reúne los valores de la evaluación de solidez del color frente al lavado, frote y luz, determinados mediante escalas de grises para transferencia y cambio cromático según la calificación de las NTP, correspondiente a los 16 tratamientos con sus tres replicas.

Tabla 18: Análisis de varianza para solidez del color

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Modelo	15	4.98941	0.33263	44.30	0.000
Lineal	4	3.52215	0.88054	117.28	0.000
A	1	3.01669	3.01669	401.80	0.000
B	1	0.15113	0.15113	20.13	0.000
C	1	0.08333	0.08333	11.10	0.002
D	1	0.27100	0.27100	36.10	0.000
Interacciones de 2 términos	6	1.00094	0.16682	22.22	0.000
A*B	1	0.02676	0.02676	3.56	0.068
A*C	1	0.02139	0.02139	2.85	0.101
A*D	1	0.03308	0.03308	4.41	0.044
B*C	1	0.00493	0.00493	0.66	0.424
B*D	1	0.88926	0.88926	118.44	0.000
C*D	1	0.02551	0.02551	3.40	0.075
Interacciones de 3 términos	4	0.42741	0.10685	14.23	0.000
A*B*C	1	0.07949	0.07949	10.59	0.003
A*B*D	1	0.11085	0.11085	14.76	0.001
A*C*D	1	0.18418	0.18418	24.53	0.000
B*C*D	1	0.05289	0.05289	7.04	0.012
Interacciones de 4 términos	1	0.03891	0.03891	5.18	0.030
A*B*C*D	1	0.03891	0.03891	5.18	0.030
Error	32	0.24025	0.00751		
Total	47	5.22966			

En la Tabla 18, se muestra los resultados de análisis de varianza aplicado a solidez del color, considerando $\alpha = 5\%$, indicando que el modelo es altamente significativo con un valor $P=0.000$. Así mismo, factores principales como la relación planta/sustrato (A), concentración de mordiente (B), tiempo (C) y temperatura (D) muestran efectos estadísticamente significativos, debido a que los valores de *p* se sitúan por debajo del umbral de significancia, confirmando su influencia en la solidez del color. Por otro lado, las interacciones de dos términos (A*D) y (B*D) resultan significativas ya que sus *p* valor son inferiores al 0,05, las demás combinaciones no son significativas. Las interacciones de tres términos (A*B*C), (A*B*D), (A*C*D) y (B*C*D) tienen efectos significativos ya que sus *p* valor son inferiores al 0,05. Asimismo, la

interacción conjunta de los cuatro términos considerados (A*B*C*D) evidenció una influencia estadísticamente relevante.

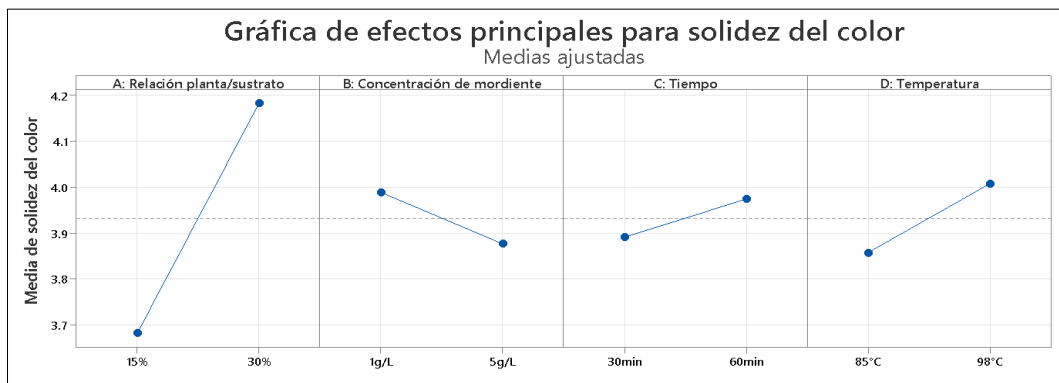


Figura 27: Gráfica de efectos principales para solidez del color

La Figura 27 presenta los efectos principales de los factores evaluados. La relación planta/sustrato (A) muestra una mejora considerable en la solidez del color al incrementarse su nivel de 15% a 30%. Asimismo, el aumento de la concentración de mordiente (B) de 1 g/L a 5 g/L no genera mejora en la solidez del color. De igual manera, el tiempo de teñido (C) evidencia un efecto positivo ligero, ya que al aumentar de 30 a 60 minutos se observa una mejora en la solidez del color. Finalmente, el incremento de la temperatura de teñido (D) de 85 °C a 98 °C produce una leve mejora sobre la solidez del color.

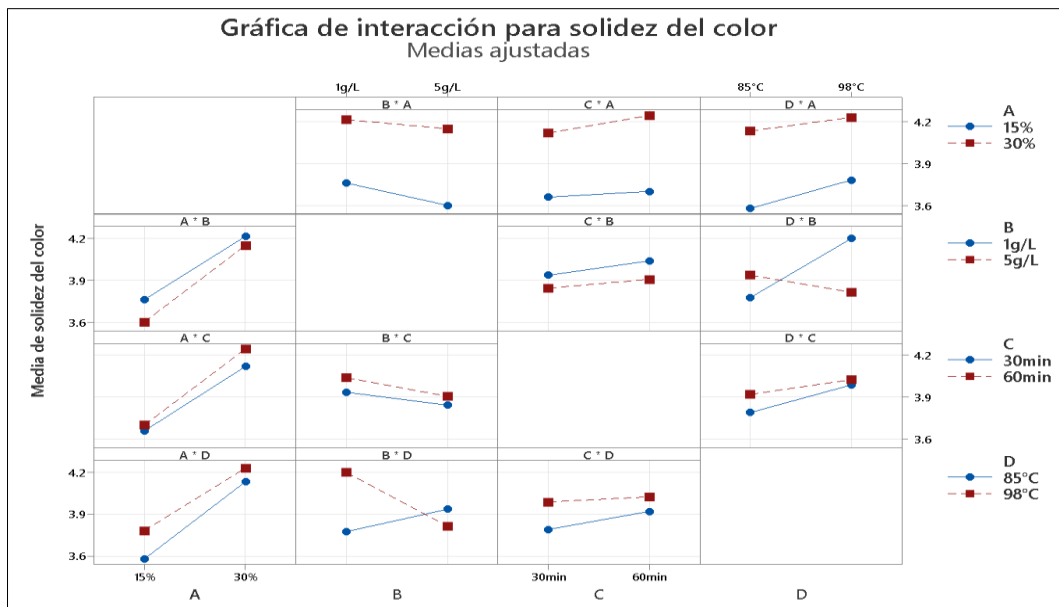


Figura 28: Gráfica de interacciones para la solidez del color

La Figura 28 permite visualizar la gráfica de interacciones para la solidez del color, en la que se aprecia determinadas combinaciones de factores que ejercen una influencia más significativa. En particular, las interacciones (A*B) y (A*D) presentan líneas claramente divergentes, evidenciando que la relación planta/sustrato (A), especialmente en su nivel 30%, modifica significativamente la respuesta cuando se combina con la concentración de mordiente (B), tanto en 1 g/L como 5 g/L, y con la temperatura (D) en sus dos niveles (85°C y 98°C). Asimismo, las interacciones (B*C) y (C*D) muestran variaciones apreciables entre los niveles de concentración de mordiente (1 g/L y 5 g/L) y tiempo (30 min y 60 min), así como entre los niveles de tiempo y temperatura (85°C y 98°C), indicando una influencia conjunta moderada. En contraste, las interacciones (A*C) y (B*D) presentan líneas más próximas entre sí, señalando un efecto combinado menor entre los niveles del tiempo (30 y 60 min) y los niveles del mordiente o la temperatura. En conjunto, los resultados evidencian que los mejores valores de solidez del color se alcanzan cuando el nivel 30% del factor (A) se combina favorablemente con los otros factores.

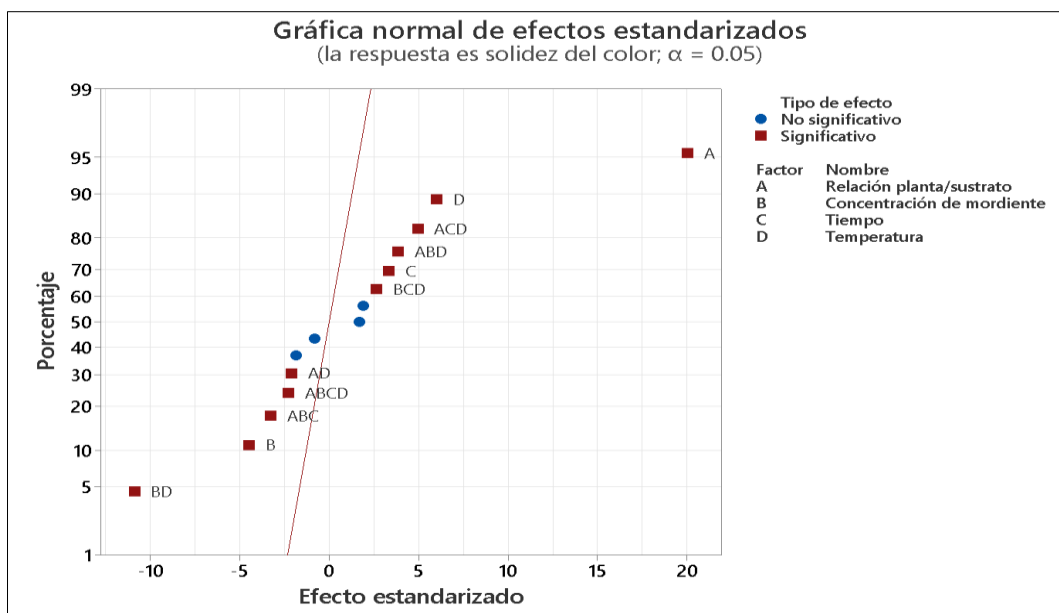


Figura 29: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez del color

En la Figura 29, se observa la gráfica normal de efectos estandarizados lo que permite identificar qué factores e interacciones influyen de manera significativa en la solidez del color, bajo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los factores relación planta /sustrato (A), concentración de mordiente (B), tiempo (C) y temperatura (D), en las combinaciones de dos factores (A*D) y (B*D), en las combinaciones de tres factores (A*C*D), (A*B*D), (A*B*C)

y (B*C*D) y en combinaciones de cuatro factores (A*B*C*D) son estadísticamente significativos e influyen en la solidez del color.

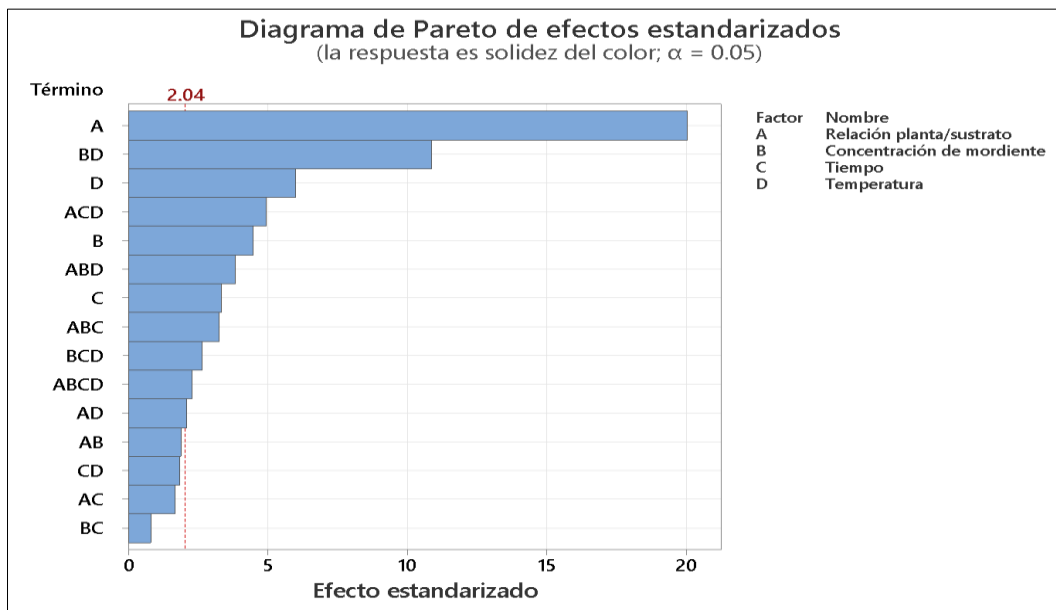


Figura 30: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la solidez del color

La Figura 30 corresponde al diagrama de Pareto de los efectos estandarizados asociados a los factores y sus interacciones sobre la solidez del color, evaluados bajo un $\alpha = 0.05$. En esta representación, la línea vertical de referencia (valor crítico = 2.04) marca el umbral a partir del cual los factores se consideran significativos. Los factores relación planta /sustrato (A), concentración de mordiente (B), tiempo (C) y temperatura (D), en las combinaciones de dos factores (A*D) y (B*D), en las combinaciones de tres factores (A*C*D), (A*B*D), (A*B*C) y (B*C*D) y en combinaciones de cuatro factores (A*B*C*D) son significativos e influyen en la solidez del color. No obstante, las interacciones cuyos valores se encuentran por debajo del punto crítico de 2.04 no presentan significancia estadística.

4.1.2. Resultados de solidez al lavado

a) Supuestos de ANOVA

- Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad, se estableció como hipótesis nula que los datos presentan una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna plantea que los datos no presentan una distribución normal; en función de ello, la regla de decisión es que si el valor de p es mayor que el nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; por el contrario,

cuando el valor de p es menor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 19: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez al lavado

Ensayo	Media	Desviación estándar	Número de muestras	R J	Valor p
Solidez al lavado	4.255	0.2315	48	0.987	0.100

La Tabla 19 detalla los resultados de la prueba de normalidad de Ryan – Joiner aplicado a los valores de la solidez del color al lavado, donde se determina $RJ = 0.987$, y el valor $p = 0.100$, superior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. En consecuencia, se confirmó que los datos cumplen con el supuesto de normalidad y son estadísticamente aptos para ser analizados mediante ANOVA.

- **Prueba de homogeneidad de varianzas**

Para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas, se formularon las hipótesis estadísticas considerando como hipótesis nula que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores y como hipótesis alterna que las varianzas no son homogéneas entre los niveles de los factores; siendo la regla de decisión, que si el p valor es mayor que 0.05, acepte la hipótesis nula y rechace la hipótesis alterna, por el contrario si el p valor es menor o igual que 0.05, acepte la hipótesis alterna y rechace la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 20: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez al lavado

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.403
Levene	0.49	0.826

En la Tabla 20, se detalla los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicado a los valores de solidez del color al lavado, donde se obtuvo el valor $p = 0.826$, superior a $\alpha = 0.05$, evidenció que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores, lo que habilita la realización del análisis de varianza.

b) Contrastación de hipótesis

- Hipótesis específica 1

El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado del hilado de lana.

H₀ (nula): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) no tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado del hilado de lana.

H₁ (alterna): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado del hilado de lana.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 21: Resultado de contraste de hipótesis específica 1

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Tratamiento	15	2.3897	0.159311	39.54	0.000
Error	32	0.1289	0.004029		
Total	47	2.5186			

Según la Tabla 21, al aplicar ANOVA bajo nivel de confianza del 95%, evidenció un valor de $p = 0.000$, inferior al umbral de significancia establecido, se procede al rechazo de la H_0 y a la aceptación de la H_1 , indicando evidencia estadísticamente significativa. En este contexto, se afirma que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color al lavado del hilado de lana.

c) Resultados descriptivos

La experimentación para determinar la solidez del color frente al lavado se desarrolló utilizando hilado de lana aplicado con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*), bajo el diseño factorial 2^4 , conformado por 16 tratamientos con 3 réplicas.

Tabla 22: Resultados de solidez del color al lavado

N° Tratamiento	Relación planta/sustrato (%)	Factores			Solidez al lavado		
		Concentración de mordiente (g/L)	Tiempo de teñido (min)	Temperatura de teñido (°C)	Réplica I	Réplica II	Réplica III
T1	15	1	30	85	3.83	3.83	3.89
T2	30	1	30	85	4.33	4.33	4.33
T3	15	5	30	85	3.83	3.83	3.83
T4	30	5	30	85	4.33	4.33	4.33
T5	15	1	60	85	4.17	4.17	4.17
T6	30	1	60	85	4.5	4.42	4.5
T7	15	5	60	85	4.25	4.25	4.33
T8	30	5	60	85	4.42	4.5	4.5
T9	15	1	30	98	4	4.33	4
T10	30	1	30	98	4.42	4.5	4.42
T11	15	5	30	98	3.92	4	4
T12	30	5	30	98	4.5	4.5	4.5
T13	15	1	60	98	4.17	4.17	4.17
T14	30	1	60	98	4.5	4.5	4.5
T15	15	5	60	98	4.25	4	4.17
T16	30	5	60	98	4.5	4.5	4.5

La Tabla 22 presenta los valores obtenidos de evaluación de solidez del color al lavado con las escalas de grises de transferencia de color según la calificación de la NTP, correspondiente a los 16 tratamientos con sus tres replicas.

Tabla 23: Análisis de varianza para la solidez al lavado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Modelo	15	2.38966	0.15931	39.54	0.000
Lineal	4	2.12768	0.53192	132.02	0.000
A	1	1.72521	1.72521	428.18	0.000
B	1	0.00013	0.00013	0.03	0.857
C	1	0.33333	0.33333	82.73	0.000
D	1	0.06901	0.06901	17.13	0.000
Interacciones de 2 términos	6	0.21008	0.03501	8.69	0.000
A*B	1	0.00333	0.00333	0.83	0.370
A*C	1	0.08003	0.08003	19.86	0.000
A*D	1	0.00101	0.00101	0.25	0.620
B*C	1	0.00608	0.00608	1.51	0.228
B*D	1	0.00750	0.00750	1.86	0.182
C*D	1	0.11213	0.11213	27.83	0.000
Interacciones de 3 términos	4	0.05168	0.01292	3.21	0.025
A*B*C	1	0.01541	0.01541	3.82	0.059
A*B*D	1	0.01763	0.01763	4.38	0.044
A*C*D	1	0.01763	0.01763	4.38	0.044
B*C*D	1	0.00101	0.00101	0.25	0.620
Interacciones de 4 términos	1	0.00021	0.00021	0.05	0.822
A*B*C*D	1	0.00021	0.00021	0.05	0.822
Error	32	0.12893	0.00403		
Total	47	2.51859			

En la Tabla 23, se muestra los resultados de análisis de varianza aplicado a la solidez de color frente al lavado con un nivel de significancia de 5%, indicando que el modelo es significativo. Así mismo, factores principales como la relación planta/sustrato (A), Tiempo (C) y Temperatura (D) muestran efectos estadísticamente significativos, al registrar valores de *p* inferiores al umbral establecido, indicando su influencia en el teñido. Sin embargo, la concentración de mordiente (B), no tiene efectos significativos. Por otro lado, las interacciones de 2 términos (A*C) y (C*D) mostraron influencia significativa, las demás interacciones no son significativas. Respecto a las interacciones de 3 términos (A*B*C), (B*C*D) alcanzaron relevancia estadística. Finalmente, la interacción de 4 términos (A*B*C*D) no presenta un

efecto estadísticamente relevante, al situarse su valor p por encima del nivel de significancia considerado.

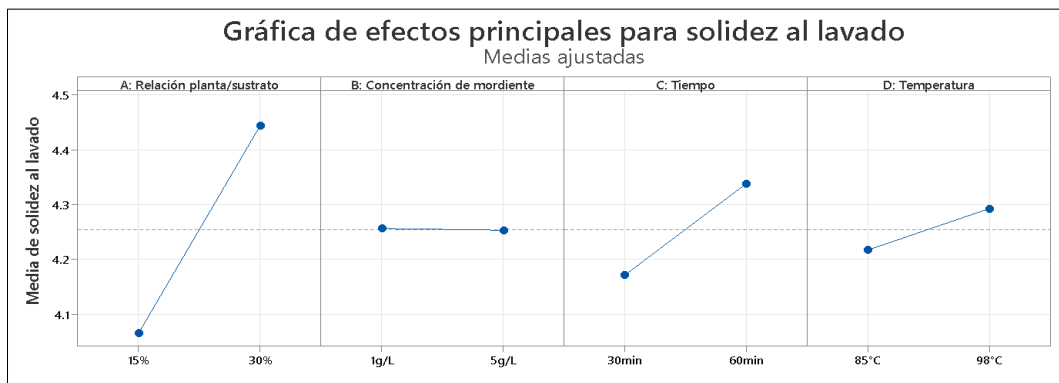


Figura 31: Gráfica de efectos principales para la solidez al lavado

En la Figura 31, se observa los efectos principales de los factores evaluados. La relación planta/sustrato (A) evidencia una mejora considerable en la solidez del color al lavarse al incrementarse su nivel de 15% a 30%. En cuanto a la concentración de mordiente (B), el aumento de 1 g/L a 5 g/L no genera variaciones apreciables en la solidez al lavado. Por su parte, el tiempo de teñido (C) muestra un efecto positivo, ya que al incrementarse de 30 a 60 minutos se observa una mejora en la solidez al lavado. Finalmente, el aumento de la temperatura de teñido (D) de 85 °C a 98 °C produce una ligera mejora en la solidez del color al lavado.

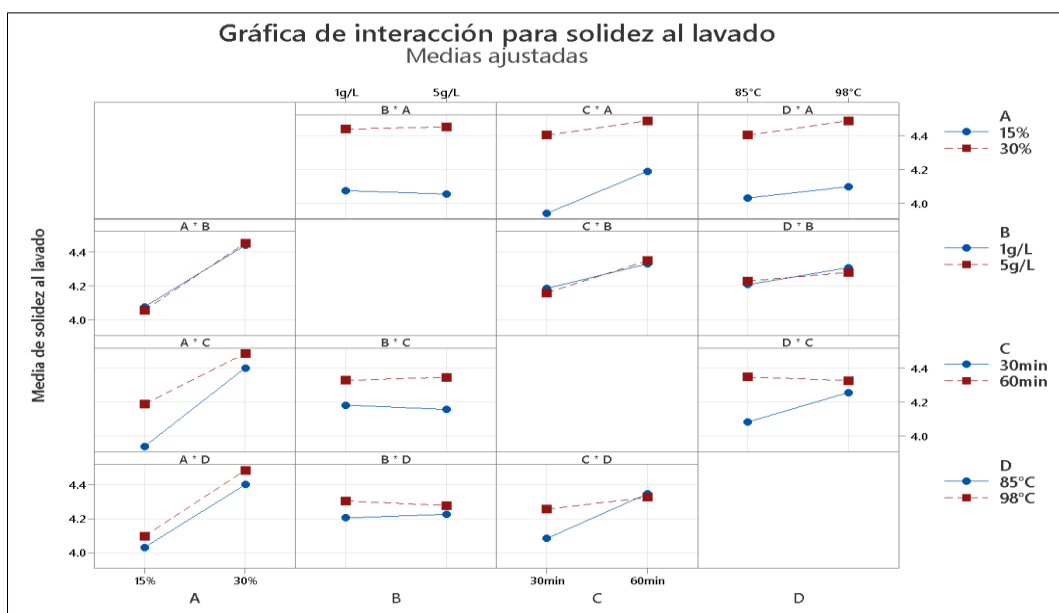


Figura 32: Gráfica de interacciones para la solidez al lavado

En la Figura 32, Se observa la gráfica de interacciones correspondiente a la solidez del color al lavado. En esta representación se analizan los efectos conjuntos de los factores, donde las interacciones (A*B) y (A*D) presentan líneas claramente divergentes, lo que indica que la relación planta/sustrato (A), particularmente en su nivel 30%, influye significativamente cuando se combina con los niveles de concentración de mordiente (1 g/L y 5 g/L) y con las temperaturas evaluadas (85°C y 98°C), alcanzándose valores superiores de solidez al lavado. De igual forma, las interacciones (B*C) y (C*D) reflejan variaciones entre los niveles de concentración de mordiente (1 g/L y 5 g/L) y de tiempo (30 min y 60 min), así como entre los niveles de tiempo y temperatura (85°C y 98°C), mostrando que estos factores modifican conjuntamente la respuesta. En contraste, las interacciones (A*C) y (B*D) presentan líneas más cercanas entre los niveles del tiempo y entre los niveles del mordiente y la temperatura, lo que sugiere una influencia menor. En general, se observa que las mejores calificaciones de solidez al lavado se obtienen cuando el nivel 30% de la relación planta/sustrato interactúa favorablemente con los demás factores.

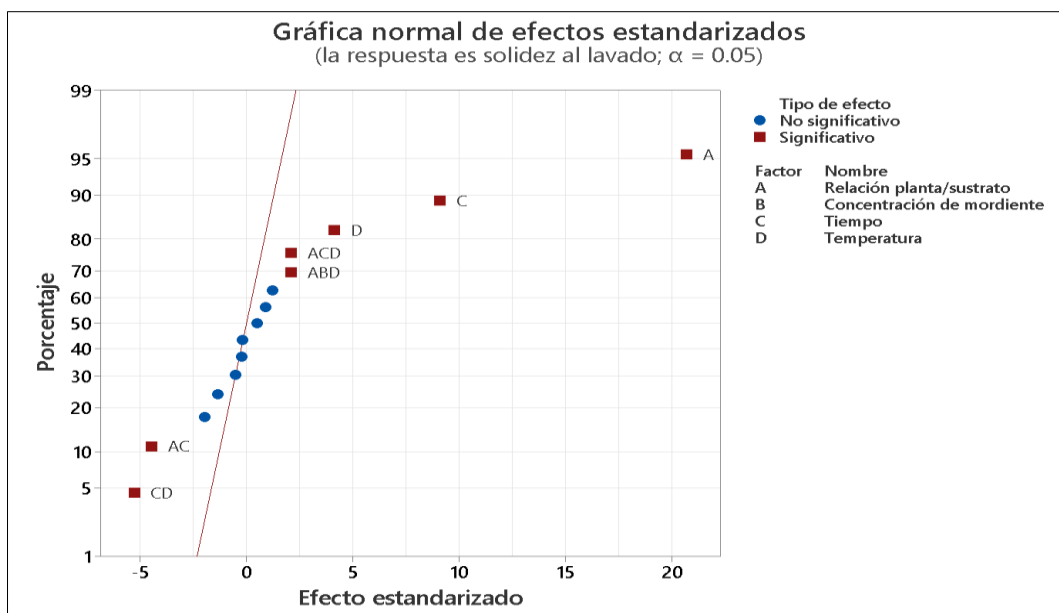


Figura 33: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez al lavado

En la Figura 33, se observa la gráfica normal de efectos estandarizados lo que permite identificar qué factores e interacciones que ejercen una influencia significativa sobre la solidez del color al lavado, considerando $\alpha = 0.05$. Los factores relación planta /sustrato (A), tiempo (C) y temperatura (D), las interacciones de dos factores (A*C) y (C*D) son estadísticamente significativos e influyen en la solidez del color al lavado.

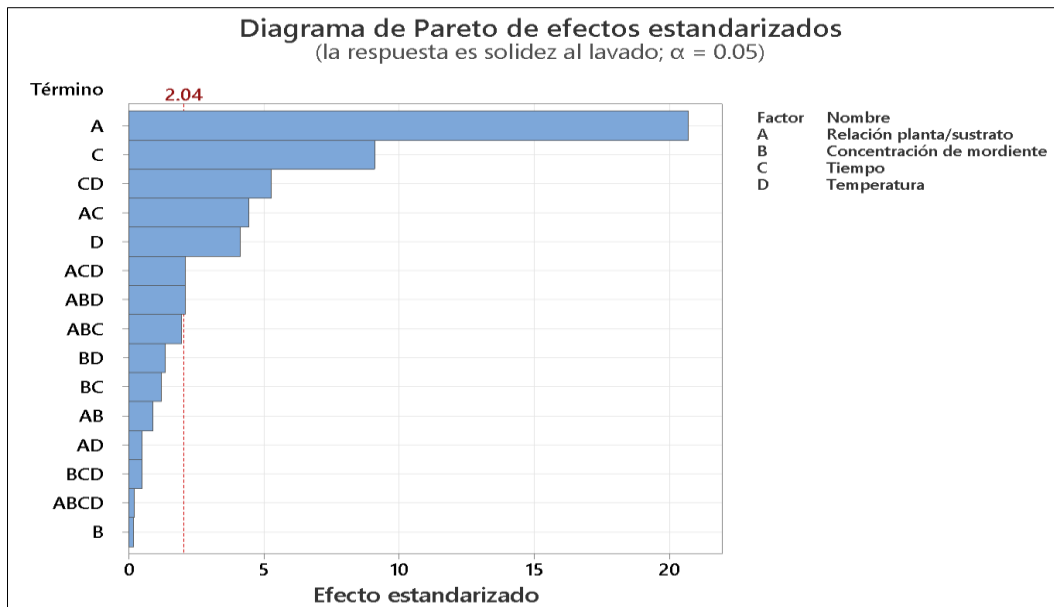


Figura 34: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para solidez al lavado

La Figura 34 corresponde al diagrama de Pareto de efectos estandarizados asociados a los factores e interacciones sobre la solidez del color al lavado, considerando $\alpha = 0.05$. En esta representación, la línea vertical de referencia, establecida en un valor crítico de 2.04 marca el umbral a partir del cual los factores se consideran significativos. Los factores relación planta /sustrato (A), tiempo (C) y temperatura (D), las interacciones de dos factores (A*C) y (C*D) son significativos e influyen para obtener una muy buena solidez del color al lavado. No obstante, las interacciones cuyos valores se encuentran por debajo del punto crítico de 2.04 no presentan significancia estadística.

Tabla 24: Resultados de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez al lavado

Relación planta/sustrato	N	Media	Agrupación
30%	24	4.4442	A
15%	24	4.0650	B
Concentración de mordiente	N	Media	Agrupación
1g/L	24	4.2563	A
5g/L	24	4.2529	A
Tiempo	N	Media	Agrupación
60min	24	4.3379	A
30min	24	4.1712	B
Temperatura	N	Media	Agrupación
98°C	24	4.2925	A
85°C	24	4.2167	A

La Tabla 24 muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a la solidez al lavado, considerando los factores relación planta/sustrato, concentración de

mordiente, tiempo y temperatura; en el factor relación planta/sustrato se evidencian diferencias estadísticamente significativas, ya que el nivel de 30 % alcanzó la mayor media de solidez al lavado (Media = 4.4442) y se ubicó en el grupo A, mientras que el nivel de 15 % presentó una media inferior (Media = 4.0650) y se clasificó en el grupo B, lo que indica que un mayor porcentaje de material vegetal favorece significativamente en la solidez del color al lavado; en contraste, la variación de concentración de mordiente entre 1 g/L y 5 g/L no mostraron diferencias significativas, dado que presentaron medias similares (4.2563 y 4.2529, respectivamente) y compartieron la misma agrupación estadística (A); en el factor tiempo, se observaron diferencias significativas, ya que el tratamiento de 60 min obtuvo una mayor media (Media = 4.3379) y se ubicó en el grupo A, mientras que el de 30 min presentó una media inferior (Media = 4.1712) y se clasificó en el grupo B, evidenciando que un mayor tiempo de teñido mejora la solidez del color al lavado; finalmente, el factor temperatura no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de 98 °C y 85 °C, cuyas medias fueron 4.2925 y 4.2167, respectivamente, ambas pertenecientes al grupo A, lo que sugiere que, dentro del rango de temperaturas evaluado, esta variable no influye de manera significativa en la solidez del color al lavado.

4.1.3. Resultados de solidez al frote

a) Supuestos de ANOVA

- Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad, se estableció como hipótesis nula que los datos presentan una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna plantea que los datos no presentan una distribución normal; en función de ello, la regla de decisión es que si el valor de p es mayor que el nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; por el contrario, cuando el valor de p es menor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 25: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez al frote

Ensayo	Media	Desviación estándar	Número de muestras	R J	Valor p
Solidez al frote	3.906	0.4209	48	0.999	0.100

En la Tabla 25, se detalla los resultados de la prueba de normalidad de Ryan – Joiner aplicado a los valores de la solidez del color al frote, donde se determina $RJ = 0.999$, y valor $p = 0.100$, superior a $\alpha = 0.05$. De este modo, se determina que los datos presentan un comportamiento normal y cumple con el supuesto estadístico para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

- **Prueba de homogeneidad de varianzas**

Para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas, se formularon las hipótesis estadísticas considerando como hipótesis nula que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores y como hipótesis alterna que las varianzas no son homogéneas entre los niveles de los factores; siendo la regla de decisión, que si el p valor es mayor que 0.05, acepte la hipótesis nula y rechace la hipótesis alterna, por el contrario si el p valor es menor o igual que 0.05, acepte la hipótesis alterna y rechace la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 26: Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez al frote

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.997
Levene	0.11	0.998

En la Tabla 26 se consignan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicados a los valores de solidez del color al frote, donde se obtuvo el valor $p = 0.998$, superior a $\alpha = 0.05$, lo que refleja que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores, lo que habilita la realización del ANOVA.

b) Contrastación de hipótesis

- **Hipótesis específica 2**

El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color al frote del hilado de lana.

H₀ (hipótesis nula): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) no tiene efectos significativos en la solidez del color al frote del hilado de lana.

H₁ (hipótesis alterna): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color al frote del hilado de lana.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 27: Resultado de contraste de hipótesis específica 2

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	15	6.495	0.43299	7.56	0.000
Error	32	1.833	0.05729		
Total	47	8.328			

Según la Tabla 27, al aplicar ANOVA con un nivel de confianza del 95%, la evaluación estadística arrojó un valor de $p = 0.000$. Al registrarse un valor de p inferior al nivel de significancia considerado, se procede al rechazo de H_0 y la aceptación de la H_1 , lo que indica evidencia estadísticamente relevante. En este contexto, se afirma que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) incide de manera significativa en la solidez del color frente al frote del hilado de lana.

c) Resultados descriptivos

La experimentación para determinar la solidez del color al frote se desarrolló utilizando hilado de lana aplicado con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*), bajo el diseño factorial 2^4 , conformado por 16 tratamientos con 3 réplicas.

Tabla 28: Resultados de solidez del color al frote

N° Tratamiento	Factores				Solidez al frote		
	Relación planta/sustrato (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Tiempo de teñido (min)	Temperatura de teñido (°C)	Réplica I	Réplica II	Réplica III
T1	15	1	30	85	3	3.5	3.5
T2	30	1	30	85	4	4.5	4
T3	15	5	30	85	3.5	3	4
T4	30	5	30	85	4	4	4.5
T5	15	1	60	85	3.5	3.5	4
T6	30	1	60	85	4.5	4	4
T7	15	5	60	85	4	4	4
T8	30	5	60	85	3.5	3.5	3.5
T9	15	1	30	98	4.5	4.5	4.5
T10	30	1	30	98	4.5	4	4
T11	15	5	30	98	3.5	3.5	3.5
T12	30	5	30	98	4	3.5	3.5
T13	15	1	60	98	4	4	4.5
T14	30	1	60	98	4.5	4.5	4.5
T15	15	5	60	98	3.5	3.5	3.5
T16	30	5	60	98	4	4	4

En la Tabla 28, reúne los valores obtenidos tras la evaluación de solidez del color frente al frote con las escalas de grises de transferencia de color según la calificación de la NTP, correspondiente a los 16 tratamientos con sus tres replicas.

Tabla 29: Análisis de varianza para la solidez al frote

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Modelo	15	6.49479	0.43299	7.56	0.000
Lineal	4	2.85417	0.71354	12.45	0.000
A	1	0.88021	0.88021	15.36	0.000
B	1	1.50521	1.50521	26.27	0.000
C	1	0.04688	0.04688	0.82	0.372
D	1	0.42188	0.42188	7.36	0.011
Interacciones de 2 términos	6	1.40625	0.23437	4.09	0.004
A*B	1	0.04688	0.04688	0.82	0.372
A*C	1	0.04687	0.04687	0.82	0.372
A*D	1	0.13021	0.13021	2.27	0.141
B*C	1	0.00521	0.00521	0.09	0.765
B*D	1	1.17187	1.17187	20.45	0.000
C*D	1	0.00521	0.00521	0.09	0.765
Interacciones de 3 términos	4	2.18750	0.54688	9.55	0.000
A*B*C	1	0.25521	0.25521	4.45	0.043
A*B*D	1	0.63021	0.63021	11.00	0.002
A*C*D	1	1.17187	1.17187	20.45	0.000
B*C*D	1	0.13021	0.13021	2.27	0.141
Interacciones de 4 términos	1	0.04688	0.04688	0.82	0.372
A*B*C*D	1	0.04688	0.04688	0.82	0.372
Error	32	1.83333	0.05729		
Total	47	8.32813			

En la Tabla 29, se muestra los resultados de análisis de varianza aplicado a la solidez de color al frote, considerando $\alpha= 5\%$, indicando que el modelo es significativo. Así mismo, factores principales como la relación planta/sustrato (A), concentración mordiente (B) y Temperatura (D) ejercen una influencia estadísticamente relevante en la solidez al frote, al registrarse valores de *p* inferiores al umbral de significancia. Sin embargo, el factor Tiempo (C) no tiene efectos significativos. Por otro lado, las interacciones de dos términos (B*D) tienen efectos significativos ya que sus *p* valor son inferiores al 0,05, las demás combinaciones no son significativas. Respecto a las interacciones de tres términos, solo la combinación (B*C*D) muestra un efecto significativo, dado que su valor *p* es menor que 0.05. Finalmente, la

interacción de cuatro términos (A*B*C*D) no presenta significancia estadística, ya que el valor de p es superior a 0.05.

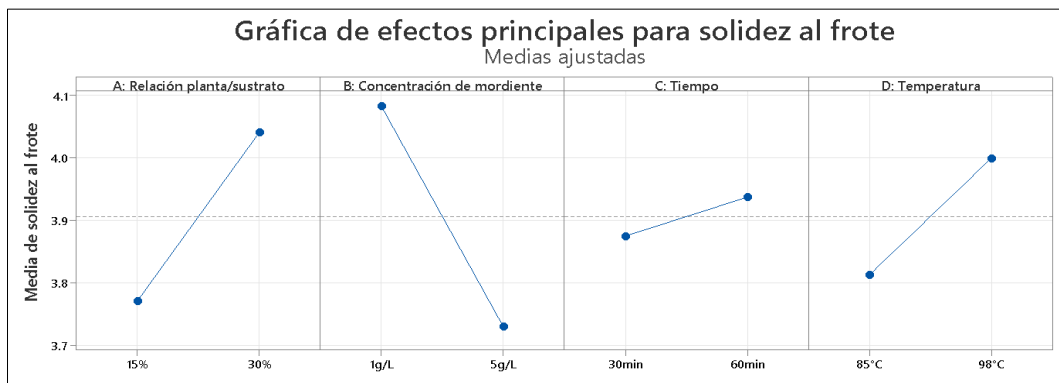


Figura 35: Gráfica de efectos principales para la solidez al frote

La Figura 35 permite visualizar los efectos principales de los factores evaluados sobre la solidez del color al frote. La relación planta/sustrato (A) evidencia una mejora considerable en la solidez al incrementarse su nivel de 15% a 30%. En contraste, el aumento de la concentración de mordiente (B) de 1 g/L a 5 g/L no produce mejoras en la solidez al frote. Por su parte, el tiempo de teñido (C) muestra un efecto levemente positivo, ya que al incrementarse de 30 a 60 minutos se observa una mejora en la solidez al frote. Finalmente, el incremento de la temperatura de teñido (D) de 85 °C a 98 °C genera una mejora en la solidez al frote.

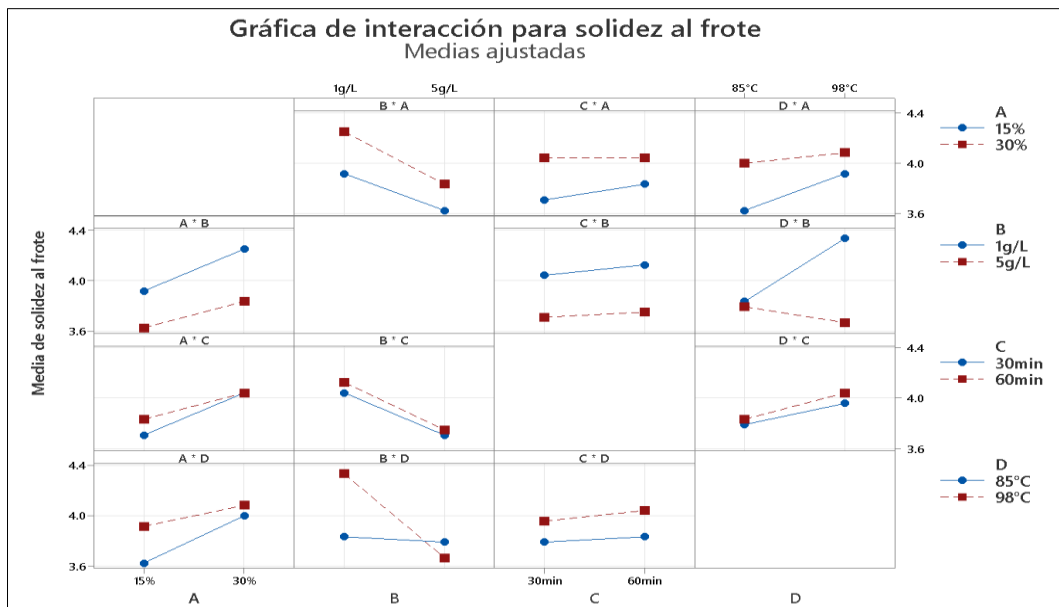


Figura 36: Gráfica de interacciones para solidez al frote

La Figura 36 presenta la gráfica de interacciones correspondiente a la solidez frente al frote. Las interacciones (A*B) y (A*D) presentan líneas claramente divergentes, indicando que la relación planta/sustrato (A), especialmente en su nivel 30%, influye de manera significativa cuando se combina con la concentración de mordiente (B) en sus niveles 1 g/L y 5 g/L, así como con la temperatura (D) en 85°C y 98°C, obteniéndose valores superiores de solidez al frote. Asimismo, las interacciones (B*C) y (C*D) muestran variaciones marcadas entre los niveles de concentración de mordiente (1 g/L y 5 g/L) y tiempo (30 min y 60 min), y entre tiempo y temperatura (85°C y 98°C), reflejando que estos factores modifican la respuesta de manera conjunta. En contraste, las interacciones (A*C) y (B*D) muestran líneas más cercanas, lo que evidencia un efecto menor entre los niveles del tiempo (30 y 60 min) y los niveles del mordiente y la temperatura. En términos generales, se observa que los valores más favorables de solidez al frote se alcanzan cuando se emplea el nivel del 30% de la relación planta/sustrato.

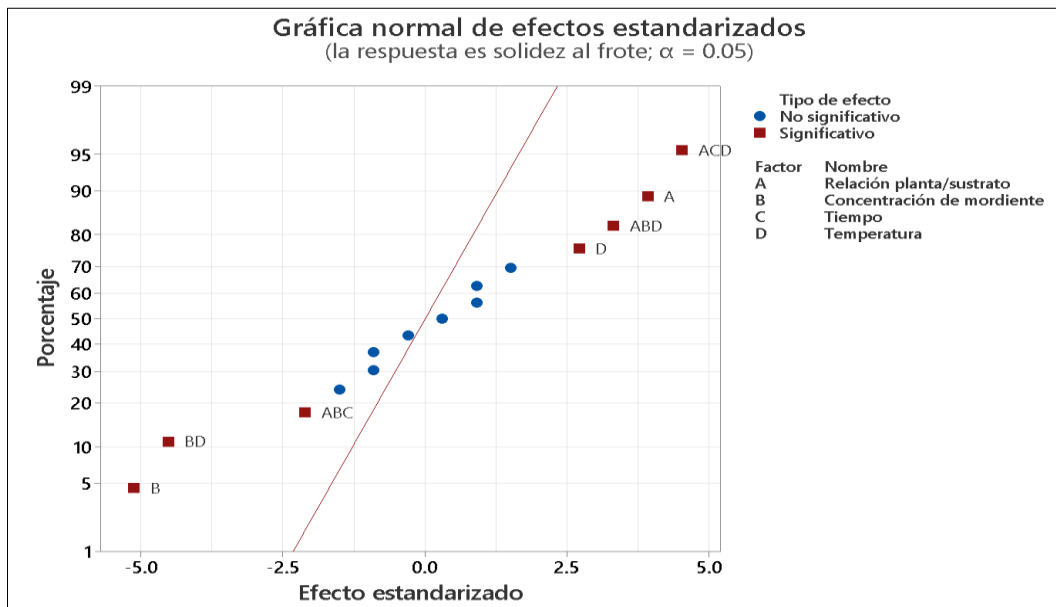


Figura 37: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez al frote

En la Figura 37, se observa la gráfica normal de efectos estandarizados lo que permite identificar qué factores e interacciones ejercen influencia significativa frente a la solidez al frote, considerando $\alpha = 0.05$. Los factores relación planta /sustrato (A), concentración de mordiente (B) y temperatura (D), las interacciones de 2 factores (A*C) y las interacciones de 3 factores (A*C*D), (A*B*D), (A*B*C) son significativos e influyen para obtener buena solidez del color al frote.

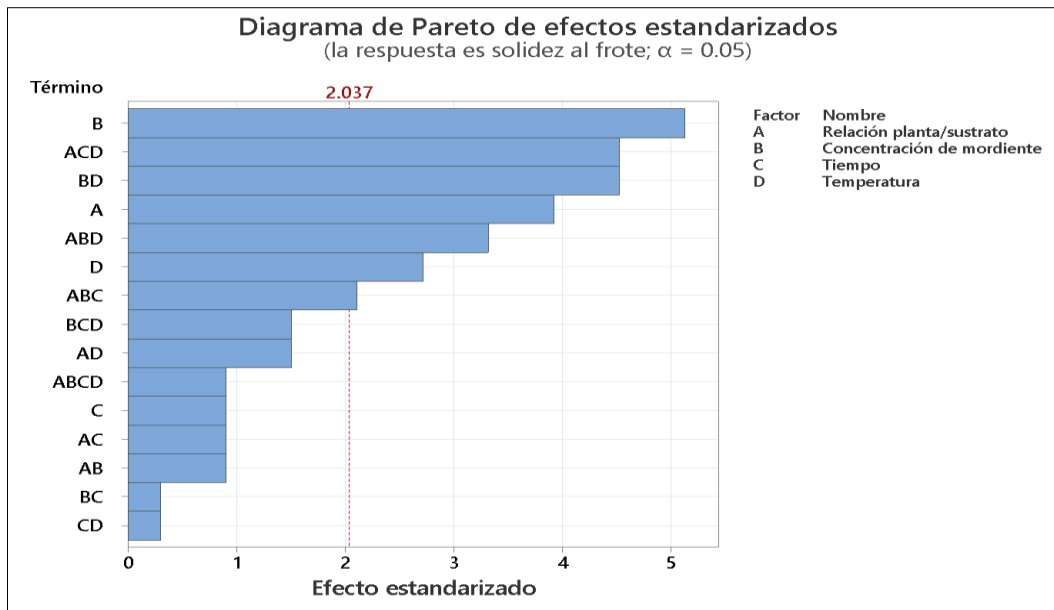


Figura 38: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de solidez al frote

La Figura 38 corresponde al diagrama de Pareto de los efectos estandarizados asociados a los factores e interacciones en la solidez del color al frote, evaluados con $\alpha = 0.05$. En esta representación, la línea vertical de referencia indica el punto a partir del cual los efectos se consideran estadísticamente relevantes. Los factores relación planta /sustrato (A), concentración de mordiente (B) y temperatura (D), las interacciones (A*C), (A*C*D), (A*B*D) y (A*B*C) son significativos e influyen para obtener buena solidez al frote. No obstante, las interacciones cuyos valores se encuentran por debajo del punto crítico de 2.037 no presentan significancia estadística.

Tabla 30: Resultado de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez al frote

Relación planta/sustrato	N	Media	Agrupación
30%	24	4.0417	A
15%	24	3.7708	B
Concentración de mordiente	N	Media	Agrupación
1g/L	24	4.0833	A
5g/L	24	3.7292	B
Tiempo	N	Media	Agrupación
60min	24	3.9375	A
30min	24	3.8750	A
Temperatura	N	Media	Agrupación
98°C	24	3.8125	A
85°C	24	4.0000	A

La Tabla 30 recopila los resultados derivados de la aplicación de prueba Tukey de comparaciones múltiples aplicada a la solidez al frote, considerando como factores la relación

planta/sustrato, concentración de mordiente, tiempo y temperatura; en el factor relación planta/sustrato se observan diferencias estadísticamente significativas, ya que el nivel de 30 % alcanzó una mayor media de solidez al frote (Media = 4.0417) y se ubicó en el grupo A, mientras que el nivel de 15 % presentó una media inferior (Media = 3.7708) y se clasificó en el grupo B, lo que indica que un mayor porcentaje de material vegetal mejora significativamente la solidez al frote; en cuanto a la concentración de mordiente, también se evidencian diferencias significativas, dado que el nivel de 1 g/L obtuvo la mayor media (Media = 4.0833) y se agrupó en la categoría A, mientras que el nivel de 5 g/L presentó una media menor (Media = 3.7292) y se ubicó en el grupo B, lo que sugiere que una menor concentración de mordiente favorece la solidez al frote; por el contrario, los factores tiempo y temperatura no mostraron diferencias estadísticamente significativas, ya que los niveles de 60 y 30 minutos (Medias = 3.9375 y 3.8750, respectivamente) y de 98 °C y 85 °C (Medias = 3.8125 y 4.0000, respectivamente) compartieron la misma agrupación estadística (A), indicando que, dentro de los rangos evaluados, estas variables no influyen en la mejora de la solidez al frote.

4.1.4. Resultados de solidez a la luz

a) Supuestos de ANOVA

- Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad, se estableció como hipótesis nula que los datos presentan una distribución normal, mientras que la hipótesis alterna plantea que los datos no presentan una distribución normal; en función de ello, la regla de decisión es que si el valor de p es mayor que el nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; por el contrario, cuando el valor de p es menor o igual a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 31: Resultado de normalidad (Ryan Joiner) para solidez a la luz

Ensayo	Media	Desviación estándar	Número de muestras	R J	Valor p
Solidez a la luz	3.635	0.5625	48	0.994	0.100

En la Tabla 31, se detalla los resultados de la prueba de normalidad de Ryan – Joiner aplicado a los valores de solidez del color a la luz, donde se determina $RJ = 0.994$, y valor $p = 0.100$,

superior a $\alpha = 0.05$. De este modo, se establece que los datos presentan normalidad y son estadísticamente aptos para ser analizados mediante ANOVA.

- Prueba de homogeneidad de varianzas

Para la verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas, se formularon las hipótesis estadísticas considerando como hipótesis nula que las varianzas son homogéneas entre los niveles de los factores y como hipótesis alterna que las varianzas no son homogéneas entre los niveles de los factores; siendo la regla de decisión, que si el p valor es mayor que 0.05, acepte la hipótesis nula y rechace la hipótesis alterna, por el contrario si el p valor es menor o igual que 0.05, acepte la hipótesis alterna y rechace la hipótesis nula (Montgomery, 2013).

Tabla 32:Resultado de homogeneidad de varianzas (Levene) para solidez a la luz

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	1.000
Levene	0.00	1.000

En la Tabla 32, se detalla los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a la solidez del color a la luz, donde se obtuvo el valor $p = 1.000$, superior a $\alpha = 0.05$, lo cual confirma la homogeneidad de varianzas entre los distintos niveles de los factores evaluados. Bajo esta condición, es procedente la aplicación del análisis de varianza.

b) Contrastación de hipótesis

- Hipótesis específica 3

El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz del hilado de lana.

H₀ (hipótesis nula): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) no tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz del hilado de lana.

H₁ (hipótesis alterna): El colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz del hilado de lana.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 33: Resultado de contraste de hipótesis específica 3

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Tratamiento	15	14.2031	0.94688	45.45	0.000
Error	32	0.6667	0.02083		
Total	47	14.8698			

Conforme a los resultados presentados en la Tabla 33, el análisis de varianza (ANOVA) efectuado con un nivel de confianza del 95 % evidenció un valor de *p* inferior al umbral de significancia establecido, se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 . En este contexto, se afirma que el empleo del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) influye de manera significativa en la solidez del color a la luz del hilado de lana.

c) Resultados descriptivos

La experimentación para determinar la solidez del color a la luz se desarrolló utilizando hilado de lana aplicado con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*).

Tabla 34: Resultados de solidez del color a la luz

N° Tratamiento	Relación planta/sustrato (%)	Factores			Solidez a la luz		
		Concentración de mordiente (g/L)	Tiempo de teñido (min)	Temperatura de teñido (°C)	Réplica I	Réplica II	Réplica III
T1	15	1	30	85	3	3	2.5
T2	30	1	30	85	3.5	3.5	3.5
T3	15	5	30	85	3.5	3.5	3.5
T4	30	5	30	85	4	4.5	4
T5	15	1	60	85	3	3	3
T6	30	1	60	85	4	3.5	4
T7	15	5	60	85	3	3	3
T8	30	5	60	85	4.5	4.5	4.5
T9	15	1	30	98	4	4	4
T10	30	1	30	98	4	4	4
T11	15	5	30	98	3	3	3
T12	30	5	30	98	4	4	4
T13	15	1	60	98	3.5	3.5	3
T14	30	1	60	98	4.5	4.5	4.5
T15	15	5	60	98	3	3	3
T16	30	5	60	98	4	4	4

La Tabla 34 reúne los valores correspondientes a la evaluación de solidez del color a la luz con las escalas de grises cambio de color según la calificación de la NTP, correspondiente a los 16 tratamientos con sus tres replicas.

Tabla 35: Análisis de varianza para la solidez a la luz

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor <i>p</i>
Modelo	15	14.2031	0.94688	45.45	0.000
Lineal	4	9.1875	2.29688	110.25	0.000
A	1	8.7552	8.75521	420.25	0.000
B	1	0.0052	0.00521	0.25	0.620
C	1	0.0052	0.00521	0.25	0.620
D	1	0.4219	0.42187	20.25	0.000
Interacciones de 2 términos	6	4.1979	0.69965	33.58	0.000
A*B	1	0.4219	0.42188	20.25	0.000
A*C	1	0.8802	0.88021	42.25	0.000
A*D	1	0.0469	0.04688	2.25	0.143
B*C	1	0.0469	0.04688	2.25	0.143
B*D	1	2.7552	2.75521	132.25	0.000
C*D	1	0.0469	0.04688	2.25	0.143
Interacciones de 3 términos	4	0.1875	0.04688	2.25	0.086
A*B*C	1	0.0469	0.04688	2.25	0.143
A*B*D	1	0.0052	0.00521	0.25	0.620
A*C*D	1	0.0052	0.00521	0.25	0.620
B*C*D	1	0.1302	0.13021	6.25	0.018
Interacciones de 4 términos	1	0.6302	0.63021	30.25	0.000
A*B*C*D	1	0.6302	0.63021	30.25	0.000
Error	32	0.6667	0.02083		
Total	47	14.8698			

En la Tabla 35, se muestra los resultados de análisis de varianza de la solidez a la luz con un nivel de significancia de 5%, indicando que el modelo es significativo. Así mismo, factores principales como la relación planta/sustrato (A) y Temperatura (D) presentan efectos estadísticamente significativos, al registrar el valor de P menor que 0.05, lo que indica que, si influye en el teñido, la concentración de mordiente (B) y tiempo de teñido (C) no evidenciaron

una influencia estadísticamente relevante. Asimismo, las interacciones de dos términos (A*B), (A*C) y (B*D) resultan significativas, mientras que las demás combinaciones no presentan significancia estadística. En cuanto a las interacciones de tres términos, únicamente la combinación (B*C*D) muestra un efecto significativo. Finalmente, la interacción de cuatro términos (A*B*C*D) también resulta significativa al presentar un valor de p menor que 0.05.

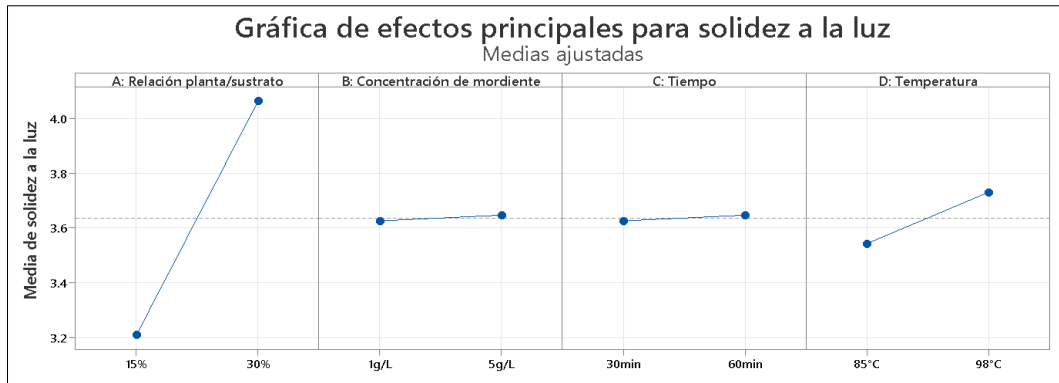


Figura 39: Gráfica de efectos principales para la solidez a la luz

La Figura 39 presenta los efectos principales de los factores evaluados sobre la solidez a la luz. La relación planta/sustrato (A) muestra una mejora apreciable en la solidez a la luz al incrementarse su nivel de 15% a 30%. En cuanto a la concentración de mordiente (B), el aumento de 1 g/L a 5 g/L muestra una mejora mínima en la solidez a la luz. De igual manera, el tiempo de teñido (C) evidencia mínimos cambios al incrementarse de 30 a 60 minutos. Finalmente, el incremento de la temperatura de teñido (D) de 85 °C a 98 °C produce mejora en la solidez a la luz.

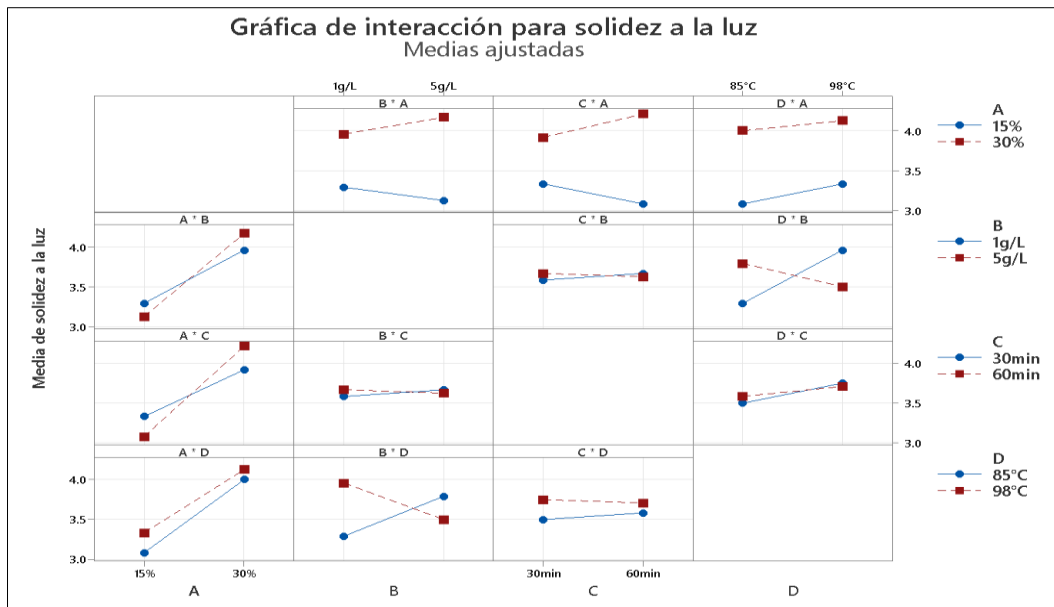


Figura 40: Gráfica de interacciones para la solidez a la luz

La Figura 40 muestra la gráfica de interacciones para la solidez a la luz. En la interacción (A*B) se aprecia que el nivel alto de la relación planta/sustrato (30%) combinado con la mayor concentración de mordiente (5 g/L) incrementa notablemente la solidez a la luz, mientras que los niveles bajos reducen el desempeño. De manera similar, en (A*C) se evidencia un mejor resultado cuando el nivel 30% del factor (A) se combina con el tiempo de 60 min, mostrando un efecto conjunto positivo. En (A*D) se observa la interacción más marcada, ya que la combinación de 30% con 98 °C genera los valores más altos de solidez a la luz. En contraste, las interacciones (B*C) y (B*D) muestran líneas casi paralelas entre sus niveles (1 g/L–5 g/L y 85–98 °C), lo que indica un efecto conjunto limitado sin cambios relevantes. Finalmente, en (C*D) se percibe un incremento leve al combinar 60 min con 98 °C, aunque no tan notorio como los asociados al factor (A). En conjunto, se concluye que la solidez a la luz mejora principalmente cuando la relación planta/sustrato se encuentra en su nivel alto (30%) y actúa en combinación con los niveles superiores de los demás factores.

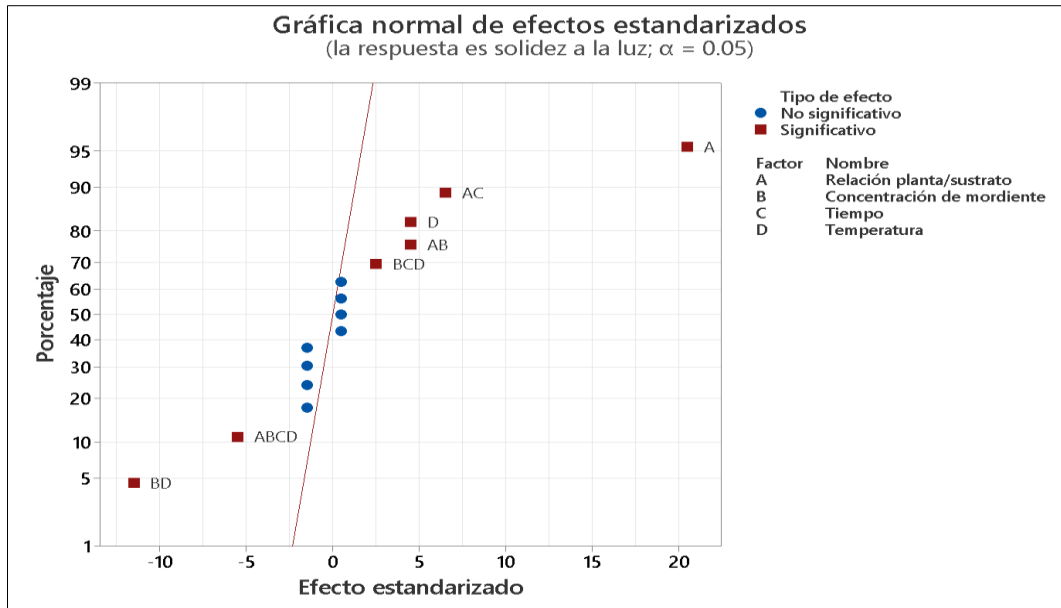


Figura 41: Gráfica normal de los efectos estandarizados de la solidez a la luz

En la Figura 41, se observa la gráfica normal de efectos estandarizados lo que permite identificar qué factores e interacciones ejercen una influencia estadísticamente relevante sobre la solidez del color frente a la luz, considerando $\alpha = 0.05$. Los factores relación planta /sustrato (A) y temperatura (D), en las combinaciones de dos factores en las combinaciones de dos factores (B*D), (A*C) y (A*B), las combinaciones de 3 factores (B*C*D) y la combinación de 4 factores (A*B*C*D) son significativos e influyen para obtener un buen resultado en cuanto a la prueba de solidez del color a la luz.

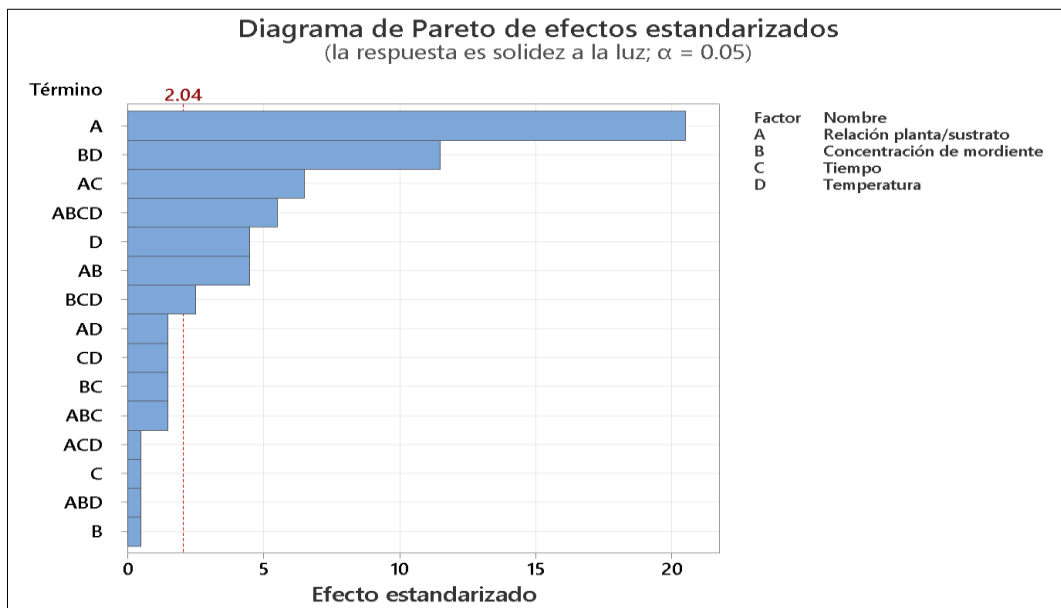


Figura 42: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para solidez a la luz

La Figura 42 corresponde al diagrama de Pareto de efectos estandarizados de los factores e interacciones sobre la solidez del color a la luz, considerando $\alpha = 0.05$. En dicha representación, la línea vertical de referencia, fijada en un valor crítico de 2.04 marca el umbral a partir del cual los factores se consideran significativos. Los factores relación planta /sustrato (A) y temperatura (D), en las combinaciones de dos factores (B*D), (A*C) y (A*B), las combinaciones de 3 factores (B*C*D) y la combinación de 4 factores (A*B*C*D) son significativos e influyen para obtener un buen resultado en la solidez del color a la luz. No obstante, las interacciones cuyos valores se encuentran por debajo del punto crítico de 2.04 no presentan significancia estadística.

Tabla 36. Resultado de comparaciones múltiples (Tukey) para solidez a la luz

Relación planta/sustrato	N	Media	Agrupación
30%	24	4.0625	A
15%	24	3.2083	B
Concentración de mordiente	N	Media	Agrupación
5g/L	24	3.646	A
1g/L	24	3.625	A
Tiempo	N	Media	Agrupación
60min	24	3.646	A
30min	24	3.625	A
Temperatura	N	Media	Agrupación
98°C	24	3.729	A
85°C	24	3.542	A

La Tabla 36 presenta los resultados de la prueba Tukey de comparaciones múltiples aplicada a la solidez a la luz, considerando los factores cuyos efectos se interpretan a partir de las medias y las agrupaciones estadísticas. El factor relación planta/sustrato se evidencian diferencias estadísticamente significativas, ya que el nivel de 30 % alcanzó la mayor media de solidez a la luz (Media = 4.0625) y se ubicó en el grupo A, mientras que el nivel de 15 % presentó una media inferior (Media = 3.2083) y se clasificó en el grupo B, lo que indica que el incremento de la proporción de material vegetal mejora significativamente en la solidez del color a la luz; en contraste, la concentración de mordiente (5 g/L y 1 g/L), el tiempo de teñido (60 y 30 minutos) y la temperatura (98 °C y 85 °C) no mostraron diferencias significativas, dado que sus respectivos niveles presentaron medias similares y compartieron la misma agrupación estadística (A), lo que sugiere que, dentro de los rangos evaluados, estos factores no evidenciaron una influencia estadísticamente relevante en la solidez del color a la luz, siendo la relación planta/sustrato el único factor determinante bajo las condiciones experimentales estudiadas.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación con el objetivo general, a partir de la recolección de datos y análisis respectivo se demostró que los factores principales (relación planta/sustrato, concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido) como varias de sus interacciones tienen influencia directa en la solidez del color frente al lavado, frote y luz. En particular, ciertos tratamientos alcanzaron valores calificados de “muy bueno” en la escala de grises. Es así que, con un nivel de significancia del 5% y un valor de $p = 0.000$, respaldando la validez de la H_1 (alterna) frente a la H_0 (nula) confirmando estadísticamente que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana. Esto evidencia que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) posee compuestos fitoquímicos con alta afinidad con la lana lo cual garantiza una fijación estable cuando se controlan adecuadamente las condiciones de teñido. Estos resultados se relacionan con el estudio de Palacios et al. (2021a), quienes comprobaron que la Chilca genera colores estables en tejidos de lana y alpaca obteniendo una gran resistencia en cuanto a la solidez del color, lo cual respalda los hallazgos de este estudio al demostrar que la Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene un comportamiento tintóreo confiable debido a su gran solidez del color. En concordancia con la teoría de composición química se define que la Chilca posee capacidad de fijación en fibras proteicas como la lana (Cusihuaman, 2024). No obstante, aunque se comprobó la efectividad del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*), también se limitó a evaluar el colorante natural en su forma líquida, usando como sustrato la lana y un único mordiente lo que podría influir en la variación de intensidad del color. En consecuencia, se recomienda realizar estudios de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) estimando otras variables dependientes como la solidez cromática frente a factores externos, tales como el sudor, la luz artificial, etc. Adicionalmente, ampliar el análisis en diferente tipo de fibra, mordiente y método de mordentado. Con ello, el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) podría consolidarse como una alternativa sostenible y competitiva la industria textil.

Respecto al primer objetivo específico, el análisis respectivo demostró que los factores principales como varias de sus interacciones tienen influencia directa en la solidez al lavado. En particular, los tratamientos T12, T14 y T16 alcanzaron un valor promedio de 4.5, correspondiente a la categoría de “muy bueno” según los valores de la escala de grises. En consecuencia, bajo un nivel de significancia del 5 % y un valor $p = 0.000$, se obtuvo evidencia suficiente para descartar la H_0 (nula) y respaldar la H_1 (alterna) confirmando estadísticamente

que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo frente a la solidez del color al lavado del hilado de lana. Estos resultados coinciden con los hallazgos reportados por Fernández & Saavedra (2019), quienes evaluaron el uso del colorante natural extraído de las hojas de *Baccharis salicifolia* (Chilca blanca) en el teñido de lana utilizando como mordiente el alumbre (3g) y un tiempo de teñido de 30 minutos, obteniendo una calificación de solidez del color al lavado de 4 “muy bueno” en la escala de grises. El autor concluyó que el colorante de Chilca demuestra la posibilidad de aplicarse sobre lana de manera satisfactoria, lo cual respalda los resultados de la presente investigación. En concordancia con la teoría de composición química se define que la Chilca posee capacidad de fijación en fibras proteicas como la lana (Cusihuaman, 2024). No obstante, aunque se comprobó la efectividad del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) sobre la solidez del color frente al lavado, también se limitó a manipular los parámetros de teñido como la relación planta/sustrato (15% y 30%), concentración de mordiente (1g/L y 5g/L), tiempo (30 min y 60 min) y temperatura (85°C y 98°C) lo que podría influir en la variación de resultados de solidez del color al lavado. En consecuencia, se recomienda realizar estudios de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) manipulando otros parámetros de teñido como pH, relación de baño, etc.

En correspondencia con el segundo objetivo específico, el análisis respectivo demostró que los factores principales como varias de sus interacciones tienen influencia directa en la solidez al frote. En particular, los tratamientos T9 y T14 presentaron valores promedio de 4.5, valor que se califica como “muy bueno” según la escala de grises. Es así que, con un nivel de significancia del 5 % y un valor $p = 0.000$, se descartó la H_0 (nula) y respaldó la H_1 (alterna) confirmando estadísticamente que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color frente al frote del hilado de lana. Estos hallazgos se relacionan positivamente con el estudio de Andrade (2016), quien también empleó colorante de *Baccharis latifolia* en el teñido artesanal de lana de oveja, reportando buenas propiedades de solidez del color al frote con un valor significativo 5. Esto usando parámetros de teñido como concentración de mordiente al 4 gr/l de Alumbre, 0,10 g/l y 0,5 g/l de ácido cítrico; a tiempos de 30 y 45 min, a temperaturas de 75°C y 90°C. Lo que fortalece la validez del uso de la Chilca como fuente tintórea eficaz para fibras naturales como la lana de ovino. En concordancia con la teoría de composición química se define que la Chilca posee capacidad de fijación en fibras proteicas como la lana (Cusihuaman, 2024). No obstante, aunque se comprobó la efectividad del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez de color al frote, también se limitó a manipular los parámetros de teñido como la relación

planta/sustrato (15% y 30%), concentración de mordiente (1g/L y 5 g/L), tiempo (30 min y 60 min) y temperatura (85°C y 98°C) lo que podría influir en la variación de resultados de solidez del color al frote. En consecuencia, se recomienda realizar estudios de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) manipulando otros parámetros de teñido como pH, relación de baño, etc.

En el marco del tercer objetivo específico, el análisis respectivo demostró que los factores principales como varias de sus interacciones tienen influencia directa en la solidez a la luz. En particular, los tratamientos T8 y T14 alcanzaron un valor de 4.5, lo que se califica como “muy bueno” en la escala de grises. Es así como, con un nivel de significancia del 5 % y un valor $p = 0.000$, se rechazó la H_0 (nula) y se aceptó la H_1 (alterna) confirmando estadísticamente que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color a la luz en el hilado de lana. Estos hallazgos se relacionan de manera coherente con el estudio de Paredes (2002), quien en su tesis sobre el análisis y obtención de colorante natural de *Baccharis latifolia*, también reportó una solidez del color a la luz de “muy bueno” en teñido de lana, con una calificación de 4 en la escala de grises. Empleando mordientes como alumbre al 20% y cremor tártaro al 6%, a temperaturas entre 85–90 °C y tiempos prolongados de 80 a 90 minutos, Paredes concluyó que la quercetina principal flavonol presente en la Chilca tiene alta afinidad por la lana, consolidando el uso de la Chilca como una alternativa viable para aplicaciones tintóreas sostenibles con buena solidez a la luz, lo cual respalda los resultados de la presente investigación. En concordancia con la teoría de composición química se define que la Chilca posee capacidad de fijación en fibras proteicas como la lana. No obstante, pese a confirmarse el comportamiento favorable del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) respecto a la solidez del color frente a la luz, también se limitó a manipular los parámetros de teñido como la relación planta/sustrato (15% y 30%), concentración de mordiente (1g/L y 5 g/L), tiempo (30 min y 60 min) y temperatura (85°C y 98°C) lo que podría influir en la variación de resultados de solidez del color a la luz. En consecuencia, se recomienda realizar estudios de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) manipulando otros parámetros de teñido como pH, relación de baño, etc.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El comportamiento del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) sobre la solidez del color en hilado de lana fue evaluada mediante un diseño factorial 2^4 con dos niveles por factor, a un nivel de confianza del 95%. Los resultados del análisis permitieron establecer que el colorante ejerce efectos estadísticamente significativos sobre la solidez del color, lo que demuestra su desempeño eficiente como agente tintóreo. De igual manera, se identificó que el incremento de la relación planta/sustrato y la temperatura de teñido contribuyen de forma más determinante a la adecuada fijación del color. En contraste, el tiempo de teñido mostró una incidencia intermedia, mientras que la concentración de mordiente no evidenció una influencia significativa dentro de los niveles evaluados. En conjunto, estos resultados sustentan el potencial de la Chilca como una alternativa natural viable para el teñido de lana.
- Se determinó que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en cuanto a la solidez del color al lavado, con p valor = 0.000. La relación planta/sustrato fue el factor de mayor influencia, destacando el nivel alto 30%; asimismo, el tiempo de teñido de 60 minutos y la temperatura de 98°C favorecieron una mayor estabilidad del color en comparación con sus niveles inferiores. En contraste, la concentración del mordiente no mostró diferencias relevantes, ya que los niveles de 1g/L y 5g/L presentaron comportamientos similares dentro de los rangos estudiados. Adicionalmente, los tratamientos T12, T14 y T16 alcanzaron un valor de 4.5, calificado como “muy bueno” según la escala de grises de la NTP 231.004, lo que confirma que determinadas combinaciones de factores optimizan de manera notable la solidez del color al lavado.
- Se determinó que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color al frote, obteniéndose un p valor = 0.000. La

relación planta/sustrato mostró la mayor influencia, ya que el nivel de 30% alcanzó el promedio más alto, mientras que en la concentración del mordiente destacó el nivel de 1g/L con mejores resultados frente a 5g/L. En cuanto al tiempo de teñido y la temperatura, ambos parámetros mostraron una contribución positiva al emplear 60 min y 98 °C respectivamente. Asimismo, los tratamientos T9 y T14 alcanzaron un valor de 4.5, calificado como “muy bueno” según la escala de grises de la NTP 231.004, lo que confirma que ciertas combinaciones de factores optimizan de manera notable la solidez del color al frote.

- Se determinó que el colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) tiene efecto significativo en la solidez del color a la luz, obteniéndose un p valor = 0.000. Entre los factores evaluados, la relación planta/sustrato al 30% fue la única que mostró una influencia determinante, confirmando que una mayor proporción de material colorante mejora la estabilidad del color frente a la exposición solar. En contraste, la concentración del mordiente, el tiempo de teñido y la temperatura no evidenciaron diferencias significativas, pues sus valores se mantuvieron cercanos y dentro de la misma categoría de calificación. Asimismo, los tratamientos T8 y T14 registraron un valor de 4.5, calificado como “muy bueno” según la escala de grises de la NTP 231.005, lo que demuestra que determinadas combinaciones de factores optimizan de manera notable la solidez del color a la luz.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones sobre el descubrimiento de colorantes naturales. En vista de que en nuestra región existe una gran diversidad de especies vegetales que pueden emplearse en el proceso de teñido de fibras textiles.
- Realizar investigaciones de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) utilizando otros factores como el pH y relación de baño. Estimar también otras variables como solidez al sudor, solidez a la luz artificial, etc. Asimismo, utilizar métodos de mordentado como premordentado o postmordentado.
- Se recomienda realizar investigaciones modificando los niveles de los factores utilizados variando en su dimensión alta, baja y medio.
- Realizar investigaciones de teñido con colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) usando como sustrato fibra o hilo de alpaca u otras fibras para ver los efectos en las solideces de color.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abubakar, A. R., & Haque, M. (2020). Preparation of medicinal plants: basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 12(1), 1. https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_175_19
- Aguilar, F., & Beltran, Y. (2022). *Efecto del mordiente y tiempo en la solidez del teñido de hilo de ovino y alpaca con flores de manzanilla (Matricaria chamomilla L.)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Alban, J., Espinoza, G., Rojas, R., & Díaz, C. (2018). El color en la memoria: Tintes vegetales usados en la tradición de las comunidades andinas y amazónicas peruanas. *Ecología Aplicada*, 17(1), 85–96. <https://doi.org/10.21704/REA.V17I1.1177>
- Alonso, J. (2021). *Manual de control de calidad en productos textiles y afines*. Madrid.
- Amaguaña, F. J., & Churuchumbi, E. F. (2018). *Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (Calendula officinalis)*. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16149>
- Andrade, J. (2016). *Tinturado artesanal de hilo de lana de oveja con colorante natural Baccharis latifolia (Chilca) para elaborar accesorios de vestir femeninos*. Universitaria Técnica del Norte, Ibarra.
- Arias, F. (2017). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica: Introducción a la investigación científica* (7ma ed.). Caracas - Venezuela.
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., & Vasquez, M. (2022). *Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Arroyo, G., Casimiro, M., Córdova, N., Hernández, N., Leal, Y., & Javier, J. (2022). Comparación de la solidez del color de fibras teñidas con colorantes naturales contra colorantes sintéticos. *XXVII Verano De La Ciencia*, 16. Retrieved from www.jóvenesenciencia.ugto.mx

- Arteaga, Y. P., Giraldo, O., & Sanchez, P. A. (2023). *Factores contaminantes declarados por las empresas textiles en Medellín*. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Medellín.
- Benli, H. (2024). Bio-mordants: a review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 31(14), 20714. <https://doi.org/10.1007/S11356-024-32174-8>
- Bruno, C. Z., Fávoro, J. A., & Pamphile, J. C. P. (2019). Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(2), 275–290. <https://doi.org/10.1016/J.BIORI.2019.09.001>
- Cano, T., Cano, E., De Leon, T., Godinez, J., Barrientos, M., Saravia, J., Barrera, G. (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 especificaciones de calidad exigidas por el mercado*. Guatemala.
- Carranco, M., Calvo, Ma. de la C., & Gil, F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. In *Archivos latinoamericanos de nutrición* (Vol. 61). Mexico.
- Carrasco, J., Sucasaca, A., Sanchez, G., Morán, G., & Barriga, M. (2021). Estudio preliminar de teñido de fibra de alpaca utilizando extracto acuoso de molle (*Schinus molle*) como pigmento natural. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*, 2(1), e003–e003. <https://doi.org/10.54353/RITP.V2I1.E003>
- Chakraborty, J. N. (2014). *Fundamentals and practices in colouration of textiles* (J. N. Chakraborty, Ed.). India: WPI Publishing. <https://doi.org/10.1201/b18243>
- Cite textil camélidos Puno. (2019). Teñidos naturales.
- Cornejo, M., Bustamante, M., & Iglesias, A. (2017). *Colores nativos para diseñar* (1st ed.; A. Martinez, Ed.). Valparaíso, Chile: UV de la Universidad de Valparaíso. Retrieved from https://editorial.uv.cl/images/descarga/Colores_nativos_para_disenar.pdf

- Cusihuaman, N. (2024). *Diversidad de color obtenido en fibra animal por tinción con diferentes extractos etanólicos de las hojas de baccharis latifolia "Chillca."* Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- De Vettori, D., Huarag, E., Carbajal, C., & Riveros, N. (2022). Los impactos ambientales y jurídicos de la industria textil en el derecho de la moda. *LUMEN, Revista de La Facultad de Derecho de La Universidad Femenina Del Sagrado Corazón*, 18. <https://doi.org/10.33539/lumen.2022.v18n2.2678>
- Dubasi, N., Varala, R., Bollikolla, H. B., & Kotra, V. (2023). Applications of Alum ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) in organic synthesis and as catalysis: A quinquennial update (2017-2022). *J. Chem. Rev*, 5(3), 263–280. <https://doi.org/10.22034/JCR.2023.390191.1217>
- Durand, R. A. (n.d.). Patrimonio y desafíos. Retrieved July 13, 2025, from https://www.academia.edu/43818196/TERCERA_EDICI%C3%93N_TOMO_II_PATRIMONIO_Y_DESAFIOS_PATRIMONIO_Y_DESAFIOS_PATRIMONIO_Y_DESAFIOS
- Esteban, P., Arias, Z., Bernardo, J., Nájera, P., Chaires Hernández, I., Iván, H., ... Nacional, I. P. (2018). *Los colorantes textiles industriales y tratamientos óptimos de sus efluentes de agua residual: una breve revisión textile industrial dyes and optimal wastewater effluents treatments: a short review*. Mexico.
- Fernández, W., & Saavedra, D. (2019). *Obtención y caracterización de colorante natural a partir de la Baccharis salicifolia (Chilca blanca) para uso textil*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Fobiri, G. K. (2022). Synthetic dye application in textiles: A review on the efficacies and toxicities involved. *Textile & Leather Review*, 5, 180–198. <https://doi.org/10.31881/TLR.2022.22>
- FYI. (2022). Procedimiento de medición de la solidez del color al frote/desgaste. Retrieved September 21, 2025, from <https://fyitester.com/es/color-fastness-to-rubbing/>

- García, A. (2021). *Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular*. Madrid.
- Garrido, G., Cortés, M., & Perez, V. (2021). *Colorantes para laboratorios de ciencias basicas*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/375519110_Colorantes_para_laboratorios_de_ciencias_basicas
- González, L., Díaz, R., Castillo, C., Nieto, A., & Méndez, D. (2017). Compuestos fenólicos: presencia, identificación y propiedades antioxidantes en plantas y frutos. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(1), 46–64. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.1.46>
- Gutierrez, Y., & Puelles, L. (2012). *Etnobotanica y fitoquímica de plantas tintoreas en las comunidades de Rumira, Chaullacocha y Chupani: provincia de Urubamba-Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* (W. Sucari, P. Aza, & A. Flores, Eds.). Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Henning, C. P., Ringuélet, J. A., & Viña, S. Z. (2020). Compuestos fenólicos. In *Productos Naturales Vegetales* (p. 6). Universidad Nacional de La Plata. Retrieved from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/112803>
- Hernández, R. (2014). *Metodologia de la investigacion* (6th ed.; C. Fernandez & P. Baptista, Eds.). Mexico.
- Huamani, L. (2024). *Efecto del teñido de tinte de “cochinilla” (Dactylopius coccus) y mordientes metálicos sobre las propiedades de colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos)*. Abancay, Perú.
- Huauya, M., Candio, J., & Aliaga, J. (2025). Características de la lana de ovinos Corriedale y merino alemán criados en condiciones de alta montaña. *Anales Científicos*, 86(1), 1–9. <https://doi.org/10.21704/ac.v86i1.2226>

- Hull, T. R., Law, R. J., & Bergman, Å. (2014). Environmental drivers for replacement of halogenated flame retardants. *Polymer Green Flame Retardants*, 119–179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53808-6.00004-4>
- INACAL. (2014a). *Escala de grises para cambio de color. NTP 231.005*. Lima.
- INACAL. (2014b). *Escala de grises para transferencia de color. NTP 231.004*. Lima.
- INACAL. (2019). *Solidez de color al frote NTP 231.042*. Lima.
- INACAL. (2020). *Solidez al a luz NTP 231.183*.
- INACAL. (2022). *Solidez del color al lavado NTP 231.008*. Lima. Retrieved from <https://www.gob.pe/inacal>
- INEI. (2012). *Resultados preliminares*. Lima. Retrieved from www.inei.gob.pe
- Ingle, K. P., Ingle, mit G., Padole, D. A., Dudhare, M. S., Moharil, M. P., & Khelurkar, V. C. (2017). Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plant extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. Retrieved from https://www.academia.edu/68088705/Phytochemicals_Extraction_methods_identification_and_detection_of_bioactive_compounds_from_plant_extracts
- Lobo, D. (2022). *Fast fashion y el cambio climático: la importancia de adoptar un modelo sostenible*. Madrid.
- Lock, O. (1997). *Colorantes naturales* (Primera; Fondo Editorial PUCP, Ed.). Lima - Perú. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LjmH_3qjaEIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=los+colorantes+naturales+textiles+&ots=mLBVbwm3ux&sig=VyIXAa-aH7sbwrElerHoJLVR0ck#v=onepage&q=los%20colorantes%20naturales%20textiles&f=false
- Loja, B., Alvarado, Y., Salazar, A., Ramos, E., & Jurado, B. (2017). Cribado fitoquímico del *Baccharis latifolia* (R&P.) Pers. (Chilca) Phytochemical screening of *Baccharis latifolia* (R&P.) Pers. (Chilca). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1). Retrieved from <http://scielo.sld.cu>

- Lozano, F., Quispe, A., & Vilcanqui, F. (2024). Efecto de mordientes sobre la variación de diámetro y tono de color en hilos de fibra de alpaca teñidos con flores de colli (Buddleja coriacea). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 35(1), e27379. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i1.27379>
- Lucas, J., & Alarcon, G. (2020). *Extracción de colorantes naturales a partir de plantas endémicas del Perú y su aprovechamiento en la industria textil, revisión bibliográfica*. Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Martínez, H. (2012). *Metodología de la investigación con enfoque en competencias: sexto semestre* (P. Guerrero & G. Olguin, Eds.). Mexico: Cengage Learning.
- Martínez, S., Terrazas, E., Alvarez, M., Mamani, O., Vila, J., & Mollinedo, P. (2010). Actividad antifúngica IN VITRO de extractos polares de plantas del género baccharis sobre fitopat Ogenos. *Revista Boliviana de Química*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/317541653_Actividad_antifúngica_IN_VITRO_de_extractos_polares_de_plantas_del_genero_baccharis_sobre_fitopatOgenos
- Mendoza, V. (2022). *Análisis del mercado de lana de ovino*. Peru.
- MIDAGRI. (n.d.). *Chilca*.
- Miranda, C. M. (2022). *Determinación de la actividad antioxidante y composición química de Baccharis latifolia (Chilca) planta ancestral de Pantaño-Ecuador*. Ecuador.
- Mohamadpour, F. (2020). Potassium alum as a naturally mineral and economical catalyst for the one-pot, multi-component and clean synthesis of 2-oxo(thio)-1,2,3,4-tetrahydropyrimidines and N-aryl-3-aminodihydropyrrol-2-one-4-carboxylates. *Indian Journal of Chemistry*, 59, 1183–1190.
- Moldovan, S. (2016). *Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macroalgas: Arthrospira platensis, Synechococcus sp., Ulva sp.* Alcoy.

- Molina, M. (2013). *Estudio socioeconómico de la crianza de ovinos (Ovis aries) en el distrito de Quilahuani provincia de Candarave-Tacna-2012*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Morales, L., & Perez, A. del R. (2022). *Uso del Polylepis como colorante en el teñido de fibras de Alpaca como alternativa para la reducción del consumo de colorantes sintéticos-Lima 2022*. Universidad Tecnológica del Perú.
- Nations, U. (2019). Cumbre de la ONU sobre la acción climática. Retrieved June 13, 2023, from <https://www.un.org/es/climatechange/2019-climate-action-summit>
- Nina, Yeselia. (2018). *Obtención y caracterización del colorante natural a partir de inflorescencia de Colli (Buddleja coriacea) para su aplicación en teñido de fibra de alpaca*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Palacios, C., Guillén, M., & Siddons, D. (2021a). Evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales. *Siembra*, 8(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2917>
- Palacios, C., Guillén, M., & Siddons, D. (2021b). Evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales. *Siembra*, 8(2), e2917. <https://doi.org/10.29166/SIEMBRA.V8I2.2917>
- Pandey, A., & Tripathi, S. (2014). Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. In ~ 115 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* (Vol. 2).
- Paredes, Benigna. (2002). *Analisis y obtencion de colorante natural a partir de la Baccharis latifolia (Chilca)*. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra.
- Prabhu, K. H., & Bhute, A. S. (2012). Plant based natural dyes and mordants: A Review. In *J. Nat. Prod. Plant Resour* (Vol. 2012). USA. Retrieved from <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>

- QIMA. (2025). Métodos de prueba de solidez del color para textiles: Guía completa. Retrieved September 21, 2025, from <https://blog.qima.es/textile/colorfastness-test-methods-for-textiles-guide>
- Quinapallo, S. A. (2019). *Evaluación de la calidad de la lana en ovinos de la raza Corriedale y merino en la región interandina del Ecuador*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunba.
- Ramos, B. (2020). *Obtención de colorante natural a partir de la Remolacha Forrajera (Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa) para teñido de fibra de Ovino*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Rather, L. J., Shahid-Ul-islam, Shabbir, M., Bukhari, M. N., Shahid, M., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2016). Ecological dyeing of Woolen yarn with Adhatoda vasica natural dye in the presence of biomordants as an alternative copartner to metal mordants. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(3), 3041–3049. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2016.06.019>
- Ratnapandian, S. (2020). Natural colorants and its recent developments. *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles*, 189–208. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00009-8>
- Ringuelet, J., & Viña, S. (2013). *Productos naturales vegetales* (1st ed.). Buenos Aires, Argentina: Universidad de La Plata. Retrieved from www.editorial.unlp.edu.ar
- Said, B., Harfi, S., & Elharfi, A. (2017). *Classifications, properties and applications of textile dyes: A review*.
- Saldarriaga, M. (2022). *AWAQ WASI: Centro de producción textil para la comunidad de artesanos y productores de Vilque, Puno*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Salguero, A., Tutora, A., Espín, B., & Paulina, D. (2022). *Relación de la estructura de las saponinas con sus aplicaciones, una revisión actualizada* (Universidad Central del Ecuador). Universidad Central del Ecuador, Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26761>

- Samanta, A. Kumar., Awwad, N. S., & Algarni, H. Majdooa. (2020). *Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments*. Retrieved from https://books.google.com/books/about/Chemistry_and_Technology_of_Natural_and.html?hl=es&id=FpYtEAAAQBAJ
- Sanz Tejedor, M. A. (n.d.). Química orgánica industrial. Retrieved August 20, 2025, from <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-11.php>
- Saxena, S., & Raja, A. S. M. (2014). Natural Dyes: Sources, chemistry, application and sustainability Issues. In *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing, Textile Science and Clothing Technology* (Muthu, S.S., pp. 37–80). India: Springer Science+Business Media Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-065-0_2
- Shamey, R. (2023). Coloration, Textile. In *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 611–624). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89862-5_156
- Stanciuc Stanciuc, V. (2020). *Teñido mordentado de fibras naturales con colorante extraído de las hojas de Nogal (Juglans neotrópica)*. Universidad Nacional del Callao, Callao.
- Sucasaca, A., & Guevara, E. D. (2021). Teñido de hilado de alpaca utilizando pigmento extraído de la col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra). *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*, 2(1), e004–e004. <https://doi.org/10.54353/RITP.V2I1.E004>
- Themazi. (2023, July 30). Guía de mordientes de aluminio: tipos, usos y recetas | Tintes temáticos – themazi. Retrieved September 20, 2025, from <https://themazi.com/es/blogs/news/mastering-the-art-of-dyeing-a-guide-to-aluminium-mordants>
- Tito, J., Soto, P., & Castillo, L. (2019). Plantas andinas como colorantes en el teñido de lana. *Ñauparisun*, 2.
- Velasquez, A. (2007). *Actividad antimicrobiana de extractos de franseria artemisioides, rumex palustris, baccharis latifolia, cetrum parqui y piper asperifolium frente a*

staphylococcus aureus, escherichia coli, pseudomonas aeruginosa y enterococcus faecalis TT - Antimicrobial. 1–77.

Villarpando, D., Villarpando, P., & Villalobos, J. (2011). *Fichas botánicas de especies agroforestales nativas y naturalizadas aptas para tierras altoandinas*. La Paz. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100015

Wahyuni, F. D., Shalihah, I. M., & Nurtiana, W. (2020). Carotenoids as natural colorant : A review. *Food ScienTech Journal*, 2(2), 94. <https://doi.org/10.33512/FSJ.V2I2.9940>

Xicota, E. (2015, December 6). Tintes naturales para la moda sostenible. Retrieved June 8, 2023, from <https://www.esterxicota.com/ecotintes-tintes-naturales/>

Xicota, E. (2016). Ecotintes. Retrieved June 13, 2023, from <http://www.ecotintes.com/>

Yao, J., Zhang, Y. A., Wang, X.-Z., Zhao, J., Yang, Z.-J., Lin, Y.P., Fan, G.J. (2022). Flavonoids for treating viral acute respiratory tract Infections: A systematic review and meta-analysis of 30 randomized Controlled Trials. *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.814669>

Yusuf, M., Shahid, M., Khan, S. A., Khan, M. I., Islam, S.U., Mohammad, F., & Khan, M. A. (2013). Eco-dyeing of wool using aqueous extract of the roots of Indian madder (*Rubia cordifolia*) as natural dye. *Journal of Natural Fibers*, 10(1), 14–28. <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.738026>

Zamorra, I., & Calixto, L. (2021). *Metodología de investigación* (2nd ed.). Lima-Peru: Smith Zamorra EIRL.

Zhao, Z., Yan, C., Xu, F., & Liu, J. (2023). Study on Dyeing Properties and Color Characteristics of Wool Fabrics Dyed with *Geranium caespitosum* L. Extract—A New Natural Yellow Dye. *Coatings*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/coatings13061125>

ANEXOS

ANEXO 1: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA
INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres : MAMANI PUMA ELIDA JHUDITH
 1.2. Grado académico : INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES
 1.3. Institución que labora : AGROIDEAS
 1.4. Título de investigación : Efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno – 2023”
 1.5. Autor del instrumento : Erika Milagros Callo Coaquira
 1.6. Mención : Ficha de registros
 1.7. Nombre del instrumento : Fichas de recolección de datos de solidez del color al lavado, al frote y a la luz.

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ENSAYOS DE SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO, AL FROTE Y A LA LUZ	Deficiente (1-9)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado				X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado y adecuado a las (NTP 231.008: 2015 – revisada el 2022), (NTP 231.042: 2019 – revisada el 2019) y (NTP 231.183: 1986 – revisada el 2020) TEXTILES					X
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos de la investigación y las necesidades reales				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Se ha considerado los principales aspectos metodológicos				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para evaluar las variables independientes y dependientes					X
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico, técnica y/o científica					X
COHERENCIA	Entre las variables y dimensiones				X	
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de estudio					X
CONVENIENCIA	El diseño demuestra la relación entre los componentes de la investigación y su aplicación según la normativa textil.					X
SUB TOTAL					16	30
TOTAL					46	

Valoración Cuantitativa (Total X 0.4) : 18.4

Valoración Cuantitativa : Excelente

Opinión de Aplicabilidad : Aplicable

ESCALA DE VALORACIÓN	
Deficiente	De 1 a 9 (no válido, reformar)
Regular	De 10 a 12 (no válido, modificar)
Bueno	De 12 a 15 (válido, mejorar)
Muy bueno	De 15 a 18 (válido precisar)
Excelente	De 18 a 20 (válido, aplicable)



Elida J. Mamani Puma
 ING. TEXTIL Y DE CONFECCIONES
 C.R.P. 339872
Firma del experto
DNI:73121976

ANEXO 2: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA
INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS**

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres** : SUCASACA QUISPE ALEXANDER
1.2. Grado académico : INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES
1.3. Institución que labora : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
1.4. Título de investigación : Efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno – 2023”
1.5. Autor del instrumento : Erika Milagros Callo Coaquira
1.6. Mención : Ficha de registros
1.7. Nombre del instrumento : Fichas de recolección de datos de solidez del color al lavado, al frote y a la luz.

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ENSAYOS DE SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO, AL FROTE Y A LA LUZ	Deficiente (1-9)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado				X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado y adecuado a las (NTP 231.008: 2015 – revisada el 2022), (NTP 231.042: 2019 – revisada el 2019) y (NTP 231.183: 1986 – revisada el 2020) TEXTILES				X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos de la investigación y las necesidades reales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Se ha considerado los principales aspectos metodológicos				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para evaluar las variables independientes y dependientes					X
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico, técnica y/o científica					X
COHERENCIA	Entre las variables y dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de estudio				X	
CONVENIENCIA	El diseño demuestra la relación entre los componentes de la investigación y su aplicación según la normativa textil.					X
SUB TOTAL					16	30
TOTAL					46	

Valoración Cuantitativa (Total X 0.4) : 18.4

Valoración Cuantitativa : Excelente

Opinión de Aplicabilidad : Aplicable

ESCALA DE VALORACIÓN	
Deficiente	De 1 a 9 (no válido, reformar)
Regular	De 10 a 12 (no válido, modificar)
Bueno	De 12 a 15 (válido, mejorar)
Muy bueno	De 15 a 18 (válido precisar)
Excelente	De 18 a 20 (válido, aplicable)



Firma del experto
DNI: 74311690

ANEXO 3: Validación y confiabilidad del instrumento (ficha de recolección de datos)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA
INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres : **QUISPE MAMANI DEYSI MARIBEL**
 1.2. Grado académico : **INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**
 1.3. Institución que labora : **ASESORIAS DE TESIS Y CONSULTORIAS**
 1.4. Título de investigación : **Efectos del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en la solidez del color del hilado de lana, Puno – 2023”**
 1.5. Autor del instrumento : **Erika Milagros Callo Coaquira**
 1.6. Mención : **Ficha de registros**
 1.7. Nombre del instrumento : **Fichas de recolección de datos de solidez del color al lavado, al frote y a la luz.**

II. ASPECTOS A EVALUAR

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ENSAYOS DE SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO, AL FROTE Y A LA LUZ	Deficiente (1-9)	Regular (10-12)	Bueno (12-15)	Muy bueno (15-18)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado				X	
OBJETIVIDAD	Esta expresado y adecuado a las (NTP 231.008: 2015 – revisada el 2022), (NTP 231.042: 2019 – revisada el 2019) y (NTP 231.183: 1986 – revisada el 2020) TEXTILES				X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos de la investigación y las necesidades reales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Se ha considerado los principales aspectos metodológicos					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para evaluar las variables independientes y dependientes				X	
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico, técnica y/o científica				X	
COHERENCIA	Entre las variables y dimensiones					X
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de estudio					X
CONVENIENCIA	El diseño demuestra la relación entre los componentes de la investigación y su aplicación según la normativa textil.					X
SUB TOTAL					20	25
TOTAL		45				

Valoración Cuantitativa (Total X 0.4) : 18

Valoración Cuantitativa : Muy bueno

Opinión de Aplicabilidad : Aplicable

ESCALA DE VALORACIÓN	
Deficiente	De 1 a 9 (no válido, reformar)
Regular	De 10 a 12 (no válido, modificar)
Bueno	De 12 a 15 (válido, mejorar)
Muy bueno	De 15 a 18 (válido precisar)
Excelente	De 18 a 20 (válido, aplicable)



Firma del experto
DNI: 45987154

ANEXO 4: Conformidad de parte experimental

CITEtextil camélidos Cusco	CONFORMIDAD DEL SERVICIO TECNOLÓGICO	CODIGO	CST-CTCC
	DESARROLLO Y SERVICIO TECNOLÓGICO DEL CITETEXTIL CAMÉLIDOS CUSCO	VERSIÓN	01
		FECHA	30.05.2022
		PÁGINA	01/01

RAZÓN SOCIAL:	ERIKA MILAGROS CALLO COAGUINA
RUC:	10736457194

Por medio de la presente se da conformidad a los trabajos realizados en el Servicio de:

ELABORACIÓN DE FÓRMULAS DE TEÑIDO
CON CHILCA Y MORDIENTES ALUMBRE Y SULFATO FERROSO

DESCRIPCIÓN:
SE REALIZÓ EL SERVICIO DE ELABORACIÓN DE FÓRMULAS DE TEÑIDO USANDO COMO COLORANTE LA PLANTA CHILCA Y COMO MORDIENTE ALUMBRE Y SULFATO FERROSO.
SE LLEVA A CABO EN EL ÁREA DE FORMULACIÓN DEL CITE TEXTIL CAMÉLIDOS, CUSCO.

OBSERVACIONES:
LOS COLORANTES USADOS FUERON A BASE DE LA PLANTA CHILCA Y CON EL MORDIENTE ALUMBRE SE OBTUVO TONOS AMARILLOS Y CON EL SULFATO FERROSO SE OBTUVO TONOS VERDES.

De acuerdo con lo estipulado en el presente documento, las partes suscriben la conformidad del producto y/o servicio.


.....
Josmel Sánchez Ballón
Asistente técnico en planta de teñido y acabados.


.....
Nombre: **Erika Milagros Callo Coaguina**
DNI: **73645719**
Usuaría(o)



Firmado digitalmente por VALDIVIA
SARAVIA Raul FAU 20131369477
sof
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 19.07.2024 13:23:52 -05:00

ANEXO 5: Fotografías de acondicionamiento de la Chilca (*Baccharis latifolia*)



A5.1. Recolección de Chilca (*Baccharis latifolia*) en Lacasani – Moho.



A5.2. Materia prima Chilca (*Baccharis latifolia*).



A5.3. Clasificado de la Chilca (*Baccharis latifolia*) en buen estado y maduros.



A5.4. Limpieza de la Chilca (*Baccharis latifolia*) para eliminar tierras e impurezas.



A5.5. Secado de la Chilca (*Baccharis latifolia*) bajo sombra.



A5.6. Chilca (*Baccharis latifolia*) lista para la experimentación.

ANEXO 6: Fotografías del procedimiento de extracción del colorante de Chilca



A6.1. Pesado de Chilca (*Baccharis latifolia*) según la cantidad requerida (30g y 15g).



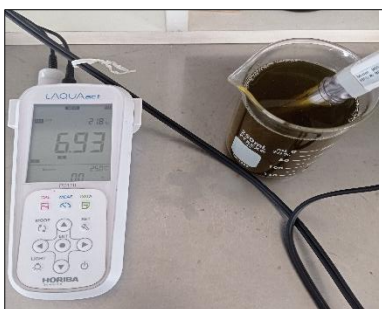
A6.2. Cálculo de agua blanda para la extracción.



A6.3. Combinación de Chilca (*Baccharis latifolia*) con agua blanda.



A6.4. Extracción de colorante de Chilca (*Baccharis latifolia*) por método decocción.

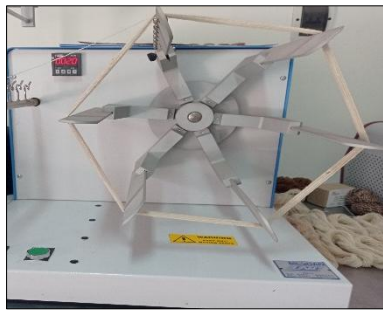


A6.5. Cálculo del pH del colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*).



A6.6. Colorante natural de Chilca (*Baccharis latifolia*) en líquido al 30% y 15%.

ANEXO 7: Fotografías del procedimiento de acondicionamiento del hilado de lana



A7.1. Madejado de muestras de hilado de lana a 20 vueltas.



A7.2. Pesado de muestras de hilado de lana, en promedio 4g por madeja.



A7.3. Combinación de detergente InvadinaDA + agua para lavado de hilado.

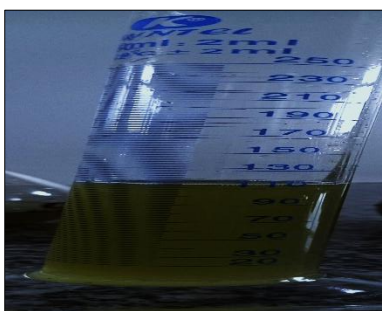


A7.4. Lavado y humectación de muestras de hilado de lana.

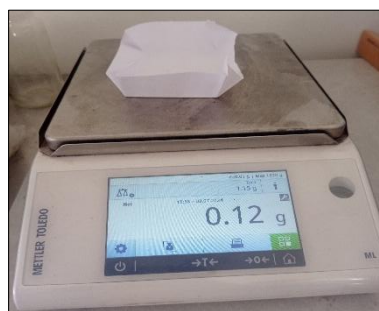


A7.5. Muestras de hilado de lana acondicionadas.

ANEXO 8: Fotografías del procedimiento de teñido



A8.1. Cálculo de colorante de Chilca (*Baccharis latifolia*).



A8.2. Peso del mordiente en función a la cantidad del volumen tintóreo.



A8.3. Combinación de colorante de Chilca (*Baccharis latifolia*) con mordiente.



A8.4. Vertido de solución tintórea y colocación de muestras.



A8.5. Distribución de recipientes de acero inoxidable en la máquina de teñido Ahiba IR.



A8.6. Programación de los parámetros de teñido establecidos según tratamiento.



A8.7. Retirado de recipientes de acero inoxidable.



A8.8. Desajuste de recipientes de acero inoxidable para retirar las muestras teñidas.



A8.9. Retirado y enjuagado de muestras teñidas.



A8.10. Secado de muestras teñidas con colorante natural de Chilca.

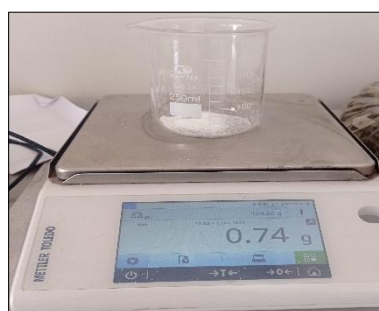


A8.11. Codificación y almacenamiento de muestras teñidas para su evaluación de solidez del color.

ANEXO 9: Fotografías del ensayo de solidez del color al lavado



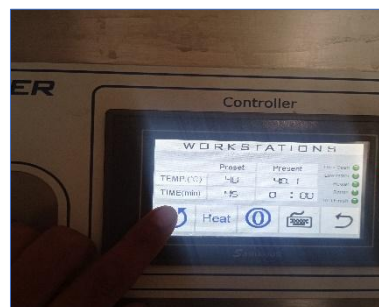
A9.1. Preparación de espécimen para ensayo de solidez al lavado.



A9.2. Pesado de detergente WOB requerido para ensayo de solidez al lavado.



A9.3. Vertido solución (agua + detergente), agregar las esferas de acero inoxidable.



A9.4. Programación de tiempo y temperatura según la NTP para solidez al lavado.



A9.5. Retirado de envases de acero de la máquina Lauderometro.

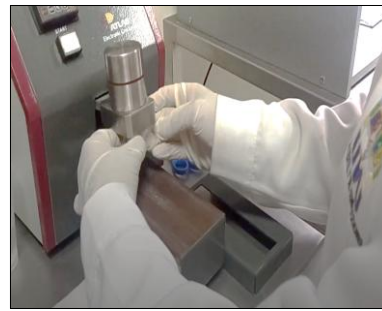


A9.6. Muestras multifibra listas para ser evaluadas.

ANEXO 10: Fotografías del ensayo de solidez del color al frote



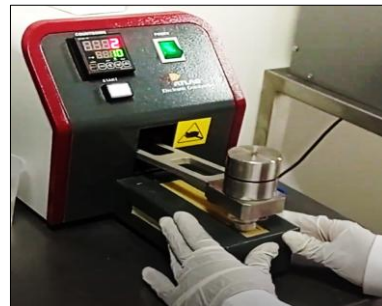
A10.1. Preparación de muestra para ensayo de solidez al frote.



A10.2. Colocación de testigo de algodón al equipo.



A10.3. Programación de número de vueltas según NTP para ensayo de solidez al frote.

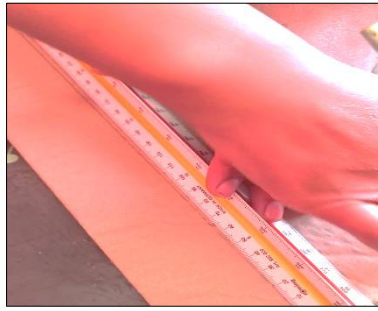


A10.4. Ensayo de solidez al frote en equipo Crockmeter.



A10.5. Muestras de testigo de algodón para su evaluación.

ANEXO 11: Fotografías del ensayo de solidez del color a la luz



A11.1. Preparación de patrón para ensayo de solidez del color a la luz.



A11.2. Muestras listas para ensayo de solidez del color a la luz.



A11.3. Muestras listas para evaluación.

ANEXO 12: Fotografías de las máquinas y equipos usados en la investigación



A12.1. Máquina de teñido de muestras marca (SGS(USTC) modelo AHIBA IR).



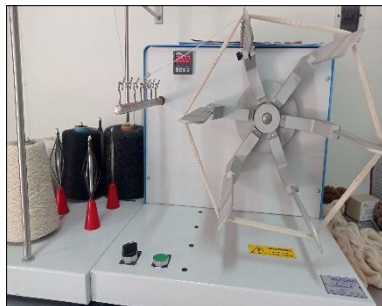
A12.2. Máquina secadora.



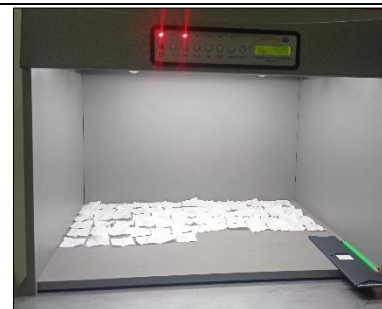
A12.3. Máquina Launderometro (wáter colour fastness tester) marca SAMKOON.



A12.4. Equipo Electronic Crockmeter marca (SDL ATLAS).



A12.5. Equipo madejero eléctrico marca (MESDAN).



A12.6. Cabina de luz modelo (CIC 11 PCE instruments) con diferentes tipos de luces (F, D65, TL84, UV, CWF y TL83/U30).



A12.7. Balanza eléctrica marca (METILER TOLEDO de 1620 g).



A12.8. Medidor portátil de pH marca (LOQUAact).



A12.9. Escala de grises de transferencia de color y de cambio de color.



A12.10. Máquina rectilínea de tejido punto.



A12.11. Estufa eléctrica de 2 hornillas.

ANEXO 13: Fotografías de materiales usados para la investigación



A13.1. Vasos de acero inoxidable de la máquina de teñido AHIBA IR.



A13.2. Vasos de acero inoxidable de la máquina Lauderometro.



A13.3. Ollas de acero inoxidable para la extracción de colorante.



A13.4. Guantes de protección de alta temperatura.



A13.5. Materiales de laboratorio como vasos precipitados, fiolas, probetas, jarras, embudo, etc.

ANEXO 14: Fotografías de materia prima y sustratos textiles usados en la investigación



A14.1. Chilca (*Baccharis latifolia*).



A14.2. Cono de hilado de lana.



A14.3. Tela multifibra N°42 6 franjas (lana, acrílico, poliéster, nylon, algodón y acetato) usado para ensayo de solidez al lavado.

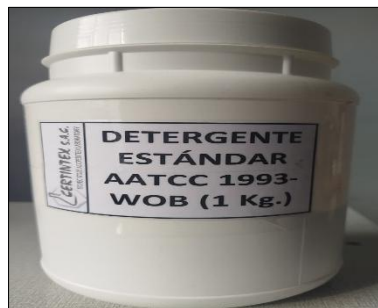


A14.4. Tela de algodón (AATCC CROCKMETER SQUARES) usado para ensayo de solidez al frote.

ANEXO 15: Fotografías de reactivos y productos auxiliares usados para la investigación



A15.1. Detergente Invadina DA para lavado de hilado de lana.

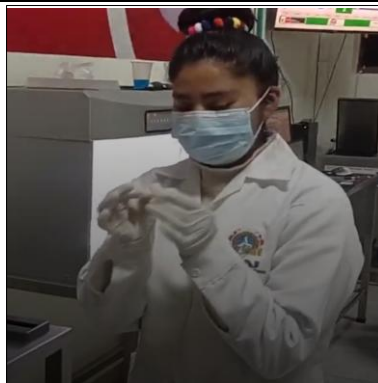


A15.2. Detergente estándar AATCC 1993 – WOB (sin blanqueador óptico) para la solidez del color al lavado.



A15.3. Sulfato de Aluminio y Potasio (Alumbre) usado como mordiente.

ANEXO 16: Fotografías en las instalaciones del CITE Textil Camélidos - Cusco



A16.1. Tesista realizando ensayos a nivel laboratorio.



A16.2. Tesista en la fachada de las instalaciones del CITE Textil Camélidos - Cusco.



A16.5. CITE Textil Camélidos - Cusco.

ANEXO 17: Matriz de tesis

EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL DE CHILCA (<i>Baccharis latifolia</i>) EN LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL HILADO DE LANA, PUNO - 2023							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD/CATEGORÍA	METODOLOGÍA
<p><u>Problema general</u> ¿ Qué efectos tiene el colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023?</p> <p><u>Problemas específicos</u> - ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023? - ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023? - ¿Qué efecto tiene el colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023?</p>	<p><u>Objetivo general</u> Evaluar los efectos del colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023.</p> <p><u>Objetivos específicos</u> - Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023. - Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023. - Determinar el efecto del colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023.</p>	<p><u>Hipótesis general</u> El colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) tiene efectos significativos en la solidez del color del hilado de lana, Puno - 2023.</p> <p><u>Hipótesis específicas</u> - El colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) tiene efecto significativo en la solidez del color al lavado del hilado de lana, Puno - 2023. - El colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) tiene efecto significativo en la solidez del color al frote del hilado de lana, Puno - 2023. - El colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) tiene efecto significativo en la solidez del color a la luz del hilado de lana, Puno - 2023.</p>	<p>Variable Independiente: Colorante natural de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)</p> <p>Variable Dependiente: Solidez del color</p>	<p>Relación Planta/Sustrato</p> <p>Concentración de Mordiente</p> <p>Tiempo</p> <p>Temperatura</p> <p>Solidez del color al lavado (NTP 231.008:2015)</p> <p>Solidez del color al frote (NTP 231.042:2009)</p> <p>Solidez del color a la luz (NTP 231.183:1986)</p>	<p>Gramos de hojas de Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en función a gramos de hilo de lana</p> <p>Gramos de mordiente en función al volumen de baño de teñido.</p> <p>Minutos de duración del teñido.</p> <p>Grados centígrados del teñido.</p> <p>Grado de pérdida de color del sustrato teñido.</p> <p>Grado de transferencia de color del sustrato teñido.</p> <p>Grado de degradación de color del sustrato teñido.</p>	<p>15%</p> <p>30%</p> <p>1g/L</p> <p>5g/L</p> <p>85°C</p> <p>98°C</p> <p>30 min</p> <p>60 min</p> <p>Escala de Grises: 5 (Excelente) 4/5 (Muy bueno) 4 (Muy bueno) 3/4 (Bueno) 3 (Bueno) 2/3 (Regular) 2 (Regular) 1/2 (Malo) 1 (Malo)</p>	<p><u>Tipo:</u> Aplicada <u>Nivel:</u> Explicativo <u>Enfoque:</u> Cuantitativo. <u>Diseño:</u> Experimental, diseño factorial 2⁴. <u>Población:</u> Hilado de lana, Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>) en condiciones óptimas. <u>Tipo de muestreo:</u> No probalístico, intencional. <u>Muestra:</u> 16 tratamientos y 3 réplicas. <u>Técnicas:</u> Observacional experimental. <u>Instrumentos:</u> Fichas de recolección de datos</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA