

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



"EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL INFLORESCENCIA DE COLLI (*Buddleja coriacea*) EN LA SOLIDEZ DE COLOR DEL TEÑIDO DE FIBRAS DE ALPACA, PUNO 2021"

Bach. Alexander Sucasaca Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor:
Dr. Jean Roger Farfán Gavancho



Juliaca, 2022



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



"EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL INFLORESCENCIA DE COLLI (*Buddleja coriacea*) EN LA SOLIDEZ DE COLOR DEL TEÑIDO DE FIBRAS DE ALPACA, PUNO 2021"

Bach. Alexander Sucasaca Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor:
Dr. Jean Roger Farfán Gavancho



Juliaca, 2022

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



“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL INFLORESCENCIA DE COLLI (*Buddleja coriacea*) EN LA SOLIDEZ DE COLOR DEL TEÑIDO DE FIBRAS DE ALPACA, PUNO 2021”

Bach. Alexander Sucasaca Quispe

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Asesor:

Dr. Jean Roger Farfán Gavancho

Juliaca, 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Sucasaca, A. (2022). *Efectos del colorante natural inflorescencia de colli (Buddleja coriacea) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

AUTOR: Alexander Sucasaca Quispe

TÍTULO: Efectos del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2022

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (197 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones — Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 04-00003-04/S87

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dr. Jean Roger Farfán Gavancho

PALABRAS CLAVE: Colorante natural, fibra de alpaca, inflorescencia de colli, proceso de teñido y solidez de color.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE
CONFECCIONES**

**“EFECTOS DEL COLORANTE NATURAL INFLORESCENCIA DE
COLLI (*Buddleja coriacea*) EN LA SOLIDEZ DE COLOR DEL TEÑIDO DE
FIBRAS DE ALPACA, PUNO 2021”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES**

Presentado por:

Bach. Alexander Sucasaca Quispe

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Julio Cesar Laura Huanca

PRESIDENTE DE JURADO

M.Sc. Beto Puma Huamán

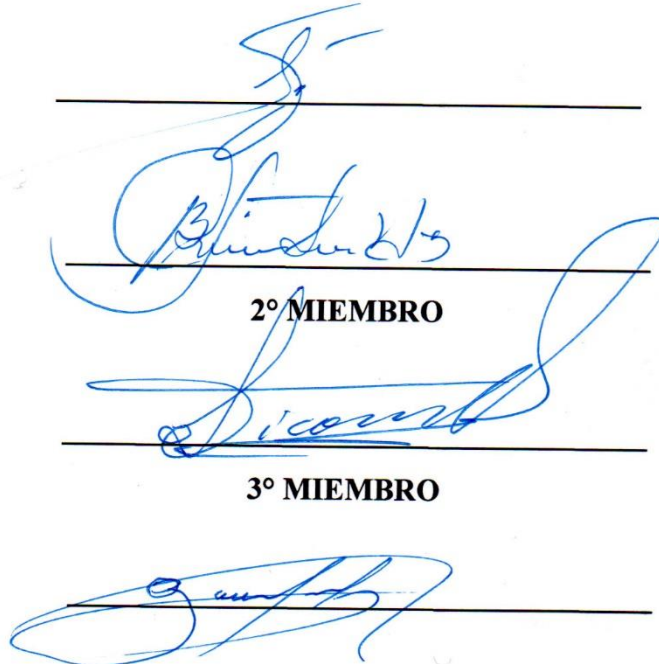
JURADO (Secretario)

M.Sc. Leandro Ticona Apaza

JURADO (Vocal)

Dr. Jean Roger Farfán Gavancho

ASESOR



The image shows four handwritten signatures in blue ink, each placed on a horizontal line. The signatures are: 1. A stylized signature for the President of the Jury. 2. A signature for the 2nd Member. 3. A signature for the 3rd Member. 4. A signature for the Advisor.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres Alfonso Sucacasa Collanqui y Nelly Justina Quispe Ramírez, que dispusieron su confianza en mí y me formaron con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A todas las personas que me han apoyado incondicionalmente y han hecho posible que el trabajo se realice con mucho éxito, en especial a aquellos que me compartieron sus conocimientos de la industria textil y en general.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado la fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Mi gran agradecimiento va dirigido en especial al Lic. Víctor Raúl García Carhuayo por su apoyo y motivación durante mi estadía laboral en el CITE Textil Camélidos Puno del Instituto tecnológico de la producción- PRODUCE.

Agradezco de manera muy especial al Dr. Jean Roger Farfán Gavancho por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría.

A la Universidad Nacional de Juliaca, gracias por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso de aprendizaje, ya sea de manera directa o indirecta.

A mis maestros, personas de gran sabiduría, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el cual me encuentro.

En general, a todas las instituciones, organismos, archivos, bibliotecas, que de alguna manera contribuyeron a facilitar acceso a la información requerida para alcanzar los objetivos trazados en esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema	21
1.1.1. Problema general	23
1.1.2. Problema específico	23
1.2. Objetivos de la investigación	23
1.2.1. Objetivo general.....	23
1.2.2. Objetivo específico	23
1.3. Formulación de hipótesis	24
1.3.1. Hipótesis general.....	24
1.3.2. Hipótesis específica	24
1.4. Justificación de la investigación.....	24
1.5. Variables de la investigación.....	25
1.5.1. Variable independiente	25
1.5.2. Variable dependiente	26
1.6. Operacionalización de variables.....	27

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación	28
2.2. Marco teórico	37
2.2.1. Fibras textiles	37
2.2.2. Clasificación de las fibras textiles.....	37

2.2.3.	Fibras manufacturadas	37
2.2.4.	Fibras naturales	38
2.2.5.	Fibra de alpaca	38
2.2.6.	Morfología de la fibra de alpaca	39
2.2.7.	Características más importantes de la fibra de alpaca	40
2.2.8.	Procesamientos primarios de la fibra de alpaca	41
2.2.9.	Industrialización de la fibra de alpaca	43
2.2.10.	Procesos tecnológicos del hilado de alpaca	44
2.2.11.	Sustrato textil a base de fibra de alpaca	51
2.2.12.	Colorantes textiles.....	53
2.2.13.	Tipo de colorantes para el teñido de fibra de alpaca.....	53
2.2.14.	Colorante natural.....	55
2.2.15.	Clasificación de los colorantes naturales	56
2.2.16.	Colorante de origen vegetal	56
2.2.17.	Características generales del árbol colli.....	62
2.2.18.	Extracción de colorantes natural.....	63
2.2.19.	Teñido textil	64
2.2.20.	El proceso de tintura	64
2.2.21.	Etapas en el proceso de teñido	67
2.2.22.	Curva de tintura de fibra de alpaca	70
2.2.23.	Factores que influyen en el sistema de tintura	73
2.2.24.	Productos auxiliares	77
2.2.25.	Control de calidad.....	80
2.2.26.	Diseño de experimentos	84

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Ámbito de estudio	88
3.2.	Materiales	89
3.2.1.	Inflorescencia de colli	90
3.2.2.	Hilado de alpaca.....	90
3.2.3.	Agua para el uso del proceso textil	90

3.2.4.	Reactivos y auxiliares textiles.....	90
3.2.5.	Equipos de laboratorio	91
3.3.	Diseño de la experimentación	95
3.3.1.	Variables del proceso	95
3.3.2.	Procedimiento de extracción de colorante	96
3.3.3.	Procedimiento de teñido de hilado de alpaca.....	100
3.3.4.	Proceso del teñido de hilado de fibra de alpaca.....	101
3.3.5.	Diagrama de bloques del planeamiento operacional	103
3.3.6.	Variables controlables.....	105
3.3.7.	Variables de respuesta.....	106
3.3.8.	Evaluación de la solidez al lavado	106
3.3.9.	Evaluación de la solidez de color al frote	109
3.3.1.	Evaluación de la solidez de color a la luz.....	110
3.3.2.	Escala de grises para el cambio de color	112
3.3.1.	Escala de grises para la transferencia de color.....	114
3.4.	Metodología	116
3.4.1.	Lugar	116
3.4.2.	Ubicación política	116
3.4.3.	Ubicación geográfica	117
3.4.4.	Tipo de investigación	117
3.4.5.	Nivel de investigación.....	117
3.4.6.	Diseño experimental	118
3.4.7.	Formación de experimentos.....	119
3.5.	Población y muestra	120
3.5.1.	Población.....	120
3.5.2.	Muestra	121
3.5.3.	Técnicas	122
3.5.4.	Instrumentos.....	122
3.5.5.	Procesamiento de los datos estadísticos post experimentación	123

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	124
4.1.1.	Humedad y rendimiento de la inflorescencia de colli.....	124
4.1.2.	Rendimiento del colorante natural extraído de la inflorescencia de colli.....	124
4.1.3.	Caracterización del extracto obtenido de la inflorescencia de colli.....	124
4.1.4.	Evaluación de estabilidad del color del pigmento de la inflorescencia de colli ...	125
4.1.5.	Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (buddleja coriácea) en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca.....	126
4.1.6.	Análisis de varianza para solidez de color en general	127
4.1.7.	Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color	130
4.1.8.	Prueba de normalidad de los datos de solidez de color	131
4.1.9.	Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (buddleja coriácea) en la solidez de color al lavado de teñido de fibras de alpaca	133
4.1.10.	Análisis de varianza para la solidez de color al lavado	134
4.1.11.	Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color al lavado.....	137
4.1.12.	Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color al lavado	138
4.1.13.	Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (buddleja coriácea) en la solidez de color a la luz de teñido de fibras de alpaca	139
4.1.14.	Análisis de varianza para la solidez de color a la luz	141
4.1.15.	Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color a la luz.....	144
4.1.16.	Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color a la luz	145
4.1.17.	Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (buddleja coriácea) en la solidez de color al frote de teñido de fibras de alpaca	146
4.1.18.	Análisis de varianza para la solidez de color al frote.....	148
4.1.19.	Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color al frote.....	151
4.1.20.	Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color al frote	152
4.1.21.	Parámetros recomendables del estudio	153
4.2.	Contrastación de hipótesis.....	154
4.2.1.	Hipótesis general.....	154
4.2.2.	Hipótesis específica uno	156

4.2.3.	Hipótesis específica dos	157
4.2.4.	Hipótesis específica tres.....	159

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	161
5.2.	Recomendaciones.....	162
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS		164
ANEXOS.....		170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variable independiente y dependiente.....	27
Tabla 2: Categorización del vellón de fibra de alpaca.....	42
Tabla 3: Clasificación de la fibra de alpaca según el grupo de calidades.....	43
Tabla 4: Codificaciones de colores naturales de fibra de alpaca	43
Tabla 5: Parámetros de lavado de fibra de alpaca	47
Tabla 6: Clasificación de colorantes naturales según composición química.....	56
Tabla 7: Colorantes naturales según especies y los colores obtenidos	57
Tabla 8: Aspectos botánicos	63
Tabla 9: Materiales y equipos.....	89
Tabla 10: Umbrales de tolerancia para ΔE en impresiones	99
Tabla 11: Cálculos para el pretratamiento de hilado para la primera réplica	101
Tabla 12: Cálculos para el pretratamiento de hilado para la segunda réplica.....	101
Tabla 13: Parámetros establecidos para el teñido de hilado de alpaca con colorante inflorescencia de colli	104
Tabla 14: Variables controlables en el proceso de teñido	106
Tabla 15: Parámetros para evaluar la solidez de color al lavado.....	108
Tabla 16: Modelo estadístico del diseño experimental 2k3.....	118
Tabla 17: Descripción del diseño experimental.....	119
Tabla 18: Matriz del diseño experimental	119
Tabla 19: Resultados de color ($L^*a^*b^*$), pH de los extractos	125
Tabla 20: Resultado promedio de las solideces- Réplica Nro.1	126
Tabla 21: Resultado promedio de las solideces- Réplica Nro.2	127
Tabla 22: Análisis de varianza para la solidez de color.....	127
Tabla 23: Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color	130
Tabla 24: Pruebas experimentales de solidez de color al lavado.....	133
Tabla 25: Parámetros de prueba de solidez al lavado.....	133
Tabla 26: Análisis de varianza para la solidez de color al lavado	134
Tabla 27: Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color al lavado	137
Tabla 28: Pruebas experimentales de solidez de color a la luz.....	140
Tabla 29: Parámetros para la prueba de solidez de color a la luz.....	140

Tabla 30: Análisis de varianza para la solidez de color a la luz	141
Tabla 31: Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color a la luz	144
Tabla 32: Prueba experimental de solidez de color al frote.....	147
Tabla 33: Parámetros de solidez de color al frote.....	147
Tabla 34: Análisis de varianza para la solidez de color al frote	148
Tabla 35: Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color al frote	151
Tabla 36: Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente al mordiente	154
Tabla 37: Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente al tiempo....	154
Tabla 38: Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente a la temperatura	154
Tabla 39: Análisis de varianza de prueba de solidez de color	155
Tabla 40: Análisis de varianza de prueba de solidez del color al lavado	156
Tabla 41: Análisis de varianza de prueba de solidez del color a la luz	158
Tabla 42: Análisis de varianza de prueba de solidez del color al frote	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alpaca de raza Suri y Huacaya.....	39
Figura 2. Estructura de la fibra de alpaca.	40
Figura 3. Proceso de transformación de fibra a hilados teñidos.	44
Figura 4. Operaciones para obtener cintas de fibra paralelas.	45
Figura 5. Máquina de apertura de fibra de alpaca.....	46
Figura 6. Sistema de funcionamiento de una continua de anillos.....	50
Figura 7. Hilados de alpaca.....	52
Figura 8. Maquinaria para desarrollar tejidos de género plano.	52
Figura 9. Interacción de la fibra de alpaca con colorantes ácidos.	54
Figura 10. Fases del proceso de tintura.....	66
Figura 11. Solución de colorantes dispersables.	67
Figura 12. Concentración del colorante en el baño más cercano a la fibra.	68
Figura 13. Penetración del colorante y migración dentro de la fibra.....	69
Figura 14. Fijación del colorante en la fibra textil.....	70
Figura 15. Curva de teñido con colorante ácido.	70
Figura 16. Curva de teñido con colorante de complejo metálico.	71
Figura 17. Curva de teñido con colorantes reactivos.....	72
Figura 18. Curva de teñido con colorante natural.....	73
Figura 19. Evaluación de la afinidad de los auxiliares textiles.....	77
Figura 20. Influencia de las variables controlables y no controlables en el proceso.	85
Figura 21. Máquina para teñir muestras.	92
Figura 22. Cabina de luz.	92
Figura 23. Equipo para determinar la solidez de color al frote.....	93
Figura 24. Equipo para medir el pH.....	93
Figura 25. Lauderometro.	94
Figura 26. Estufa para el secado de las muestras.....	94
Figura 27. Aspe de precisión para madejado de hilados.....	95
Figura 28. Inflorescencia de colli.....	96
Figura 29. Filtrado del colorante.....	97
Figura 30. Almacenamiento de colorante extraído.	98

Figura 31. Medida de pH del colorante.	99
Figura 32. Madeja de hilado.	100
Figura 33. Diagrama de flujo del proceso de teñido.	102
Figura 34. Diagrama de bloques operacionales.	103
Figura 35. Escala de grises al cambio de color.....	113
Figura 36. Ilustración de cómo se utiliza la escala de grises	114
Figura 37. Ángulo de iluminación y observación para evaluar muestras.	114
Figura 38. Escala de grises para la transferencia de color.	115
Figura 39. Ilustración de uso de la escala de grises de transferencia.....	116
Figura 40. Vista geométrica del diseño factorial $2k3$	120
Figura 41. Espacio de Color CIE L^* a^* y b^*	125
Figura 42. Gráfica de variación de color (ΔE).....	126
Figura 43. Gráfica de efectos principales para la solidez de color.	128
Figura 44. Gráfica de interacción para solidez de color.	130
Figura 45. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color.	131
Figura 46. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez de color.	132
Figura 47. Histograma de la prueba de solidez de color.....	132
Figura 48. Gráfica de efectos principales para la solidez al lavado.....	135
Figura 49. Gráfica de interacción para solidez de color al lavado.....	136
Figura 50. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color al lavado.....	137
Figura 51. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez de color al lavado.....	138
Figura 52. Histograma de la prueba de solidez de color al lavado.	139
Figura 53. Gráfica de cubos medias ajustadas de solidez de color al lavado.	139
Figura 54. Gráfica de efectos principales para la prueba de solidez a la luz.	142
Figura 55. Gráfica de interacción para la solidez a la luz.....	143
Figura 56. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la solidez a la luz.	144
Figura 57. Gráfica de la prueba de normalidad de la solidez a la luz.	145
Figura 58. Histograma de la prueba de solidez de color a la luz.	146
Figura 59. Gráfica de cubos de medias ajustadas de la prueba de solidez a la luz.	146
Figura 60. Gráfica de efectos principales para la solidez de color al frote.....	149

Figura 61. Gráfica de interacción para la solidez de color al frote en seco.	150
Figura 62. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color al frote.	151
Figura 63. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez al frote.	152
Figura 64. Histograma de la prueba de solidez de color al frote.	153
Figura 65. Gráfica de cubos de medias ajustadas de solidez al frote.....	153
Figura 66. Pigmento acuoso extraído de la inflorescencia de colli.....	183
Figura 67. Medición del pH del pigmento.	183
Figura 68. Almacenamiento del pigmento para su aplicación en la tintura.	184
Figura 69. Madejado de hilado de alpaca.	184
Figura 70. Preparación del mordiente y auxiliares textiles.....	185
Figura 71. Pesado de los materiales e insumos.....	185
Figura 72. Pipeteado de los auxiliares textiles.....	186
Figura 73. Introduciendo el colorante en los tubos de la máquina de teñido.....	186
Figura 74. Programando máquina de tintura para muestras	187
Figura 75. Fotografía del tesista con la máquina de teñidora.	187
Figura 76. Lavado y enjuague del hilado teñido.	188
Figura 77. Prueba de solidez de color al frote.	188
Figura 78. Muestras testigo de material algodón para evaluar la transferencia de color.....	189
Figura 79. Evaluación de la solidez de color al frote con la escala de grises a la transferencia de color.	189
Figura 80. Tubos de ensayo con billas para el lavado de muestras teñidas.	190
Figura 81. Máquina lauderometro para prueba de lavado.	190
Figura 82. Evaluación en la cabina de luz la solidez de color.	191
Figura 83. Evaluación de solidez de color al cambio de color	191

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de observación e instrumentación de recolección de datos	171
Anexo 2. Ficha de recolección de datos de la primera muestra y su repetición	172
Anexo 3. Ficha de recolección de datos de la segunda muestra y su repetición.....	173
Anexo 4. Ficha de recolección de datos de la tercera muestra y su repetición.....	174
Anexo 5. Ficha de recolección de datos de la cuarta muestra y su repetición.....	175
Anexo 6. Ficha de recolección de datos de la quinta muestra y su repetición.....	176
Anexo 7. Ficha de recolección de datos de la sexta muestra y su repetición	177
Anexo 8. Ficha de recolección de datos de la séptima muestra y su repetición	178
Anexo 9. Ficha de recolección de datos de la octava muestra y su repetición	179
Anexo 10. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color al lavado.....	180
Anexo 11. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color al frote.....	181
Anexo 12. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color a la luz.....	182
Anexo 13. Evidencias Fotográficas de la investigación	183
Anexo 33. Matriz de consistencia.....	192

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue obtener pigmento de color amarillo a partir de la inflorescencia de colli para su aplicación y evaluación en el teñido de fibras de alpaca. A partir de ello, se planteó determinar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca. La metodología de la investigación tiene un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y diseño experimental, se trabajó con 8 tratamientos y 2 repeticiones en total de 16 tratamientos, las pruebas de tintura y las evaluaciones de solidez, se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca; la técnica de recolección de datos fue mediante análisis de laboratorio y de instrumento se utilizó las fichas técnicas; se experimentó a nivel laboratorio con el pigmento extraído de la inflorescencia de colli, para obtener diferentes resultados, se trabajó modificando los factores de concentración de mordiente, tiempo y temperatura del proceso de teñido. Según los resultados experimentales, el efecto del pigmento extraído de la inflorescencia de colli en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, es significativa con un *p-valor de 0.006*, se logró obtener teñidos con una amplia gama de tonalidades amarillas con buenas solidez de color; los principales efectos son los factores B (*tiempo*) con un *p-valor = 0.008 < 0.05*, C (*temperatura*) con un *p-valor = 0.001 < 0.05* y la *interacción de AC (concentración de mordiente y temperatura)*, estos factores e interacciones dominan el proceso, explicando el 80.50 % de la variabilidad total; Asimismo, la extracción del pigmento acuoso se realizó a temperatura de ebullición durante 1: 05 h. Finalmente, los parámetros recomendables para el teñido de hilado de alpaca con pigmento extraído de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) son los siguientes: 3,5 g/l de crémor de tártaro, tiempo de teñido de 75 minutos a temperatura de ebullición; que brinda una apariencia de color agradable y con buenas solidez de color.

Palabra clave: Colorante natural, fibra de alpaca, inflorescencia de colli, proceso de teñido y solidez de color.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to obtain yellow pigment from the inflorescence of colli for its application and evaluation in the dyeing of alpaca fibers. From this, it was proposed to determine the effects of the natural dye inflorescence of colli (*Buddleja coriacea*) on the color fastness of alpaca fiber dyeing. The research methodology has a quantitative approach, explanatory level and experimental design, we worked with 8 treatments and 2 repetitions in total of 16 treatments, the dyeing tests and the fastness evaluations, were carried out in the laboratories of the National University from Juliaca; The data collection technique was through laboratory analysis and the technical files were obtained from the instrument; It was experimented at the laboratory level with the pigment extracted from the colli inflorescence, to obtain different results, we worked by modifying the factors of mordant concentration, time and temperature of the dyeing process. According to the experimental results, the effect of the pigment extracted from the colli inflorescence on the color fastness of alpaca fiber dyeing is significant with a p-value of 0.006, it will be improved to obtain dyeings with a wide range of yellow tones with good results. color fastnesses; the main effects are the factors B (time) with a p-value = 0.008 <0.05, C (temperature) with a p-value = 0.001 <0.05 and the interaction of AC (mordant concentration and temperature), these factors and interactions they dominate the process, explaining 80.50% of the total acquisition; Likewise, the extraction of the aqueous pigment was carried out at boiling temperature for 1: 05 h. Finally, the recommended parameters for dyeing alpaca yarn with pigment extracted from the inflorescence of colli (*Buddleja coriacea*) are the following: 3.5 g/l of cream of tartar, dyeing time of 75 minutes at boiling temperature; which gives a pleasing color appearance and good color fastness.

Keyword: Natural dye, alpaca fiber, colli inflorescence, dyeing process and color fastness.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la fibra de alpaca es una materia prima de alto valor en el mercado de los textiles, que viene siendo exportada a diversos mercados internacionales, especialmente por su finura y otras características importantes para el desarrollo de prendas textiles (Mamani, 2020). En el Perú se tiene la mayor población de alpaca a nivel mundial; y la región de Puno cuenta con la mayor cantidad de alpacas en el país, seguido por los departamentos de Arequipa, Cusco y Huancavelica (González et al., 2019). La actividad de crianza de alpacas y elaboración de artesanía a base de fibra de alpaca, son los sustentos económicos principales en las zonas alto andinas de la Región de Puno (Barreda, 2020).

La fibra de alpaca es sometida a varios procesos de transformación para otorgarle un valor agregado, desde la clasificación, lavado, cardado, peinado e hilandería, siendo el resultado de estos procesos, la obtención de cintas cardadas continuas (*round sliver*), cintas peinadas continuas (tops) e hilos. Posterior a ello, para darle un mayor valor agregado, los productos primarios e intermedios obtenidos pasan a ser tinturados con la finalidad de otorgarle un color; y es en ese punto donde interviene el estudio de la presente investigación; actualmente la tintura de fibra de alpaca es desarrollada con colorantes sintéticos (colorantes reactivos, complejo metálico y ácidos), debido a su fácil trabajo, en tiempos cortos de proceso, amplia gama de colores desde los más claros hasta los más oscuros y con muy buenas solidez al frote, lavado y a la luz (Cavenago y Córdova, 2014). Debido a esas bondades que ofrece ese tipo de colorantes, la aplicación de los colorantes naturales en el teñido de fibras textiles es muy reducido. En el presente, nos encontramos en una era ecológica donde la importancia de utilizar insumos naturales ha cobrado espacio; los sustratos textiles teñidos con colorantes naturales tienen un alto valor agregado y son requeridos por los mercados que se identifican con la moda sostenible y el slow fashion; cuyo propósito es el cuidado del medio ambiente, a través de la reutilización de materiales para elaborar productos. Según Ponce de León y Valdivia (2014), el valor de una prenda y/o accesorio artesanal elaborado con insumos naturales radica por ser un producto eco amigable y 100 por ciento natural.

El sector textil y de confecciones se caracteriza por ser una industria muy contaminante a nivel mundial, por ser una de los sectores más contaminantes, es por eso, que surge la necesidad de buscar nuevas tecnologías limpias que no alteren al medio ambiente y también como eje de

investigación de valorización de antiguas técnicas de tintura, haciendo una adaptación a nuestro entorno dándole un enfoque técnico, descubriendo diversas maneras de obtener pigmento natural para su aplicación en el teñido de fibras textiles (Laura, 2018).

Los tintes naturales son biodegradables y respetuosos del medio ambiente (Shabbir et al., 2019), no son dañinos ni sensibles a la piel. Pueden crear colores vibrantes para los productos textiles (Adeel et al., 2019). Estos colores naturales poseen una variedad de tonalidades y la mayoría de estos colores se extraen de diferentes partes de las plantas, como la corteza, flores, tallos, raíces, frutos, hojas, etc. (Dutta et al., 2021).

Obando (2013), manifiesta que los pigmentos extraídos de fuentes naturales, es una opción para el teñido de sustratos textiles; puesto que, existe una amplia gama de tonalidades para su aplicación en el proceso de teñido, obteniendo buenas solidez de color y logrando productos con etiqueta verde; con ello se está ayudando a reducir la contaminación ambiental porque pueden degradarse fácilmente al momento de realizar el desagüe de los baños utilizados en la tintura.

Los colorantes naturales es una buena opción para el teñido de flocas, cintas cardadas, tops e hilados y prendas textiles, es recomendable su uso al igual que los colorantes sintéticos, porque presentan buena apariencia e intensidad de color, buenas solidez y es amigable con el medio ambiente y el ecosistema (Dutta et al., 2021).

La solidez de color, es uno de los puntos más críticos en el proceso de tintura, puesto que es la última etapa para poder evaluar la calidad del sustrato teñido, antes que el producto sea concluido y enviado a otra área de producción (Cavenago y Córdova, 2014). Convenientemente, para esta investigación se consideró evaluar el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja Coriacea*) en la solidez de color al lavado, luz y al frote, a través de pruebas de tintura y el control de calidad de los sustratos teñidos.

Por ende, estas son las problemáticas que impulsan y motivan a realizar la presente investigación, con el propósito de contribuir al cuidado del medio ambiente, valor agregado en la industria textil y de confecciones y el fortalecer la línea investigación “Optimización de procesos de diseño, producción y acabado en la industria textil y de confecciones”.

Los capítulos se dividen de la siguiente manera:

En el capítulo I: Enunciado del problema, presentación del problema general, problemas específicos, objetivos de la investigación: objetivo general, específicos y fundamentación teórica.

En el capítulo II: La revisión literaria se establece basándose en los antecedentes de otros trabajos de investigaciones desarrolladas a nivel nacional e internacional y la recopilación de información primaria y secundaria está basada sobre aspectos relacionados con los métodos de extracción de pigmento natural, tintura de hilado de alpaca y el control de calidad de los teñidos.

En el capítulo III: Los materiales y métodos, presentan los equipos y suministros necesarios para desarrollar el estudio, la metodología, la población y muestra, así como los procedimientos experimentales y los datos que se obtendrán.

En el capítulo IV: Resultados y conclusiones.

En el capítulo V: Se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas para confirmar los hallazgos presentados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

En la actualidad la crianza de alpaca en la región de Puno constituye una actividad importante (Barreda, 2020); así mismo, la artesanía textil constituye un sector socioeconómico estratégico para el crecimiento de la economía de la región de Puno, que está conformada por unidades productivas que producen hilos 100 por ciento a base fibra de alpaca, y también elaboran prendas y accesorios la cual genera ingresos económicos para las familias artesanas, además permite mejorar el precio de la fibra de alpaca de color en el mercado local (Enríquez, 2015, p.1). Es decir, mientras que, en el sistema de comercio de intermediación, el precio de la fibra de alpaca color fluctúa entre S/. 8 a S/. 9 soles por libra, por otro lado, las mujeres que elaboran artesanía textil, pagan por fibra clasificada (preparada para la producción de hilado artesanal), entre S/.12 a S/. 15 por libra, siendo los más cotizados los hilos de colores.

Con respecto a la tendencia de mercado, el 27.3 % de las empresas exportadoras de prendas de vestir de Perú Moda 2012, consideran que la carta de colores es una exigencia a tomar en cuenta. Las empresas exportadoras como Inalpaca TPX S.A., Michell y CIA S.A., Art Atlas, Itessa, Colonial, Sudamericana de fibras, San Juan, etcétera; que brindan propuestas no solo de diseños innovadores de alta calidad; sino también ofrecen una carta de colores dependiendo de las colecciones de temporada, los colores más resaltantes son el marrón, crema, plomo, hueso, rosa palo o colores brillantes entre otros (Parodi, 2011, p.6).

La industria textil actualmente trabaja con colorantes sintéticos para el proceso de teñido de fibra de alpaca, lana y otras fibras proteicas, con el propósito de obtener gran cantidad de gamas de colores, desde los más limpios y brillantes hasta los oscuros intensos con muy buenas solidez, que exigen las normativas y los mercados nacionales e internacionales (Adeel et al., 2019).

Debido a estas cualidades de los colorantes sintéticos, la utilización de colorantes naturales para su aplicación en el teñido de fibra de alpaca es muy reducida (Soto, 2017). Sin embargo, la dependencia de colorantes industriales en los procesos de tintura, en su gran mayoría los residuos sólidos y líquidos de estos colorantes son vertidos en las lagunas, laderas y ríos, provocando la contaminación del medio ambiente, por ende, afecta la salud de los seres vivos (Goodarzian y Ekrami 2010). Y, por otra parte, se ha identificado que existe desconocimientos sobre los usos de los colorantes naturales obtenidos de las fuentes naturales: flores, árboles y frutos con propiedades tintóreas (Dutta et al., 2021); que no son aprovechados para el teñido de fibras textiles; un claro ejemplo, es la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) que se encuentra en la familia de los *Buddlejaceae* que pertenece al grupo de los flavonoides y tiene propiedades tintóreas con tendencia a dar colores de tonalidades amarillas (Nina, 2018); la cual se encuentra al alcance de nuestras manos en gran parte de las épocas del año y se podría utilizar como insumo para desarrollar un colorante y ser aplicado en el proceso de teñido de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) y para su fijación del color en el sustrato, se tiene la opción de utilizar mordientes como el crémor de tártaro, alumbre, sal, ácido cítrico, sulfato de cobre, etc. (Sánchez M., 2020).

Las existencias actuales sobre el cuidado ambiental como medidas de prevención para el cuidado de la salud, recaen en la obligación de buscar nuevas tecnologías limpias, sobre todo que no alteren el medio ambiente, hoy en día la producción textil es excesivamente contaminante, principalmente por sus acabados y ennoblecimiento, es por eso, que el estudio de las propiedades de los colorantes naturales se hace muy importante (Laura, 2018).

Con el pasar del tiempo surge la necesidad de tener mayores estudios de investigación en los procesos productivos de la fibra de alpaca, para optimizar los procesos enfocados en mejorar la calidad de los productos textiles, y de esa manera ofrecer al mercado productos de calidad total, según las exigencias de cada cliente (Córdova, 2017).

En respuesta a esta situación económica del sector textil de la región de Puno, debido a la pandemia, han motivado la ejecución del presente trabajo de investigación y de esta manera promover la rentabilidad y competitividad económica de las unidades productivas del sector textil.

Con todo lo referido, si esta realidad persiste, se corre el riesgo que en un futuro las personas dedicadas al sector textil migren a otros sectores productivos, ello conlleva a una despoblación y desvalorización de la fibra alpaca en la región de Puno y el Perú.

Por lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de evaluar los efectos del pigmento extraído de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca. Por tal motivo, esta investigación responde a las siguientes preguntas:

1.1.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos del colorante natural de inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021?

1.1.2. Problema específico

- ¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color al lavado del teñido de fibras de alpaca?
- ¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color a la luz del teñido de fibras de alpaca?
- ¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color al frote del teñido de fibras de alpaca?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.

1.2.2. Objetivo específico

- Identificar el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color al lavado del teñido de fibras de alpaca.
- Establecer el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color a la luz del teñido de fibras de alpaca.
- Analizar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en la solidez de color al frote del teñido de fibras de alpaca.

1.3. Formulación de hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efectos significativos en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.

1.3.2. Hipótesis específica

- El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efecto significativo en la solidez del color al lavado de teñido de fibras de alpaca.
- El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efecto significativo en la solidez de color a la luz de teñido de fibras de alpaca.
- El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efecto significativo en la solidez de color al frote de teñido de fibras de alpaca.

1.4. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se justifica en la parte teórica, puesto que actualmente la región de Puno, es el mayor productor de fibra de alpaca a nivel nacional (Barreda, 2020). Sin embargo, la fibra de alpaca grasienda no es transformada a productos primarios (cintas, tops e hilados) y mucho menos a productos culminados (prendas y accesorios), sino que, es vendida en materia prima a la industria para su transformación, si bien es cierto, la fibra sucia tiene poco valor y su precio en el mercado es irrisorio; y ello repercute en la economía del productor alpaqueros, microempresarios y artesanos del sector textil. El interés del valor agregado a la fibra de alpaca, surge a partir de la demanda de productos culminados a base de esta fibra, esencialmente por sus peculiares características para desarrollar indumentarias con una variedad de carta de colores (Carpíó, 2017). Así mismo, para mejorar esta situación del sector textil, se ejecuta esta investigación, especialmente con la finalidad de aportar conocimientos técnicos y tecnológicos en los procesos de teñido de hilado de alpaca con pigmento natural extraído de la inflorescencia de colli; esto debido a las deficiencias en el desarrollo y fijación de color en las tinturas con colorantes naturales. Con la investigación desarrollada, se establece parámetros óptimos para la extracción del colorante y proceso de teñido, con el objetivo de obtener teñidos que no puedan perder su coloración rápidamente, cuando es sometida al lavado, al frote y a la exposición a la luz.

De la misma manera, tiene justificación técnica; puesto que al tener los parámetros permisibles de teñido con el pigmento extraído del colli, es un aporte técnico con enfoque eco amigable con el medio ambiente. Así mismo, es una alternativa frente a uso de los colorantes sintéticos, cuyos residuos sólidos y líquidos contaminan los ríos, laderas y contribuyen a la contaminación, los mismos que presentan gran persistencia en el medio ambiente de las aguas residuales y al ser sometidos a tratamientos físicos, químicos y biológicos, estas no son eficientes en la eliminación de su coloración (Ramos, 2020). Por consecuente, la presente investigación desarrolla innovación y transferencia tecnológica, lo cual fortalecerá el conocimiento teórico y práctico en beneficio al sector textil de la región de Puno y el país; y de esa manera aprovechar las materias primas como la fibra de alpaca y la biodiversidad de las plantas nativas que existe en nuestros pisos tanto en el altiplano como en la selva y la costa, las cuales presentan un banco genético de flora y fauna (Hañari, 2018).

La investigación se justifica en lo pragmático, porque pretende demostrar la aplicabilidad del colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) en los procesos de tintura textil, dándole coloración a los sustratos de fibra de alpaca, de manera sostenibles y eco amigable; de la misma manera busca mejorar la calidad de los teñidos y el aprovechamiento de los insumos naturales que los suelos de la región Puno nos ofrece.

1.5. Variables de la investigación

1.5.1. Variable independiente

A. Colorante natural extraído de la inflorescencia de colli

Definición conceptual: El colorante de inflorescencia de colli, es el pigmento acuoso extraído de la flor de colli, el cual tiene un color café a amarillo naranja intenso bastante fuerte; es utilizado en el proceso de teñido de fibras proteicas (Nina, 2018).

Definición operacional: El proceso de teñido de fibra de alpaca se realizó con el pigmento acuoso extraído de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*), mediante una relación tintórea igual para todas las muestras, considerando tres factores controlables con niveles menores y mayores: concentración de mordiente (3,5 g/l - 7,5 g/l), tiempo de tintura (75 -110 minutos) y temperatura (70 °C - 90 °C).

1.5.2. Variable dependiente

A. Solidez de color

Definición conceptual: La evaluación de las solidezces muchas veces depende de una comparación entre la tintura antes y después de haber sido sometida a la prueba. Al mismo tiempo se necesita saber cómo afecta la tintura a materiales blancos por si una prenda teñida tiene contacto con ellos durante su uso o procesamiento (Illa y Tairo, 2015).

Definición operacional: Para evaluar la solidez de las muestras se aplicará tres métodos de prueba según el uso final del material, los cuales son los siguientes:

Solidez de color al lavado: AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering y Normas Técnica Peruana NTP 231.181:1986 - Método para determinar la solidez de color al lavado a mano con jabón en los tejidos artesanales.

Solidez de color a la luz solar: AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light y Normas Técnica Peruana NTP 231.193:1986 - Método para determinar la solidez de color a la luz solar en tejidos artesanales.

Solidez de color al frote: AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method y Normas Técnica Peruana NTP 231.042:2009 Ensayo de solidez del color al frote.

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variable independiente y dependiente

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad / Categoría	Tipo de variable
Variable independiente Pigmento extraído de la inflorescencia de colli	Mordiente	Gramos por litro de Crémor de tártaro (g)	Mínimo: 3,5 g/l Máximo: 7,5 g/l	Continúa
	Tiempo	Duración de teñido (minutos)	Mínimo: 75 min. Máximo: 110 min.	Continúa
	Temperatura	Grados centígrados (°C)	Mínimo: 70 °C Máximo: 90 °C	Continúa
Variables dependientes Solidez de color	Solidez del color al lavado	Grado de transferencia de color	5- 4.5 = Muy buena	Ordinal
	Solidez de color a la luz solar	El grado de cambio de color	4 – 3.4 = Bueno 3 = Aceptable	Ordinal
	Solidez de color		2.3 - 2 = Regular	
	Solidez de color al frote en seco	Grado de transferencia de color	1.2- 1 = Escasa	Ordinal

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Huebla y Rea (2019), desarrollaron una investigación titulada “Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con fibra de alpaca”, con el objetivo de fabricar productos a base de fibra de alpaca. El proceso de pretratamiento se realizó con 15 sustratos de 200 gramos, así mismo, elaboraron un diseño con diferentes tratamientos: 1,2,3, el primero se refiere a la mezcla de bicarbonato de sosa más sal industrial, el segundo es con limpiador ecológico y el tercero es una mezcla íntima de los dos tratamientos mencionados. Los autores concluyen que con el tercer tratamiento se obtuvieron fibras aptas para la elaboración de artículos a base de fibra de alpaca, a partir de los hilos pretratados desarrollaron el proceso de tintura con diente de león, musgo, cebolla y remolacha. Las variables evaluadas son: resistencia a la rotura (N/cm²), porcentaje de estiramiento (%), solidez de color a la luz (grado de cambio de color), colorimetría (CIE 1976 L*a*b*), texturas (puntos) y tacto (grados), de los cuales resaltamos el factor de mayor interés que es la solidez a la luz, donde se obtienen una puntuación de 3.5 a 4 en la escala de grises al cambio de color, esto muestra los mejores resultados.

Moldovan (2016), desarrolló estudios de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos a base de micros y macros algas: *Arthrospira platensis*, *Syncechococcus sp.*, *Ulva sp.* Afirma que la industria textil y de confecciones son de las más importantes y contaminantes debido a su emisión de compuestos químicos, representada por los insumos empleados y las aguas residuales generadas. Los tintes industriales que se utilizan hoy en día son generalmente son estables a la luz, resistencia al lavado y a la decadencia microbiana, por lo que son denominados altamente contaminantes y obstinados; la constitución de los colorantes naturales obtenidos a partir de algas, presentan la ventaja de ser procedentes de recursos renovables, la cual

causa menores problemas de contaminación ambiental y, además, tienen alto rendimiento y eficiencia. Es por ello que el autor se plantea estudiar la aplicabilidad de colorantes obtenidos de 3 micro y macro algas: *Arthrospira platensis* (microalga), *Synechococcus* sp. (microalga), *Ulva* sp. (macroalga) en el proceso de tintorería textil, con el fin de extraer pigmentos de diferentes tonalidades y se pueda realizar tricromía, con la finalidad de reemplazar a los colorantes sintéticos. A partir de estas 3 algas seleccionadas, se obtuvo pigmento de colorantes azules, rojo, amarillo/naranja, los cuales fueron caracterizados por espectrofotometría UV. La aplicación de colorantes extraídos de algas sobre tejidos de algodón se ha efectuado mediante agotamiento de la tintura y los parámetros del proceso fueron optimizados, teniendo en consideración que los colorantes obtenidos son sensibles a altas temperaturas. Los resultados y la validación del proceso fueron ejecutados por la caracterización de los sustratos teñidos empleando normas técnicas referentes a la calidad de la tintura. El empleo de colorantes a partir de algas revela resultados importantes con los colorantes naturales empleados en la industria hoy en día, provenientes de otras fuentes. Obteniéndose valores 3-4 para solidez de color al lavado, representado un comportamiento definido como aceptable y bueno. Por otra parte, las solideces al frote se valoran mejor, 4-5 como una valorización de muy bueno.

Cumba (2015), su investigación plantea dar soluciones a la carencia de técnicas de extracción y su aplicación en el tinturado, es por ello que se planteó obtener un tinte natural a partir de la escalera de mono aplicado en la fibra de chambira en la Provincia de Orellana, la metodología que se utilizó para la extracción del pigmento de la hoja y el tallo, es mediante la maceración en un proceso de extracción del colorante con agua a temperatura 90 °C, durante 1 hora del cual se obtuvo colorantes de tonos habanos y cremas; el proceso óptimo del teñido es con mordiente a la tintura. Los resultados del teñido natural de la fibra de la palma de chambira con colorante extraído del tallo y de la hoja tienen solideces de color aceptables y muy buenas, específicamente se encuentran dentro del rango de 5 en la escala de grises a la transferencia de color, pero el colorante extraído del fruto de la escalera de mono (*liana bauhinia macrostachya*) disminuye en la solidez al lavado y al frote, pues está en un rango de 3 en la escala de grises, los cuales se encuentran en una calificación de regular, esto se debe a la migración del color a pesar de ser fijada en la fibra, el autor sugiere utilizar un fijador después del proceso de teñido, para mejorar la calidad de los colores y no haya cambios al momento de ser sometido a las pruebas de solideces de color.

Dirlik (2015), en su proyecto de investigación para optar el grado de máster en ingeniería textil titulado “Extracción de colorantes de la piel y hoja de naranja para la tintura de algodones” en la Universidad Politécnica de Valencia. El autor afirma que el uso de colorantes para la tintura de los textiles disminuyó en gran medida después del descubrimiento de los tintes sintéticos, sin embargo, en la actualidad los colorantes industriales causan daños al medio ambiente. Debido a la conciencia económica y ambiental actual, la investigación pretende desarrollar teñidos naturales de materiales textiles de hogar, así mismo la extracción utilizada en el teñido textil y la absorbancia de UV en tintura natural de textiles, así como propiedades de solidez de color de los colorantes naturales. Según los resultados obtenidos por el espectrómetro, la mejor extracción de piel de naranja para tintura de algodón es con la densidad 100 g/l con 2 ml /150 ml de ácido acético y para lana es 100 g/l con 10 g/l de cloruro de sodio. Aunque las extracciones dieron mejores resultados en la prueba de solidez de color comparada a los otros ensayos, no es suficiente por decir que tiene solidez.

Obando (2013), en su investigación titulada “Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales”, donde explica la dificultad que ocasiona los pigmentos sintéticos a la salud humana y al ecosistema, por lo que planteó obtener colorantes de diversas plantas y vegetales aplicados en la lana de ovino; para la obtención de los pigmentos naturales se utilizó las siguientes materiales y cantidades: relaciones tintóreas: 1 kg de material vegetal en 1 litro de agua, 1 kg de fruto del shanshi en 1 litro de agua, 1 kg de vainas de guarango en 1 litro de agua y 1 kg de hojas de nogal en 1 litro de agua, los mordientes para primera combinación se utilizó: alumbre 4 g/l y Crémor de Tártaro 2 g/l y en la segunda combinación se utilizó: alumbre 4 g/l y sulfato de cobre 2 g/l. Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de solidez de lavado fue un valor de 4 en la escala de grises de transferencia de color, por ende, el teñido tiene buena resistencia al lavado; y al realizar las pruebas de solidez de color al frote y a la luz se observó que el teñido tiene un valor de 5 en la escala de grises, con lo cual se tiene buenas solideces de color. En referente a los costos, el proceso de teñido es 1 a 4 veces mayor en comparación con los colorantes sintéticos, esto se da principalmente debido a los diversos procesos porque pasa su preparación; Sin embargo, en comparación del costo beneficio del medio ambiente, este último toma mayor importancia.

Fernández y Saavedra (2019), en su investigación titulada “Obtención y caracterización de colorante natural de la chilca blanca (*Baccharis Salicifolia*) para el uso textil” plantean que la sustitución de los colorantes sintéticos por colorantes naturales presenta la ventaja que no son dañinos para la salud, ya que son colorantes procedentes de plantas y tienen menores problemas de degradación en las aguas residuales generadas. Los colorantes sintéticos brindan buena calidad, pero son considerados compuestos altamente complejos de eliminar por los métodos de depuración convencional, la investigación tiene como objetivo principal de obtención y la caracterización del colorante natural a partir de la chilca blanca (*Baccharis Salicifolia*) con la finalidad de determinar el método adecuado, realizar un análisis fitoquímico y fisicoquímico a las hojas de la chilca blanca, reducir la utilización de sustancias tóxicas en la obtención del colorante natural y determinar la utilización del colorante a sectores industriales de acuerdo a sus características. Los resultados de esta investigación fue alcanzado a través de 4 etapas representadas por: la obtención del colorante natural a través del método de maceración con etanol de 96 ° obteniendo un rendimiento del 82.5% a partir de 50 gramos de hojas molidas, se ejecutaron análisis fisicoquímicos y fitoquímicos de las hojas de la planta dándonos como resultado 16 % de humedad, 4.5% de (gálicos), alcaloides, flavonoides (flavanonas), saponinas y quinonas (antraquinonas) que de acuerdo a las características que presenta indican que el colorante obtenido será utilizado en la industria textil. El colorante obtenido demuestra la posibilidad de aplicarse sobre tejidos de lana de manera satisfactoria según las pruebas de teñido y solidez, usando el alumbre siendo favorable porque no varía el color durante el proceso de tinción.

Soto (2017), en su investigación, retrata el problema del desconocimiento las propiedades y características de teñido de airampo para su uso en la industria textil; es por ello que el propósito del estudio es evaluar el efecto del tiempo de conmovición en la magnitud de la tonalidad y la solidez de color a la luz del teñido de lana de ovino con airampo, el método usado fue el anova para un diseño factorial completo; la cual consiste utilizar agua tratada sin presencia de metales pesados como solvente y como fijador del pigmento en la fibra, utilizo suero de leche y tallos como pigmento natural; en conclusión el teñido de lana más estable corresponde a las muestras de la corteza de airampo a tiempo de conmovición de 40 minutos en el proceso de teñido, y en tiempos de tinción de 60 minutos son poco estables, en tanto el teñido de lana de ovino con el tallo de airampo a 40 y 60 minutos son menos estables. Así también, se observó que el teñido de lana con el tallo de airampo tiene mejor apariencia de color y/o más intenso, por lo que contiene mayor pigmento. La

corteza y floema de airampo es una alternativa de tecnología limpia en el proceso de teñido de lana. En los resultados de la solidez a la luz muestra un puntaje de 4 en los 4 tratamientos; es decir, la solidez a la luz del teñido de lana de ovino tiene resistencia a la luz solar.

Illa y Tairo (2015), en su investigación busca encontrar soluciones para solucionar el problema de la falta de tecnificación de los procesos de tintura con colorantes naturales, cuyo factor se ve reflejado en los resultados de control de calidad del teñido, llamándose solidez a la luz, resistencia al frote y al lavar. Es por ello se plantea los siguientes objetivos de obtener teñidos de fibra de alpaca suri con carmín de cochinilla, determinar los parámetros adecuados de temperatura y tiempo en el proceso de teñido de fibra de alpaca suri y determinar los efectos de la variable temperatura, tiempo y relación de baño de tinte en la solidez a la luz de la fibra teñida; la metodología para obtención del carmín a partir de la cochinilla se realizó mediante extracción acuosa a 88 °C, con rendimiento de 91 por ciento, y en el proceso de teñido natural propiamente se obtuvieron los mejores resultados de solidez a la luz a temperatura de punto de ebullición, tiempo de tintura de 60 y 30 minutos y con relaciones de baños 1/25 y 1/50, de acuerdo al diseño experimental se concluyó que el factor influyente es la temperatura de tintura. Teniendo un resultado positivo, con características de calidad de solidez de color a la luz en 4.5 en la escala de grises de cambio de color y una resistencia a la tracción de 681.60 (g/f). Los resultados obtenidos fueron analizados de acuerdo a las normas internacionales ASTM D2256 y AATCC 16.

Herrera y Pachas (2015), desarrollaron un trabajo de investigación titulado “Evaluación de la tintura en la mezcla de fibras alpaca/seda con colorantes reactivo negro lanasol”, donde retratan la problemática de las empresas industriales del sector textil que buscan solucionar problemas como: variación de tonalidades, igualación, intensidad, calidad del material teñido en especial la solidez de color y como el tiempo de proceso que pueda demorar, afectando así la eficiencia de las empresas, es por ello que plantearon el objetivo de la determinación de los parámetros adecuados para la tintura en el hilado alpaca/seda con colorantes reactivos negro lanasol, mediante un estudio de diseño experimental controlan las variables independientes con dos niveles (menor y mayor): Concentración de sulfato de sodio (30 y 60 g/l), concentración de ácido acético (1 y 2 g/l), concentración de carbonato de sodio (1 y 3 g/l), tiempos de adición de sulfato de sodio (tiempo 0 y tiempo 120) y tiempos de adición de carbonato de sodio (100 y 130 minutos) son factores que influyen especialmente en las variables de control de calidad del producto final de la tintura con el

fin de comprobar su influencia. Las variables de respuesta son el pH (Potencial de hidrógeno), solidez al frote y seco, solidez al frote- húmedo, solidez al lavado y resistencia (g-f). Realizando la experimentación se obtuvieron los siguientes resultados: El aumento de concentración de ácido acético es significativo en el pH que logra un matiz aceptable con altas solideces y calidad de fibra, mejorando la resistencia considerablemente, pero produce un efecto negativo sobre las demás variables respuesta, puesto que la dosificación se considera igual a 1 g/l, al aumentar la concentración de sulfato de sodio; la solidez al frote húmedo aumenta en 0.25 puntos y la resistencia en 17 puntos no presentando un efecto considerable sobre las demás variables; por lo que es factible asegurar que la dosificación adecuada de sulfato de sodio está en su nivel máximo 60 g/l por el efecto producido en estas variables, la concentración de carbonato de sodio; cercana a 2.5 g/l permite alcanzar el pH que obtiene mejores matices y solideces al frote seco y lavado; sin embargo, ejerce un efecto negativo sobre la calidad de la fibra reduciendo la resistencia en 29.2 punto, manteniéndose aún en valores aceptables, un mayor tiempo de adición de sulfato de sodio mejora los resultados de solidez al frote húmedo y seco, pero disminuye la solidez al lavado en 0.28 puntos (3.57); por lo que se considera el tiempo de adición de sulfato de sodio en su nivel más alto (120 minutos), el efecto del tiempo de adición de carbonato de sodio es poco significativo; pero su interacción con algunas variables presenta ligera significancia, en las cuales un menor tiempo de adición reduce la resistencia, produciendo un efecto menor o suave cuando el tiempo de adición es menor; en el cual se obtiene un mejor matiz; por lo que se considera un tiempo de adición a los 130 minutos. Al evaluar los resultados en la variable respuesta lograron obtener valores dentro de los estándares de calidad y los modelos matemáticos predictivos desarrollados representan adecuadamente el proceso dentro del rango estudiado; determinando que a un pH cercano a 9 se obtiene mejores valores de igualaciones y solidez al lavado. Y lograron esquematizar la curva para el proceso específico de tintura de hilado alpaca/seda con colorantes reactivos negro lanasol, al realizar el escalamiento en planta los resultados fueron: efecto monocolor (matiz <1), solidez al lavado de 4.0, solidez al frote seco y húmedo 3.5 y 3.0 respectivamente, estos resultados se encuentran dentro de los estándares textiles.

Cavenago y Córdova (2014), en su investigación tiene como objetivo abordar la falta de entendimiento sobre los procesos de extracción y el uso de los colorantes naturales a grandes escalas para el teñido de fibra de alpaca Suri; por ello se plantearon el propósito de identificar el efecto del potencial de hidrógeno de la solución tintórea y de la concentración de fijador y/o

mordiente sulfato de aluminio y potasio; y definiendo como parámetros las características propias del sustrato y con base en bibliografía los parámetros de proceso de teñido de la fibra de Alpaca suri con distintos pigmentos de estructura *Curcuminoide*, *Xantófila* y *Antroquinónica*, con la finalidad de obtener tinturas con muy buena calidad en las solideces de color según lo requerido por las Normas: Técnica Peruana, AATCC e ISO. La metodología que emplearon fue la experimentación; manipulando las variables, el pH y la concentración de mordiente alumbre en el proceso de teñido. Concluyeron que el pH causa cambios de matiz para los tres tipos de colorantes, resultando que, a menor pH, la igualación de teñido se ve afectada, sin embargo, la calidad del hilado se conserva. A pH básicos la fibra proteica de alpaca suri se ve dañada, con buen cubrimiento punta raíz. Respecto a la cantidad de mordiente alumbre, la bibliografía indica que una cantidad excesiva de mordiente podría dañar la calidad del hilado, por lo que las pruebas preliminares partieron desde 2.5% de alumbre, terminando en 25%, siendo la última que dio mejores resultados respecto a solideces, matriz brillante y la resistencia del hilado se ve conservada. Los resultados de solidez de color en el estudio con colorantes naturales son muy buenas, lo que hace que estén en el rango de estándares exigidos dentro del mercado internacional excepto la solidez a la luz; el promedio de solidez del frote seco y húmedo para colorantes naturales es de 3/4, el promedio de solidez al lavado para colorantes naturales es de 4/5 y el promedio de solidez a la luz para colorante globe yellow 7 por ciento es 2 y globebix exl 3 por ciento es 2/3 por ciento y para el Carmín Líquido K3 es 5 en la escala de grises.

Ramos (2020), en su investigación titulada “Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*)”, para resolver el problema del escaso valor agregado que se le pueda dar a la fibra de alpaca en la región de Puno; que tuvo como objetivo el desarrollo del proceso de extracción del colorante, con el fin de evaluar los factores de tiempo, temperatura y concentración de hidróxido de sodio. Para la extracción se evaluó a temperaturas de 70; 78.5 y 85 °C con un tiempo de reflujo por 20,30 y 40 minutos con el solvente hidróxido de sodio de 3; 4.5 y 6 por ciento de concentración. La segunda etapa comprende el proceso de tinción con el extracto de la remolacha forrajera en fibras de ovino, para lo cual se utilizó los mordientes sulfato de hierro, sulfato de cobre, limón, eucalipto y glutamato de cobre, para comprobar el poder de la adherencia del colorante natural de la remolacha forrajera en fibra de ovino; posteriormente se realizó pruebas de lavado final y resistencia de radiación solar por ocho días. Como resultados óptimos de primera etapa obtuvo el colorante natural de la remolacha

forrajera (Antocianina) en una concentración de 3 % de hidróxido de sodio a temperaturas de 70 °C y reflujo de 20 minutos, resultado que se comprobó en el espectrofotómetro UV/ VIS con una absorbancia máxima de 0.975; y por análisis de espectrometría infrarrojo se obtuvo una longitud de onda de 3309,16 (cm^{-1}) que corresponde al grupo auxóromo y una longitud de onda de 1637,6(cm^{-1}) que corresponde al grupo cromóforo, causante de color. Y como resultado de la segunda etapa, el colorante obtenido es la antocianina con una concentración de 0.012 mg/l y el mordiente óptimo en la fijación de teñido fue el limón, eucalipto y NaCl. Llegando a la conclusión que a altas temperaturas y a menor tiempo es mejor la extracción de colorante natural para una mejor fijación de color de la antocianina en fibra de ovino.

Nina (2018), en su investigación busca nuevas soluciones para solucionar el problema que genera los colorantes artificiales a la salud humana y el medio ambiente, es por eso que se planteó el objetivo extraer y caracterizar el colorante natural de la inflorescencia de colli (*Buddleja Coriacea*) para su evaluación en las tinturas de fibra de alpaca; los factores primordiales son (temperatura, tiempo y potencial de hidrógeno) de la extracción del pigmento acuoso y la caracterización de las flores del árbol colli, mediante la metodología de análisis por IR, fueron reconocidos grupos funcionales en la (BE) y en él (BSE) con cambios de intensidad de transmitancia (%T) en espectros de vibración de átomos de hidrógeno, carbono y en enlaces de grupos, en donde los pigmentos naturales fueron extraídos en base de una extracción sólido - líquido, en la cual se definió los patrones de concentración del solvente realizado a diferentes cantidades de etanol 75% y 45% mediante un análisis experimental en laboratorio con el equipo de extracción soxlet a un tiempo de 120 min y una temperatura de 240 °C, donde se identificó la presencia de pigmento natural de tonalidades desde el café, amarillo y naranja. Por otro lado, en el proceso de tintorería se efectuó mediante la humectación de la fibra y el colorante natural en un tiempo de 60 minutos y a temperaturas de 60 °C, y como resultado de esta primera experimentación se obtuvo malas solidez de color; por otro lado, al realizar la tintura por un tiempo de 60 minutos a 80 °C, se obtuvo mejores solidez de color aceptables.

Laura (2018), en su investigación sobre la extracción y caracterización de flavonoides a partir de las flores de misiq'ó (*Bidens andicola*), para mitigar el problema de la contaminación en el mundo, por lo cual se planteó el objetivo de extraer y caracterizar flavonoides a partir de flores de misiq'ó (*Bidens andicolo*) para su aplicación de teñido en fibras de ovino; las pruebas fueron

desarrollados en los laboratorios de Calidad de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. La metodología consistió en la extracción de flavonoide en solución alcohólica a partir de las flores de misiq'ó, para ser aplicada en la industria del teñido, la extracción de colorante se realizó por el método de equipo soxhlet, utilizando como solvente alcohol de 94% por 180 minutos, así obteniéndose una solución coloreada viscosa que se llevó a la estufa para el secado y purificación con solvente orgánico siendo los volúmenes de la mezcla de 10 ml acetona, 10 ml éter petróleo y 10 ml agua destilada luego se agitó, y por diferencia de densidades se separan los solventes, en la superficie se encuentra el solvente de menor densidad con grasa y en el sedimento el agua con el colorante en el que ambos se llevaron ha secado a la estufa, se llegó a los siguientes resultados en la caracterización fisicoquímicas 10.8% de humedad, 2% de grasa, 0,04 % de cenizas y 11 g de colorante. Para la determinación de la presencia de flavonoides se realizó las tres pruebas fitoquímicas, que comprueban la presencia de flavonoides. A la muestra obtenida se realizó el análisis espectrofotométrico para determinar flavonoides totales de 1.73%, además se llevó a un análisis de espectro infrarrojo de las flores, para determinar las bandas características de los grupos funcionales presentes en los colorantes y los máximos de absorción del principio activo causante del color. Para la fijación del flavonoide en el teñido de fibra de ovino se realizó con los parámetros de pH y temperaturas diferentes, el mordiente que se aplicó es el cloruro de sodio más ácido cítrico que ayudó en la tonalidad del color más bajo a lo más intenso, la adherencia y fijación del color depende de los grupos cromóforo y auxócromo que tiene en su estructura el flavonoide y el mordiente a utilizar, el mordiente que utilizaron fue efectiva para el color amarillo en un pH de 1, prueba de solidez a la luz no hubo decoloración; sin embargo, en pH= 9 de color anaranjado si hubo decoloración mínima en la solidez de color a la luz; con todos los datos obtenidos se ajustaron los resultados de color según la longitud de onda en el diseño experimental. De esa manera, el autor llegó a la conclusión que los valores obtenidos fueron los apropiados y la técnica usada es efectiva para la extracción de colorantes naturales.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Fibras textiles

Una fibra es un sólido con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud - sección. Cada fibra está compuesta por millones de cadenas largas de moléculas individuales, de discreta estructura química. La estructura molecular (disposición y orientación de estas moléculas), así como la morfología de la fibra (forma y grosor de la sección transversal) afectarán sus propiedades, pero la primera determinará su naturaleza básica, física y química (González y Hillpa, 2015, pág. 12).

Para que una fibra sea considerada como material textil debe de cumplir los siguientes requisitos, sea cualquiera su origen: elasticidad, resistencia y flexibilidad. Toda fibra, sin estas tres condiciones, no servirá para hacer hilados con las características técnicas que requieren los tejidos de buena calidad. La fibra es la unidad fundamental de los textiles; a partir de ella se elaboran los hilos torcidos, retorcidos, fantasía y demás (Lockuán, 2012).

Se considera fibra textil aquel material constituido por un conjunto de filamentos o hebras capaces de ser utilizados para formar hilos, cuya particularidad es poder absorber mediante un proceso químico cierto porcentaje de pigmento y a partir de estos la elaboración de tejidos y finalmente prendas (Ticona y Urquizo, 2017).

2.2.2. Clasificación de las fibras textiles

Estas se clasifican en dos grandes grupos, las fibras naturales y manufacturadas. Actualmente, existen muchos tipos de fibras naturales, de igual manera existen fibras manufacturadas cuya producción es demasiado costosa (Gonzales y Hillpa, 2015, pág. 14).

2.2.3. Fibras manufacturadas

Según Rojas y Yangali (2019), las fibras se dividen en dos grandes grupos en artificiales y sintéticas; las artificiales tienen componentes naturales, pero el filamento final es artificial y las sintéticas son completamente por sintetización química a base de productos desarrollados por el hombre, una de las más conocidas son el nylon y el poliéster.

A. Fibras manufacturadas químicas

Fueron creadas inicialmente como un solo objeto: servir de ayuda a las fibras naturales, ya que, en periodos de escasez son obtenidas de polímeros naturales o de polímeros sintéticos. Actualmente, su empleo se debe a la posibilidad de adaptar sus características a cada uso específico, generando nuevas fibras para responder las exigencias del mercado, mientras que las fibras naturales deben de ser utilizadas con sus características inherentes e inmutables. Por ejemplo, el rayón ha sustituido algodón en los tejidos para neumáticos, la poliamida ha sustituido casi por completo a la seda en las medias de dama y en la lencería fina (Herrera y Pacha, 2015).

B. Fibras manufacturadas artificiales

También denominadas fibras regeneradas, proceden de los polímeros naturales modificados y pueden ser de base (Raimondo, 2010).

- Celulósica, obtenidos de cierta manera de los árboles (abeto, eucalipto, linter de algodón, y desperdicios de papel). Entre estas tenemos: a los rayones (viscosa, cupro, acetato y triacetato).
- Proteínica, son fabricadas a partir de proteínas como de origen animal y vegetal.

Un grupo de fibras artificiales, más raros y menos abundantes, son las manufacturadas inorgánicas, donde por medios físicos se le confiere a una materia en forma de fibra, como por ejemplo el vidrio, el carbono y algunos otros metales (Gonzales y Hillpa, 2015).

2.2.4. Fibras naturales

Están constituidas por todas aquellas fibras que como tales se encuentran en la naturaleza y que no exige más que una ligera adecuación para ser hiladas y utilizadas como material textil; dentro de este grupo se encuentra la fibra de alpaca, algodón, cachemir, mohair, seda, lana de ovino y la fibra de llama (Carpió, 2017).

2.2.5. Fibra de alpaca

Según Ponce de León y Valdivia (2014), la alpaca Huacaya (*Vicugna Pacos*) es la raza con mayor cantidad de población en el país, representa el 85 % del total de la especie,

siendo sus características zootécnicas las siguientes: Es un animal de buen desarrollo corporal, con fibra que crece perpendicularmente al cuerpo, el vellón debe cubrir todo el cuerpo del animal, incluyendo las extremidades.

La fibra de alpaca es una fibra especial que posee características que la hacen única como su color, finura, resistente, flexibilidad, longitud, suavidad al tacto y conductividad térmica; estas fibras son de alta calidad donde tiene importancia para el sector textil (Mamani, 2020).

Mendoza (2018), menciona que las prendas que se confeccionan con esta fibra son bastante agradables al tacto y de observación, lo cual es remarcado especialmente en abrigos; asimismo, las prendas exhiben una buena apariencia, caída y luminosidad, las cuales le dan la apariencia de ser nuevos y a pesar de que pueda tener bastante tiempo de uso.



Figura 1. Alpaca de raza Suri y Huacaya.

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

2.2.6. Morfología de la fibra de alpaca

La fibra de alpaca está formada por dos tipos de células: las células cuticulares que forman la capa externa (cutícula) y las células corticales que forman la zona interna (córtez) y están unidas entre sí por el complejo membranosos celular (Mendoza, 2018).

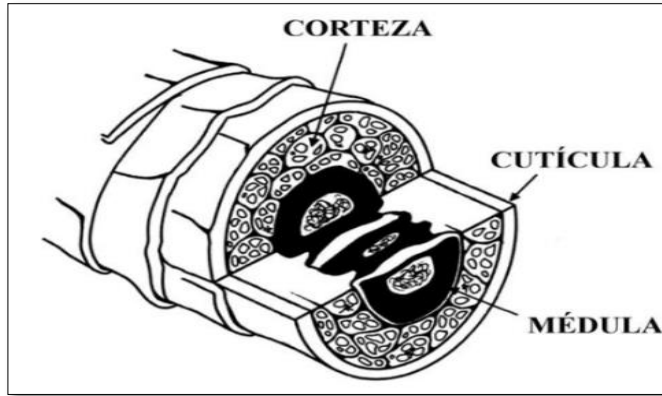


Figura 2. Estructura de la fibra de alpaca.

Fuente: Barreda (2020).

2.2.7. Características más importantes de la fibra de alpaca

Según Mendoza (2018), las características principales de la fibra de alpaca son diversas, las cuales las mencionamos a continuación:

A. Finura

La medida de grosor de la fibra, también se denomina diámetro de fibra y se expresa en micras (1 micra = 0.001 milímetros), es la característica que evalúa el diámetro de fibra, a mayor diámetro más grueso, a menor diámetro más suave y fino; la Norma Técnica Peruana 231.308:2005. Fibra de alpaca peinada, nos indica que la fibra de alpaca es más fina cuando menor sea su diámetro. La variación del diámetro en la fibra de alpaca está influenciada por factores como la edad, sexo, nutrición, enfermedades y otros. La finura de la fibra de alpaca engrosa en su diámetro a medida que aumenta su edad; el vellón de la variedad Suri se caracteriza por su mayor finura con relación al vellón de la variedad Huacaya (Mamani, 2020).

B. Longitud de mecha

Según la Norma Técnica Peruana 231.300:2014. Fibra de alpaca en vellón, nos indica que esta longitud se obtiene de medir la mecha natural, sin estirar ni alterar el rizado de las fibras. La longitud de mecha debe de ser superior a los 70 mm, la cual es comercialmente aceptable para realizar el proceso de esquila. Como se sabe, el

diámetro constituye uno de los elementos básicos que determina el tipo de proceso industrial. Existe una relación directa entre el diámetro y la longitud en el sentido que a mayor longitud las fibras tendrán un mayor diámetro. Por otro lado, la longitud de fibra varía en relación con el tipo o variedad (Barreda, 2020).

C. Suavidad

Estas características físicas, posiblemente constituye una de las más importantes en la fibra de alpaca, en las dos variedades, su buen tacto le proporciona al tejido un carácter muy apreciado, convirtiéndose en el atractivo del mercado internacional (Mendoza, 2018).

D. Resistencia

La resistencia física de todo producto textil depende fundamentalmente de las propiedades de las fibras constituyentes. Es primordial que la fibra tenga suficiente resistencia para ser trabajada y procesada por la maquinaria de hilatura y tejeduría. Los aparatos que permiten indicar la resistencia y elasticidad son los dinamómetros, su principio de funcionamiento es operar la tracción sobre una fibra que tiene cada uno de sus extremos cogidos por una pinza (Cavenago y Córdova, 2014).

E. Elongación

Es la tendencia de la fibra a recobrar su estado primitivo, después de haber sido sometida a tensión y alargada. El pelo de alpaca es una fibra muy elástica, su facilidad de alargamiento crece con la humedad y al aumentar la temperatura, aunque la resistencia disminuye (Illa y Tairo, 2015).

2.2.8. Procesamientos primarios de la fibra de alpaca

Según Gonzales y Hillpa (2015), los principales y fundamentales procesos primarios para obtener un vellón de fibra de alpaca son los siguientes:

A. Esquila

El proceso de esquila consiste básicamente en cortar la fibra del animal a máquina electromecánica o con tijeras especiales. Según la NTP 231.370:2019. Buenas prácticas de esquila y manejo de vellón, indica que los procedimientos para una correcta esquila

son la selección de los animales, flujo de ingreso de alpaca a la esquila dependiendo del orden/estado fisiológico, conducción, sujeción, inmovilización del animal; limpieza y toma de muestra, la cual debe de tener mayor a 9 cm; posterior a ello se realiza la esquila propiamente dicha, manejo de vellón, ensacado, rotulado y registro de la esquila (Barreda, 2020).

B. Categorización de la fibra de alpaca

Según la NTP 231.302:2019., define la categorización como el proceso de calificación del vellón en su integridad, sin fragmentar o separar sus partes, el cual se pondera de acuerdo a su contenido de calidades superiores, calidades inferiores, longitud de mecha y color. En la tabla 2 se muestran las categorías según los criterios de calidades.

Tabla 2

Categorización del vellón de fibra de alpaca

Categoría	Contenido de calidades		Longitud (mm)	Color
	Superiores %	Inferiores %		
Extrafina	70 o más	30 o menos	65	Entero *
Fina	55 a 69	45 a 31	70	Entero *
Semifina	40 a 54	60 a 46	70	Entero *
Gruesa	menos de 40	más de 60	70	Entero *

Nota. *blanco - beige- Café – Negro. Tomado de la NTP 231.302: 2019.

C. Clasificación

La clasificación es un proceso manual donde el vellón de la fibra de alpaca grasienta es separado en diferentes grupos de calidades; la NTP 231.301:2014 indica que la clasificación se realiza por grupos de calidades y por color. En la Tabla 3 y 4 se muestra la clasificación según los rangos de finura y codificaciones de color.

Tabla 3*Clasificación de la fibra de alpaca según el grupo de calidades*

Grupo de calidades	Rango	Longitud	Grasa % Max.
Alpaca Super Baby	Menor a 20	65	4
Alpaca Baby	20.1 a 23	65	4
Alpaca Flecce	23.1 a 26.5	70	4
Alpaca Medium Fl	26.6 a 29	70	4
Alpaca Huarizo	29.1 a 31.5	70	4
Alpaca Gruesa	Más de 31.5	70	4
Alpaca Corta	-----	20 a 50	4

Nota. Esta tabla muestra la clasificación de la fibra de alpaca según su finura, Longitud de mecha. Tomado de la NTP 231.301:2014.

Tabla 4*Codificaciones de colores naturales de fibra de alpaca*

Colores enteros *	Colores canosos
B: Blanco	BMC: Blanco manchado Claro
LFX: Beige	BMO: Blanco manchado Oscuro
LFY: Vicuña claro	NM: Negro manchado
LFZ: Vicuña oscuro	GC: Gris claro
CC: Café Claro	GP: Gris plata
COM: Café Oscuro Marrón
CON: Café Oscuro Negro	Colores indefinidos **
N: Negro	Indefinidos claros
	Indefinidos oscuros

Nota. Tomado de la NTP 231.301:2014. Fibra de alpaca clasificada.

2.2.9. Industrialización de la fibra de alpaca

Según Herrera y Pacha (2015), los procesos aplicados a las fibras varían según la fibra empleada. El algodón, la lana, el lino, pelo de alpaca y otras fibras naturales se hilan cada una de formas diferentes. Proceso en el que se transforma las fibras individuales en un hilo continuo cohesionado y manejable. La industrialización de la fibra de alpaca empieza en el clasificado según calidades, posterior a ello pasa a las máquinas de batido y apertura, con el fin de reducir la contaminación de la fibra, luego el material es enviado al

proceso de lavado, las cuales están controladas a ciertos parámetros con el fin de retirar la suciedad de la fibra, después pasa al sector de secado, en la cual se realiza el desmanchado y se agrega los insumos necesarios para poder ingresar la fibra al área de cardado, peinado, hilado y teñido.



Figura 3. Proceso de transformación de fibra a hilados teñidos.

Fuente: Proceso productivo de la fibra de alpaca, Empresa Industrial Inca Tops.

2.2.10. Procesos tecnológicos del hilado de alpaca

La hilatura tiene por objeto la formación de un hilo de sección lo más circular posible, formado por una masa compacta de fibras de longitud limitada, colocadas más o menos paralelamente entre sí y ligadas por medio de la torsión (Lockuán, 2012). Se realiza varias operaciones que obedecen los siguientes principios:

- **Limpieza.** Eliminación de las sustancias ajenas a la fibra como son la paja, tierra, suarda, materiales vegetales y etc.
- **Disgregación e individualización.** Separación de los mechones.

- **Paralelización.** Consiste en preparar las fibras individuales para facilitar la operación siguiente.
- **Estirado.** Deslizamiento entre sí de las fibras hasta conseguir el adelgazamiento que se requiere.
- **Cohesión. Ligar entre sí las fibras,** sobre un eje teórico central.

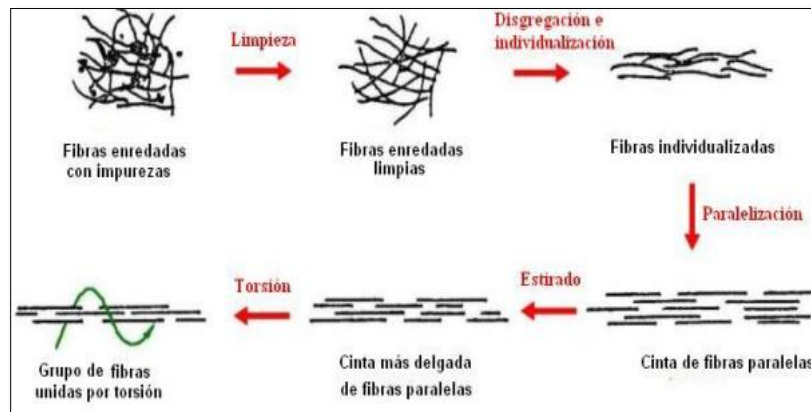


Figura 4. Operaciones para obtener cintas de fibra paralelas.

Fuente: *La industria textil y sus controles de calidad*, Lockuán lavado, Fidel, 2012.

A. Apertura y limpieza

En este proceso es importante abrir los vellones para facilitar el lavado y eliminar impurezas más pesadas que acompañen a la fibra, para reducir el volumen de la alpaca sucia a fin de disminuir el costo de su transporte. También durante este proceso se mezclan diferentes lotes de materia prima (Palomino, 2007).

La máquina utilizada para este proceso es la abridora, donde la acción no es muy energética, solo lo suficiente para devolver el volumen original para que la alimentación en el proceso de lavado sea constante, evitando rotura de fibras, y lo suficiente para desprender material residual como polvo, residuos vegetales y orgánicos (Adot, 2010).



Figura 5. Máquina de apertura de fibra de alpaca.

Fuente: Milanuncios.

En la Figura 5, se puede observar un ejemplo de equipo de apertura para lana y/o fibra de alpaca; en este proceso el vellón es despedazado con el fin de facilitar su carga en la lavadora, la materia prima es abierta para una un eficiente lavado y eliminar al mismo tiempo la mayor posible de contaminación animal y vegetal. Durante el proceso de apertura, la remoción del polvo mejora la eficacia del proceso de lavado, pero también contribuye al afieltramiento. Si la fibra permanece más o menos intacta, se observará poco afieltramiento durante el lavado, por lo que se recomienda una apertura no tan drástica (Illa y Tairo, 2015).

B. Lavado y secado

Sánchez y Cáceres (2006), el proceso se realiza en una máquina de lavado denominada leviatán, que operan en forma lineal y consta de cinco tinas o barcas, además de un cargador automático que regula la velocidad de alimentación de material; el mismo autor indica que por lo general se tiene cinco tinas para realizar el proceso de lavado.

El lavado de la fibra es el proceso de lavar con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar las impurezas naturales que tiene la fibra (grasa y suitina), así como, las adiciones (polvo, suciedad, etc.) y luego secarlo. Después de lavar la fibra, el nivel de contaminantes y afieltrado en la fibra causará rotura y afectará la eficiencia de las operaciones posteriores de transformación, especialmente durante el cardado. Por lo tanto, los objetivos del lavado son un mayor grado de eliminación de contaminantes y un mínimo daño a la fibra (Wang et al., 2003, p.13).

- **Primera tina:** En esta tina al ingresar la materia prima se elimina al máximo tierras y sales orgánicas solubles contenidas por la fibra sucia. Esta tina contiene un elevado volumen de baño de agua fría, para retener un máximo de residuos sólidos.
- **Segunda tina:** En esta tina se realiza el alcalinizado y saponificación de los ácidos grasos de lana, esta tina también contiene un elevado volumen de baño, algo menor que la anterior, para lograr una mejor concentración alcalina.
- **Tercera tina:** En esta tina se realiza un desgrase a fondo, reduce el volumen de baño, debido a que la materia, llega a esta tina en lo que a tierras se refiere y para lograr un desgrase a fondo se debe mantener el baño a una concentración determinada de elemento desgrasador (detergente).
- **Cuarta tina:** Las circunstancias son similares, ya que, en la tercera tina, se produce el desgrase utilizando los mismos elementos, a 40 °C, para evitar cambios bruscos de temperatura, preparándose para el enjuague.
- **Quinta tina:** En esta barca se realiza el enjuague y aclarado, se realiza con abundante volumen de agua. A la tina entra constantemente agua limpia a temperaturas menores o iguales a los 30 °C, produciendo el enjuague de la fibra.

Tabla 5.

Parámetros de lavado de fibra de alpaca

Condiciones	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5
Temperatura (°C)	45	50	45	35	25
pH	9.5	9	8.5	8.5	7.5
Carbonato (%)	0.5	0.5	0.5	-	-
Detergente (%)	0.4	0.2	0.2		

Nota. En la tabla se muestra los parámetros controlables que se debe de tener en cuenta en el proceso de lavado de fibra de alpaca y llama. Tomado de Antúnez et al. (1996).

Posteriormente, la fibra ingresa a una secadora con aproximadamente un 60% de humedad; el horno de secado está compuesto por tres compartimientos por donde circula aire caliente en sentido vertical, pasando a través de la fibra.

- El primero de ellos contiene aire bastante caliente con una temperatura de 105 °C y saturado de humedad.
- El segundo, aire menos saturado y a menor temperatura.
- El tercero permite dar un secó con aire fresco a una temperatura aproximada de 80 °C a 85 °C.
- La malla que transporta el material a través del horno la conduce a su salida dentro de un succionador neumático que envía la fibra seca por conductos hacia los casilleros, donde teóricamente se deja reposando 48 horas para que la humedad se uniformiza, la electricidad estática se acentúe y para que el material recobre su esplendor natural.
- La operación del secado consiste en la evaporación del agua mediante aire caliente, la fibra entra al secador con un alto porcentaje de agua 45% y a la salida se obtiene de 13% de humedad. Un exceso de humedad puede causar oxidación en la máquina y también durante el cardado puede ocasionar un exceso de neps.
- Cuando se almacena la fibra lavada, un exceso de humedad también puede causar un ataque de bacterias.

C. Cardado

Es una operación clave en el proceso de hilatura y determina directamente las características finales del hilo, debido a su importancia se le considera el corazón de la hilatura (Gonzales y Hillpa, 2015); la finalidad del cardado se resume como:

- Paralelizado y estiramiento de las fibras.
- Eliminación de impurezas contenidas en el material que no fueron eliminadas en los procesos de limpieza previos.
- Desenredar las aglomeraciones.

- Separar las fibras para que puedan desplazarse individualmente y no en conjunto.

Como resultado de este proceso, se obtiene un producto denominado cinta (round sliver) y un producto conocido como bajo carda. La merma a promedio de la fibra durante el cardado varía entre 4% y 7% (Adot, 2010).

D. Peinado

Debido a la exigencia del proceso de peinado, la longitud de mecha es uno de los puntos críticos a ser considerados. Este sistema no puede procesar fibras de longitudes muy cortas o muy largas. El promedio de longitud de mecha debe fluctuar entre los 60 a 75 mm (Herrera y Pacha, 2015).

Para producir hilos regulares y finos, es necesario disponer de fibras limpias y de longitud sensiblemente igual. Es preciso eliminar impurezas que puedan llevar y separar las fibras más cortas. Precisamente, la finalidad del peinado es:

- **Depuración:** termina la limpieza mecánica de las fibras.
- **Selección de fibras:** separación de fibras cortas.
- **Paralelismo de fibras:** aumentar orientación a las fibras.
- **Cintas:** obtener cintas regulares.

El producto obtenido de este proceso es la cinta de peinado (TOPS), formada por fibras de una regularidad de longitud, previamente fijada, exenta de cuerpos extraños (residuos de cáscara, hojas, neps).

E. Hilatura

La hilatura consiste en elaborar o fabricar el hilo a partir de una mecha o cinta, puede realizarse en una variedad de máquinas que estira y confiere cohesión a la masa de fibras, obteniéndose el hilo que se pliega sobre un formato determinado (Illa y Tairo, 2015).

Las continuas de anillos se emplean en las hilaturas de fibras cortas, de fibras largas, y diversidad de materias primas. Provee un hilo de buena calidad, apariencia uniforme, resistencia, fuerza y grosor. El rango de densidad lineal es muy amplio, desde hilos muy gruesos a muy finos (Herrera y Pacha, 2015).

Las torsiones y estirajes se dan a los hilados de acuerdo a su destino final, es decir, si el hilado es para tejido punto, necesita de una menor torsión que un hilo para tejido plano.

La continua posee una rastrilladora donde van colgadas las bobinas de donde alimentan y atraviesan unos cilindros de estiraje, aquí sufre la torsión, la cual está dada por un cursor cuyo movimiento es guiado a través de un anillo; el número de vueltas por metro (VPM) está dada por la relación r.p.m. del huso en m/ min. o velocidad de rodillo de estiraje y directamente proporcional a la raíz cuadrada del número métrico del hilo obtenido (Lockuán, 2012).



Figura 6. Sistema de funcionamiento de una continua de anillos.

Fuente: La industria textil y sus controles de calidad, Lockuán lavado, Fidel, 2012.

F. Acabados

Son operaciones que se efectúan en el hilo obtenido de la máquina de hilatura.

- **Bobinado:** Para llevar el hilo a un formato (tronco cónico, cilíndrico, tipo de carrete, en madejas, en bobinas para teñido), y se aprovechan esta operación

para efectuar la eliminación de los defectos (purgado) y si se requiere lubricar el hilado (Carpió, 2017).

- **Retorcido:** Si el uso final del hilo lo requiere, entonces se llevan dos o más cabos a una máquina que los reúne y los fija mediante torsión. Técnicamente, podemos decir que la torsión es la relación de velocidad de salida de hilos versus las revoluciones del huso (Lockuán, 2012).
- **Vaporizado:** Es un proceso que, mediante la acción de vapor de agua, fija la torsión del hilo para reducir su vivacidad. Usualmente, se emplea en hilados con elevado coeficiente de torsión. El hilo vaporizado es entonces más estable y no tiende a destorcerse, lo que ayuda a disminuir el revirado futuro de los tejidos (Palomino, 2007, pág. 27).

2.2.11. Sustrato textil a base de fibra de alpaca

Es el material donde se va a teñir, su presentación puede ser como floca, cintas cardadas (round sliver), cintas peinadas (tops), hilos, tejidos o inclusive en prendas. Podemos mencionar algunos factores propios que pueden influir en el éxito del teñido, por ejemplo: el tipo de fibra, estructura química, grado de blancura, intensidad de pilosidad, presencias de impurezas, tipo de tejido, factor de cobertura, densidad de hilos o mallas (Herrera y Pacha, 2015).

A continuación, mencionamos los sustratos más utilizados para teñir con colorantes orgánicos y artificiales:

- **Floca:** Masas de fibras discontinuas presentadas sin orden aparente, antes de entrar en manufactura.
- **Cintas cardadas continúa (round sliver):** Es la fibra de alpaca cardada en forma de cintas continuas, sin torsión o falsa torsión. Se presenta en bobina o bumps.
- **Cintas peinadas (tops):** Es la fibra peinada en forma de cinta regular continua; sin torsión constituida por fibras paralelas entre sí y de las cuales fueron eliminadas las fibras cortas, motas, materiales vegetales y otras impurezas. Se presentan en bobinas o en bumps.

- **Hilos:** Es la fibra de alpaca torcida, constituidas por fibras paralelizadas, si el uso final lo requiere, entonces se llevan dos o más cabos y obtendremos hilos retorcidos.



Figura 7. Hilados de alpaca.

Fuente: Empresa Industrial Incalpaca TPX.

- **Tejido de punto:** Nos referimos a la formación de mallas estructuradas para formar un tejido, los más conocidos son el punto jersey, rib, milano, punto arroz inglés, Punto medio inglés rib o canelón Jacquard doble fontura, Jacquard, link links, intarsía y aranes estructurados.
- **Tejido Plano:** Es el modo de entrelazamiento de la urdimbre y de la trama en un tejido. Existen tres ligamentos básicos a saber: Tafetán, sarga y raso.



Figura 8. Maquinaria para desarrollar tejidos de género plano.

Fuente: Empresa Industrial Incalpaca TPX.

- **No tejidos:** Es la tela realizada de fibras conglomeradas, sin tejer, que se obtiene por prensado, se emplea principalmente en la fabricación de sombreros y otras prendas y accesorios de vestir.

2.2.12. Colorantes textiles

Según Raimondo (1990), un colorante es un compuesto que al aplicarse a un sustrato (fibra textil, papel, cuero, material plástico o alimento), le confiere un color más o menos permanente. Un colorante se aplica en solución o dispersión y el sustrato debe tener cierta afinidad para absorberlo. Los colorantes en general son solubles en el medio en que se aplican o en el producto final.

El color depende de los grupos cromóforos, que son la parte visible de la molécula coloreada, responsable de la absorción de luz en un determinado rango de longitud de onda. La afinidad de las fibras es dada por el grupo auxocromo, conformado por un grupo de átomos ligados al cromóforo que modifica la afinidad de este para obtener la luz (Soto, 2017).

Según Hañari (2018), los colorantes son sustancias o compuestos de origen químicos o biológico que son solubles en ciertos medios, utilizados con la finalidad de impartir un color a los sustratos de materiales como fibra de alpaca, lana, poliéster, acrílico, seda, algodón, etc. En el caso particular para el teñido de fibra de alpaca, los colorantes utilizados para impartir color en sustratos de este material son los colorantes ácidos, colorantes de complejo metálico, colorantes reactivos y colorantes naturales. A continuación, se darán a conocer las características de cada una de ellas.

2.2.13. Tipo de colorantes para el teñido de fibra de alpaca

A. Colorantes ácidos

Palomino (2007), menciona que estos tipos de colorantes reciben esta denominación debido a que tiñen las fibras proteicas en una solución más o menos ácida, si bien desde el punto químico se podría denominar colorantes aniónicos, ya que tienen el cromóforo asociado a un grupo de esta característica. Según la constitución de este cromóforo, se

puede clasificar en tres grandes grupos: Azoicos 65%, Antroquinonicos 15% y Trifenilmetalicos 12%.

Presentan las siguientes características:

- Proceso de teñido con baños debidamente ácidos pH 4- 4.5.
- Alta calidad en igualación en el teñido (Compatibilidad en combinación).
- Apropriados para teñir hilados y piezas, en condiciones permitidas dan buenos acabados.

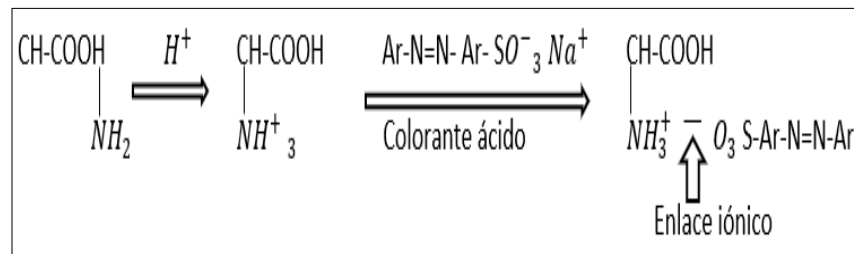


Figura 9. Interacción de la fibra de alpaca con colorantes ácidos.

Nota. Existe una afinidad de la estructura del colorante con la fibra. Adaptado de Herrera y Pacha (2015).

B. Colorantes de complejo metálico

Colorantes pre-metalizados fueron desarrollados para poder teñir directamente la lana sin recurrir al mordentado en una etapa de tratamiento posterior. La molécula del colorante es una estructura típica monoazo, conteniendo grupos adicionales hidroxilos, carboxilos y aminos, capaces de formar complejos con metal de transición como el cromo, cobalto, níquel y cobre (Herrera y Pacha, 2015, pág. 35).

- **Premetalizados 1:1:** Una molécula de colorante forma complejo con un ión de metal.
- **Premetalizados 1:2:** Dos moléculas de colorante forma complejo con un ión de metálico, se caracteriza por ser tener mayor solidez de color.

Sus características son las siguientes:

- Sistema de tinturación a pH 4-5.
- Elevado grado de agotamiento de las tinturas.
- Alta solidez de color al lavado, frote y a la luz.

C. Colorantes reactivos

Rojas y Yangali (2019), nos indica que son la primera clase de colorante que reacciona con la fibra formando un enlace covalente. Estos colorantes son preferentemente utilizados en la tintura de fibras de carácter celulósico, pero también son utilizados en la tintura de fibras proteicas y poliamídicas.

Los colorantes reactivos son colorantes azoicos o antraquinónicos que contiene grupos sulfónicos y 1 o 2 grupos reactivos del tipo bromo- Acrilamida. Estos colorantes se emplean en baño ácido al cual se le añade un igualante. La cantidad de colorante es muy elevada y la unión es irreversible explicando así su buena reproducibilidad y solidesces excelentes a los tratamientos húmedos (Ponce de León y Valdivia, 2014).

2.2.14. Colorante natural

Los colorantes naturales provienen de fuentes de origen natural, que tienen la facilidad de impregnar fácilmente el pigmento con los sustratos textiles, estos colorantes provienen de las hojas, flores, tallos, frutos, hongos e insectos, así como de algunos organismos marinos. Para que una sustancia coloreada se comporte como pigmento, se debe de adicionar el uso de los mordientes, los cuales muchas veces tienen la bondad de fijar mejor el pigmento al sustrato teñido, intensificar el color y cambiar de tonalidad (Ojeda, 2012).

Según Trujillo y López (2010), existen una gran cantidad de organismos que producen colorantes naturales, entre los más conocidos son las plantas que en su mayoría tiñen amarillo y verde. Son diversas las plantas que producen colorantes, por lo general todas las plantas curativas tienen propiedades tintóreas. Muchas veces estos colorantes no tienen la suficiente capacidad de impregnación y coloración por sí mismos, es por ello que se debe usar mordientes y fijadores.

Laura (2018), afirma que los colorantes naturales son considerados en general inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores. Un criterio útil de clasificación de los colorantes naturales con base en su estructura molecular, que permite agrupar componentes afines en cuanto a su comportamiento y propiedades genéricas, con los colorantes naturales comienza a estudiar al grupo más numeroso, como es el caso de los colorantes vegetales, que pueden agruparse en seis familias que son: carotenoides, clorofílicos, antocianínicos, flavonoideos, batalaínicos y tanínicos. Las características generales de estos compuestos es que sean solubles en agua o etanol.

2.2.15. Clasificación de los colorantes naturales

Tabla 6

Clasificación de colorantes naturales según composición química

Características de composición química		Tonos de color
Tetrapirroleo	Ficobilias	Azul – verde
	Clorofila	Verde
Carotenoides	Caroteindes	Amarillo - naranja
	Favonas	Blanco – Crema
Flavonoides	Favonoides	Amarillo - blanco
	Chalconas	Amarillo
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo- Azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo – Azul – verde
Derivados indigoides e	Indigo	Azul- Morado
Indoles	Betalainas	Amarillo - Rojo

Nota. La tabla muestra la composición química que poseen los colorantes naturales. Tomado de Susan J. Trujillo H. y Wendy M. López R. (2010).

2.2.16. Colorante de origen vegetal

Un tinte natural es la extracción de la solución tintórea de las plantas que existen en el reino vegetal, pueden ser extraídos los colorantes de diferentes partes de las plantas como raíces, tallos, hojas, flores y en casos algunos de las semillas, usando un solvente de extracción del colorante ya sea agua, etanol, etcétera. Los pigmentos se obtienen de las fuentes naturales, adicionando ciertos insumos para cambiar la tonalidad (mordientes),

mediante el cambio del vínculo con los iones de metales pesados como: hierro, cobre, aluminio y alumbre; que produce diferentes coloraciones (Obando, 2013).

Tabla 7

Colorantes naturales según especies y los colores obtenidos

Especie/ Familia	Nombre común	Parte utilizada	Color obtenido
Acacia macrocantha Humb & Bonpl. / Mimosaceae	Huarango	hojas y ramas tiernas	Amarillo
Acalipha macrostachya Jacq. / Euphorbiaceae	yana-vara, pispita	Tallo	Negro
Acca lanuginosa R.et.P. / Rosaceae	pacra, manzanita silvestre	frutos maduros	rojo y naranja
Allium cepa L. / Liliaceae	Cebolla	cáscaras externas coloreadas	Amarillo aceituna oscuro
Alnus jorullensis H.B.K. / Betuiaceae	aliso de los andes	hojas y ramas tiernas	Amarillo verde
Baccharis genistelloides Pers. / Asteraceae	kimsa kucho	hojas	Verde
Baccharis lanceolata Kunth / Asteraceae sin. B. salicifolia R.et.P.	Chilca	hojas y ramas tiernas	amarillo verde
Baccharis spp. (varias especies) / Asteraceae	taya blanca	hojas y ramas tiernas	Verde
Bactris gasipaes H.B.K. / Palmacea	Pijuayo	hojas	
Berberís fíexuosa R.et.P. / Berberidaceae	ayrampito, chiqchi	corteza de tallos y raíces frutos morados	Amarillo violeta-morado
Berberís lutea R.&P. / Berberidaceae	espino-amarillo, checche	Ramas hojas	amarillo verde
Berberís vulgaris L. / Berberidaceae	Agracejo	raíces o corteza	Amarillo
Bixaorellana L. / Bixaceae	Achiote	semilla	Anaranjado
Bocconia integrifolia H.&B. / Papaveraceae	Pinculio	corteza	Amarillo a anaranjado
Bougainvillea pachyphylla Heirmerl/ Nyctaginaceae	Papelillo	ramas y hojas	Marrón
Buddleia coriacea Remy / Buddlejaceae	colli o kiswar	inflorescencia anaranjada	rojo y naranja
Buddleia longifolia H.B.K. / Buddlejaceae	Quishuar	inflorencia	amarillo
Caesalpinia coriaria Wüldenow/ Leguminosae	divi	frutos	

Caesalpinia paipai R.et.P. / Leguminosae	charan, paipai	frutos	Negro
Caesalpinia spinosa (Mol) Kuntze / Leguminosae	Tara	frutos, hojas, ramas tiernas	azul grisáceo gris a negro
Calceolaria deflexa R.&P. / Schrophularaceae	ayac-zapatito	flores	Amarillo
Calceolaria lineris R.et.P. / Schrophularaceae	wawillay, romero silvestre	hojas, ramas tiernas y flores	Amarillo
Calceolaria pinnata R.&P. / Schrophularaceae	ayac, zapatito	flores	Amarillo
Calceolaria speciosa Penneil / Schrophularaceae	zapatito de muerto	hojas, ramas tiernas y flores	Amarillo
Calendula officinalis L. / Asteraceae	calendula, chunchita	flores	Amarillo
Canna edulis Ker. / Cannaceae	Achira	semillas secas	rojo y naranja
Cassia hoockeriana Gilb. / Leguminosae	mutuy, muchas cassia	hojas y ramas tiernas	Verde
Cassia lateopetiolata Dombey / Leguminosae	Mutuy	flores, hojas corteza	amarillo beige
Cedrella fissilis Veli / Meliaceae	Cedro	corteza	Beige
Cestrum hedioidinum Dun. / Solanaceae	hierba santa	frutos baya	Azul
Clorophora tinctoria L. Gaud / Moraceae	insira, insira caspi	madera, látex	amarillo, verde oliva
Colietia spinosa Gmelin / Rhamnaceae	roque, puyukasha	corteza	Amarillo
Coreopsis senaria Blake & Sherff / Asteraceae	Pulí	flores	Amarillo
Coreopsis sp. / Asteraceae	pahuau, panau	flor y hojas	Naranja
Coriaria ruscifolia L /Coriariaceae	mio-mio	frutos	color casi negro
Curcuma longa L / Z'ngiberaceae	palio, curcuma	Raíz	marrón dorado
Cybistax antisiphilitica / Bignoniaceae	achínhua, llangua	hojas	Azul
Cybistaxquinquefoiia (Veil.) Macbr. / Bignoniaceae	achihua - achihua llangua	hojas	Azul negro
Cynara scolymus L / Asteraceae	Alcachofa	hojas	Verde
Chenopodium ambrosioides L / Chenopodiaceae	Paico	hojas	Amarillo
Chenopodium murale L / Chenopodiaceae	hierba del gallinazo	hojas y tallos	Verde
Chenopodium quinoa Willd / Chenopodiaceae	Quinoa	panoja	Amarillo - anaranjado

Dactilopius coccus costa	Cochinilla	cuerpo del insecto hembra	Marrón oscuro diversos tonos de rojo
Daphnopsis weberbaueri Domke /Timelaceae	Cholito	hojas y corteza de tallo	Amarillo y marrón claro
Daucus carota L / Apiaceae	Zanahoria	tallos y hojas verdes	Amarillo
Datura stramonium L. / Solanaceae	Chamico	hojas y ramas tiernas	Verde
Ephedra americana H.&B. / Ephedraceae	pinco-pinco	Raíz	Champaña
Ephedra torreyana / Ephedraceae	pinco - pinco	allos tiernos	Amarillo
Erythrina cristagalli L / Fabaceae	Pisonay	corteza	Beige
Escallonia resinosa R. etP. Pers. / Saxifragaceae	chachacuma	hojas	Encarnado y morado
Eucalyptus globulus Labill / Myrtaceae	Eucalipto	hojas y ramas tiernas	Verde
Eugenia riparis D.C. / Myrtaceae	carapacho, raupíña	frutos	
Ficus carica L. / Moraceae	higuera común, higo	hojas y ramas tiernas	Amarillo
Foeniculum vulgare Mill / Umbelliferae	Hinojo	hojas y tallos	Verde
Fourcroya andina Trel. / Agavaceae	pajpa, cabuya	hojas	Marrón
Galium aparine L. / Rubiaceae	Chapi	Fruto	Rojo
Genipa americana L / Rubiaceae	acuisho-ana, huito	frutos	Azul negro
Genipa oblongifolia R.&P. / Rubiaceae	Huitoc	fruto y corteza	Negro
Genista tinctoria L. / Fabaceae	Retama	flores	Amarillo vivo verde
Guarea purpurea C.D.C. / Meliaceae	Yecheñor		marrón
Hedera helix L/Araliaceae	Hiedra	hojas y bayas	Verde gris
Hypericum laricifolius Juss/ Clusiaceae	chinchango	hojas y flores	Amarillo a anaranjado
Ingafeuillei D.C. / Mimosaceae	Pacae	hojas y ramas tiernas	Verde
Indigofera añil L. / Fabaceae	añil o índigo	hojas frescas	Azul
Indigofera suffruticosa Mill. / Fabaceae	índigo mutui	hojas	Azul
Indigofera tinctoria L / Fabaceae	Añil	hojas	Azul
Indigofera truxillensis H.B.K. / Fabaceae	añil – añil	hojas	Azul

<i>Iris germanica</i> L / Iridaceae	Lirio	hojas	Amarillo
<i>Juglans neotropica</i> Diels. / Juglandaceae	nogal peruano	hojas, ramas, frutos inmaduros y corteza de tallo	marrón – caoba
<i>Kageneckia lanceolata</i> R.et.P. / Rosaceae	Lloqi	hojas y ramas tiernas	azul grisáceo gris a negro
<i>Krameria triandra</i> R.&P. / Krameriaceae	pachalloqe	raíz ramas	pardo anaranjado
<i>Lawsonia inermis</i> L / Litraceae	Henna	Hojas	marrón dorado
<i>Lepechinia meyenii</i> (Walp) Epl. / Lamiaceae	puna salvia pasa salvia (cerr.)	Todo	Amarillo
<i>Lepidium chichicara</i> Desv. / Brassicaceae	Chichicara	Toda la planta	Verde
<i>Lepidophyllum quadrangulare</i> (Meyen) Benth & Hook / Asteraceae	Tola	todo	amarillo, kaki, verde
<i>Lepidophyllum tola</i> / Asteraceae	Tola	todo	Amarillo
<i>Lupinus aridulus</i> C.P. Smith / Fabaceae	q'era	flor	Amarillo
<i>Lupinus paniculatus</i> Desr. / Fabaceae	q'era	todo	Amarillo
<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb/ Lamiaceae (Labiatae)	Muña	hojas y ramas tiernas	Amarillo
<i>Mirabilis jalapa</i> L. / Nyctaginaceae	Buenas tardes, don Diego de noche	hojas, ramas y flores amarillas flores azules	Amarillo azul
<i>Morus nigra</i> L. / Moraceae	Mora	hojas	amarillo verdoso
<i>Monnina salicifolia</i> R. etP. / Polygalaceae	tutawiña, pichucha	flores y frutas	Azul
<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (Smith) Standl. / Polygonaceae	mullaca, huano negro	raíz y tallo	Azul
<i>Muehlenbeckia volcánica</i> (Benth) Endl. / Polygonaceae	mullaca, bejuquillo	frutos	Azul
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack / Rutaceae	Naranjillo	flores	Negro
<i>Mutisia viciaefolius</i> Cav. / Asteraceae	chinchilcoma, mankapaki	hojas, ramas tiernas o inflorescencias	Amarillo
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) D.C. / Myrtaceae	arrayán, pampa orégano	hojas y ramas tiernas	Amarillo
<i>Myrica pubescens</i> H.& B. / Myricaceae	huacan-timbu, laurel	toda la planta	negro
<i>Oleauropea</i> L/Oleaceae	olivo, aceituna	hojas y ramas tiernas	Amarillo

Opuntia soeherensii Britt & Rose / Cactaceae	Ayrampu	frutos y semillas	rojo y naranja
Papaver rhoeas / Papaveraceae	Amapola	flores	Rojo
Persea americana Mill / Lauraceae	Palta	Fruto	Rojo
Petroselinum sativum Hoffm / Umbelliferae	Perejil	hojas y tallos	amarillo verde
Phytolacca spp. / Phytolaccaceae	achiote silvestre	frutos	rojo oscuro
Picramia spp. / Simaroubaceae	Simatuba	ramas y hojas	Negro
Poecilochroma punctata (R.& P.) Miers. / Solanaceae	campanilla	frutos baya	Azul
Polylepis incana H.B.K. / Rosaceae	quiñual, quinoa	hojas y tallos	Beige
Prosopis chilensis (Molina) Stuntz/ Leguminosae	Algarrobo	resina aserrín del tallo	pardo oscuro mostaza
Prosopis juliflora (SW.) D.C. / Leguminosae	algarrobo, huarango	frutos	azul grisáceo gris a negro
Psoralea pubescens Pers. / Fabaceae	culén, wallwa	hojas y tallos tiernos	Amarillo
Pteridium aquilinum L / Denstedtiaceae	helécho, águila	brotos y ramas jóvenes hojas	Dorado Amarillo verdoso amarillo
Punica granatum L. / Punicaceae	Granado	corteza de fruto	Amarillo
Ranunculus spp. / Ranunculaceae	botón de oro	hojas y tallos	Amarillo
Relbunium hypocarpium (L) Hemsl. / Rubiaceae	antanco, chapichap	raíces	marrón - rojizo rojo
Relbunium microphyllum (A. Gray) Hermerl / Rubiaceae	chapi-chapi	raíces	Rojo
Renealmia macrantha Poepp. & Endl. / Zingiberaceae	mishqui - panga	frutos	Negro
Ricinus communis L. / Euphorbiaceae	higuerilla, ricino	frutos secos	marrón – caoba
Rorippa nasturtium-aquatium (L.) Hayek/ Brassicaceae	Berro	hojas y tallos	Verde
Rosmarinus officinalis L. / Labiatae	Romero	hojas y ramas secas	Amarillo
Rumex acetocella / Polygonaceae	Pucalojo	ramas	Verde
Rumex crispus L. / Polygonaceae	lengua de vaca, acetosa	hojas y raíces	Amarillo

Rumex cuneifolius Campd. / Polygonaceae	romaza ollaque	raíces	anaranjado, gris
Rumex sp./Polygonaceae	lengua de vaca, romaza	ramas	Verde
Salix chiiensis Mol. / Salicaceae	sauce común	hojas y ramas tiernas	Amarillo
Salix humboldtiana / Salicaceae		corteza	Bayo
Salvia sagittata R.et.P. / Labiatae o Lamiaceae	Salvia	hojas y tallos	Amarillo
Sambucus peruvianus H.B.K. / Caprifoliaceae	Saúco	Corteza hojas fruto	amarillo verde, marrón morado, azul
Satureja pavoniana Briq. / Labiatae o Lamiaceae	wayra sacha	hojas y ramas tiernas	Amarillo
Schinus molle L. / Anacardiaceae	molle, mullí, falso pimiento	hojas y ramas tiernas	amarillo verde
Senecio roudbeckiaefolius (Meyen & Walp) / Asteraceae	Maiccha	flores y ramas	Amarillo
Solanum lycioides L. / Solanaceae	Upatankar	tallo y hojas	Amarillo
Solanum nitidum R.et.P. / Solanaceae	Ñuñunga	frutos (tipo baya)	rojo y naranja
Solanum tuberosum L. / Solanaceae	Papa	cáscara (T)	violeta, azul
Spartium junceum L. / Leguminosae	Retama	flores y tallos tiernos fotosintéticos	Amarillo

Nota, En la tabla los colorantes más utilizados para el teñido de fibras textiles. Tomado de Olga Lock Sing de Ugaz, Colorantes Naturales, Perú 1997. Dimas Melgar Oncebay, Teñido de Lana de Oveja y fibra de alpaca con colorantes naturales, MINCETUR, Perú 2004. Tintes Naturales – Guía de Proyectos, Proyecto FIT – PERÚ, (MINCETUR – AECI), Perú.

2.2.17. Características generales del árbol colli

Es un árbol de los Andes, desde la Cordillera blanca en Perú hasta el área cercana al Lago Titicaca en Perú. Crece en suelos pedregosos secos a semihúmedos en elevaciones entre 3.000–4.350 m, donde las temperaturas van de -3 °C a 15 °C y los vientos son fuertes y persistentes a la helada y a sequías extremas. También presenta ramas terminales con sección circular a elíptica, de aproximadamente 6-10 mm., de color blanquecino a crema claro, sus hojas son simples. Haz de color verde oscuro brillante, el envés tomentoso con presencia de pulverulencia farinosa de color blanco amarillento (Nina, 2018). La misma autora afirma que la inflorescencia de collí es un árbol que posee características peculiares

en su composición, ya que cuenta con alcaloides, tatinos y flavonoides, por lo que se encuentra en la clasificación de colorantes naturales teniendo propiedades tintóreas, posee colores desde café hasta amarillo naranja intenso bastante fuerte y tiene un olor característico a semilla molida con textura suave, según estudios realizados el colorante obtenido está entre los límites permisibles para la aplicación en el proceso de teñido.

Tabla 8

Aspectos botánicos

Clasificación Taxonómica	
Nombre común	: Colli, Colle, Quinchihuayta, kishuara, Quishuar, kisuar,
Reino	: Plantea
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Lámiales
Familia	: <i>Buddlejaceae</i>
Género	: <i>Buddleja</i>
Especie	: <i>B. coriácea</i>

Nota. En la tabla se resumen los aspectos botánicos de la inflorescencia de colli, adaptado de Nina (2018).

2.2.18. Extracción de colorantes natural

Según Galarza (2013), la extracción es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlos de sus fuentes naturales, la extracción de compuestos de colorantes de las plantas se puede realizar por diferentes métodos: la infusión o decocción que es una de las técnicas más utilizadas, la cual consiste en una extracción en agua de la planta con ayuda de una elevada temperatura, o en alcohol. Dichos métodos de extracción a aplicar van a depender del material vegetal que se va a extraer.

La extracción de colorantes de la flor de la colli es recomendable trabajar en un medio acuoso en una relación de baño de 1/5, los cuales nos indican que por cada gramo de material tintóreo se necesita 5 ml de agua. El procedimiento utilizado consiste en recolectar las flores y posterior a ello, hacerlas secar al menos por 4 días, posterior a ello, se hace hervir la cantidad de agua requerida según la cantidad de material aproximadamente por una hora (Tito et al., 2019).

2.2.19. Teñido textil

Según Ojeda (2012), la tintorería en la rama textil es un proceso químico donde el pigmento interacciona con la fibra textil en un medio acuoso, donde se producen reacciones químicas y los iones del tinte son difundidos en la fibra, formando nuevas derivaciones de color en el material textil. Para realizar un proceso de teñido eficiente depende de diferentes parámetros, estos son: concentración de mordiente, pH, tiempo y temperatura; así mismo, una vez logrado el teñido de un sustrato textil, pasan a ser evaluados mediante pruebas de solidez de color al lavado, frote y a la luz.

El teñido es un proceso que se basa fundamentalmente en incorporar a la fibra en forma uniforme una materia colorante soluble, puede ser natural o sintético, bajo determinadas condiciones. El teñido es la modificación físico-químico del sustrato de forma que la luz reflejada provoque una percepción de color. Los productos que provocan estas modificaciones son denominados, materiales colorantes (Arias, 2017).

2.2.20. El proceso de tintura

El proceso de tintura convencional está determinado por el transporte del colorante desde el baño de teñido a la superficie de la fibra y la difusión del colorante a través de las regiones accesibles en la fibra, de tal manera que el cuerpo tinturado presenta una resistencia a devolver el colorante es una consecuencia de la energía de unión dependiendo a su vez de las reacciones existentes entre las estructuras moleculares de dichos cuerpos y de la forma como se ha efectuado la tintura. Esta interacción colorante-fibra, constituye una gran complejidad de reacciones de tipo físico y químico debido a que también depende de la clase de fibra a tinturar (Cumba, 2018, pág. 60). Según la AATCC (1992), existen tres maneras o métodos de como los colorantes pueden ser retenidos por la fibra. Estos métodos se describen a continuación:

- **Adsorción física:** Con las mismas fuerzas con las cuales se atraen los colorantes a la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos posteriores de lavado (Luna, 2015).

- **Adsorción mecánica:** La formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra (Sarco, 2014).
- **Reacción en fibra:** Aquí las moléculas o iones de colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de las fibras, pero a parámetros adecuados reaccionan y se impregnan por enlaces químicos covalentes a la estructura de la fibra, formando nuevas variedades de tonalidades de color (Gutiérrez, 2005).

El proceso de teñido puede llevarse a cabo en diferentes etapas de proceso textil, es decir, en diferentes sustratos: fibras, hilos, telas y prendas. Cuando el proceso de teñido se efectúa durante las primeras etapas de proceso, por ejemplo, sobre fibras sueltas (antes de la hilandería) puede lograrse una mejor solidez de color. Este proceso se realiza en canastillas perforadas y aunque puede haber zonas donde el colorante no penetre completamente, en las posteriores operaciones de hilandería estas áreas se mezclan a fondo con las fibras teñidas, así asegurando un color uniforme. El teñido de hilos por lo general es utilizado para desarrollar la fabricación de telas en género de punto y plano, porque se obtiene buenas solidez de color. Así mismo, el hilado puede teñirse en presentaciones de fibra suelta, cintas cardadas, tops, madejas y conos de hilado e incluso, si es urdiembre, se prepara plegadores perforados que son colocados en las máquinas de tintura. Adicionalmente, el teñido en pieza se lleva a cabo en varios tipos de máquinas y el material puede presentarse abierto a lo ancho o en forma de cuerda. Un buen teñido estrictamente depende de diferentes parámetros y condiciones que pueden ser evaluados inmediatamente (como la reproductibilidad) o que requieren una evaluación específica de solidez (uso en procesos en seco y en húmedo) realizada solo por medio de pruebas posteriores en laboratorio. La máquina utilizada se elige según el material a procesar. Los requisitos fundamentales son los siguientes:

- Protección del sustrato.
- Repetitividad de los resultados.

- Costo del proceso (dependiendo del tiempo, grado de automatización de la máquina, relación de baño, costos de producción utilizados y tratamiento de las aguas residuales). Para transferir el colorante de baño a la fibra, el tinte disuelto en el baño se absorbe primero, es decir, el material es teñido solo en su superficie (el resultado en esta etapa depende del movimiento, sea del baño, del sustrato, o de ambos), luego penetra en el núcleo de la fibra, y finalmente migra permitiendo así la uniformidad del teñido y su consistencia (esta fase se ve afectada por la temperatura y el tiempo). El proceso de teñido es en realidad una reacción química compleja, que se producen entre el colorante en dispersión y la fibra sumergida en la solución. Este proceso se lleva a cabo en diferentes etapas del proceso.

Según Herrera y Pacha (2015), para una mejor comprensión de la teoría del teñido, se divide en varias etapas, enfocadas desde varios puntos de vista:

- **Cinética:** estudio de la velocidad de reacción.
- **Termodinámica:** estudio del equilibrio de reacción.
- **Hidrocinética:** influencia sobre la cinética del baño y/o el movimiento del material, dependiendo de la máquina de tintura utilizada.

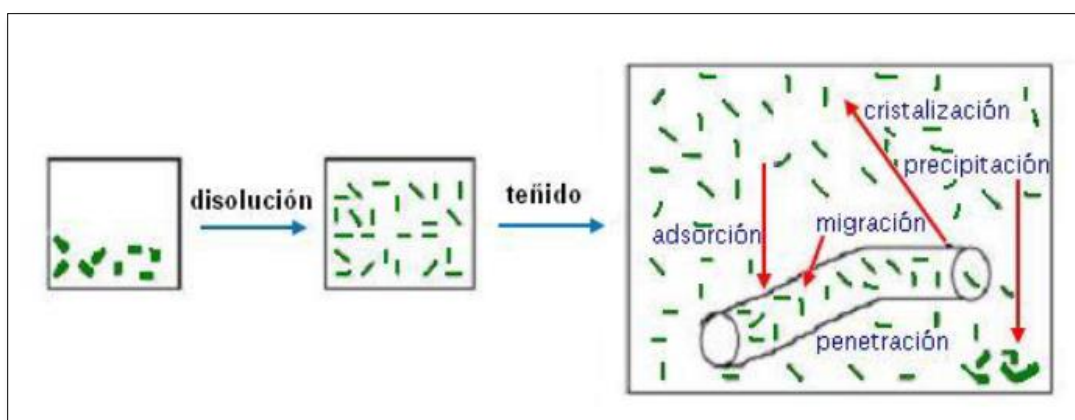


Figura 10. Fases del proceso de tintura.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

2.2.21. Etapas en el proceso de teñido

Según Lockuán (2012), siguiendo las fases de la tintorería se tiene diferentes etapas desde la disolución del pigmento hasta la en la fibra, estas se distinguen en cuatro etapas.

A. Disolución y dispersión de colorante

En esta primera etapa el pigmento se encuentra en un estado sólido, se iguala según el baño, ya sea en forma atómica o de forma micelar (agregados de muchas moléculas con buena solubilidad), o en forma de micro polvo disperso como los microcristales de moléculas de colorantes poco solubles (Illa y Tairo, 2015). La disolución y dispersión del colorante se puede visualizar en la Figura 11.

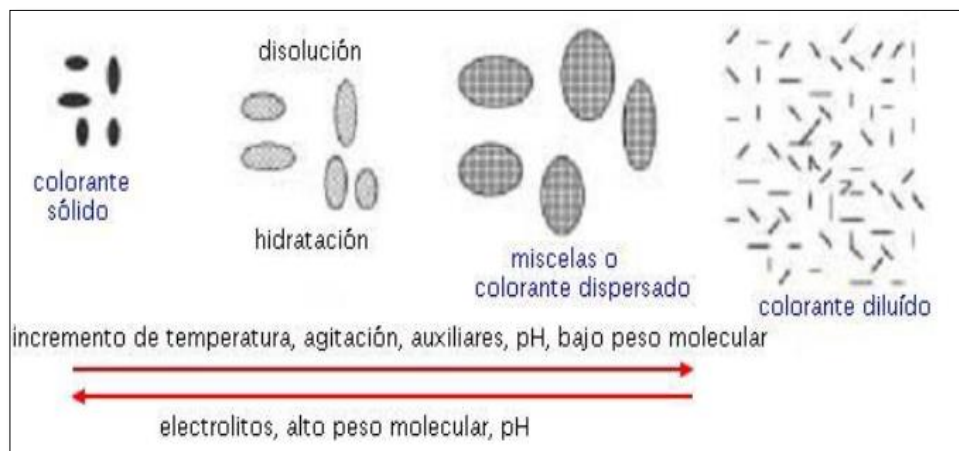


Figura 11. Solución de colorantes dispersables.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

B. Fase de absorción

En esta segunda etapa el colorante es sumergido en la estructura de la fibra, formando de este modo enlaces químicos con ella, la afinidad del colorante en la fibra puede depender de diferentes factores controlables como la temperatura, pH y la adición de los auxiliares textiles que afectan en la interacción termodinámica, y es por ello que el equilibrio de las interacciones, determinan el grado de agotamiento de la solución tintorería (Colindres, 2010).

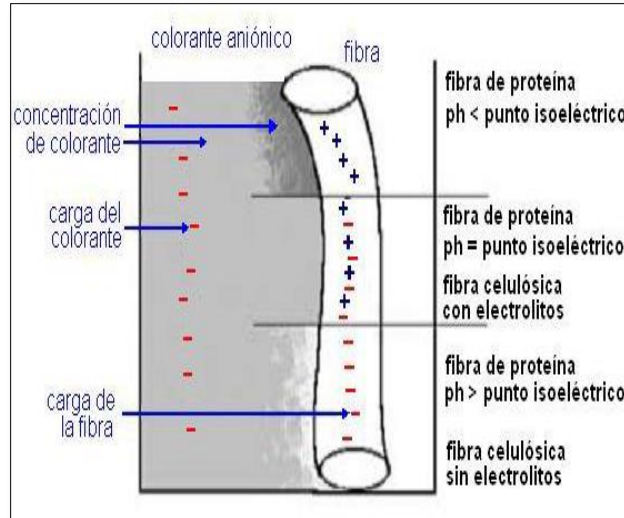


Figura 12. Concentración del colorante en el baño más cercano a la fibra.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

C. Fase de difusión

Según Illa y Tairo (2015), en esta tercera etapa el pigmento adherido en forma de partículas mediante la rotura y constitución de enlaces, muchas veces tiende a penetrar dentro de las fibras a través de sus lugares deformes, distribuirse homogéneamente y consolidar constantemente, es por ello que es la etapa más calmada del proceso de tintura, es muy importante inspeccionar los tiempos para una buena impregnación que es esencial para obtener buenas solidez de color, y en consecuencia para tener buena relación costo – eficiencia y calidad; el mismo autor indica que factores fundamentales son los siguientes:

- **La cristalinidad de la fibra:** Los colorantes se introducen en las fibras a través de los espacios deformes y, por lo tanto, cuanto mayor es la cristalinidad, menor es la rapidez de propagación.
- **El tamaño molecular del colorante:** Las moléculas del colorante cuando son muy grandes se hace más difícil su difusión a través de las zonas deformes, no se podrá obtener teñidos parejos.

- **Temperatura de teñido:** Al aumentar la temperatura existe un rompimiento de los enlaces del colorante y la fibra, de esa manera se facilita la difusión más rápida.

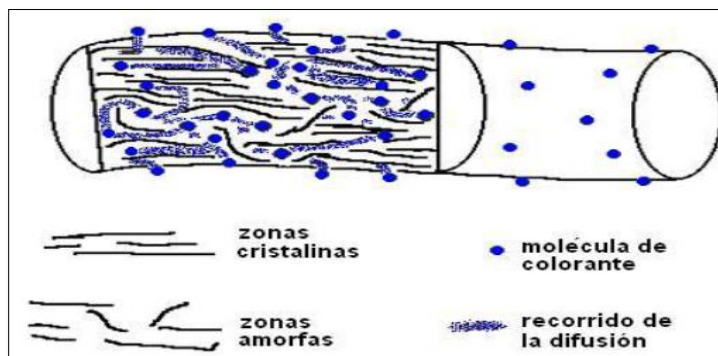


Figura 13. Penetración del colorante y migración dentro de la fibra.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

Según Ticona y Urquiza (2017), indica que la presencia de auxiliares en las soluciones tintóreas facilita la impregnación, fijación del color y tiende a aumentar la velocidad de difusión. El tiempo debe de estar controlado y adecuado para permitir la buena penetración de los colorantes.

D. Difusión y fijación

La segunda y tercera fase son colocadas en esta última etapa de desplazamiento; el colorante debe difundirse hacia la estructura de la fibra, optimizando así la igualación del color, cuanto más pequeña sea las moléculas del colorante apoyaran en la correcta penetración en las capas externas de la fibra. La baja cristalinidad y la baja afinidad de la fibra afectan significativamente en la solidez de color y al agotamiento de la tintura. La fijación del colorante se da con el establecimiento de enlaces estables entre las moléculas de la fibra y de colorante, hasta esta etapa se puede decir que el colorante se ha impregnado completamente en los sustratos, podemos decir que el proceso está concluido, estando entrelazadas todas las moléculas del colorante y la fibra. (Lockuán, 2012).

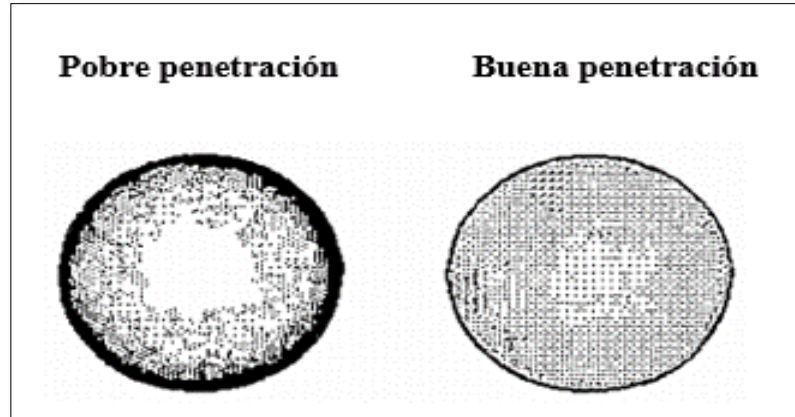


Figura 14. Fijación del colorante en la fibra textil.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

2.2.22. Curva de tintura de fibra de alpaca

A. Tintura con colorantes ácidos

El proceso de tintura se realiza partiendo a temperatura ambiente, donde se adiciona el humectante. Cuando la temperatura alcanza los 40 °C se adiciona el colorante y cuando alcanza los 90 °C se adiciona ácido para obtener un pH de 4.5, manteniendo estas condiciones durante una hora para asegurar la reacción entre el colorante y la fibra de alpaca (Lockuán, 2012).

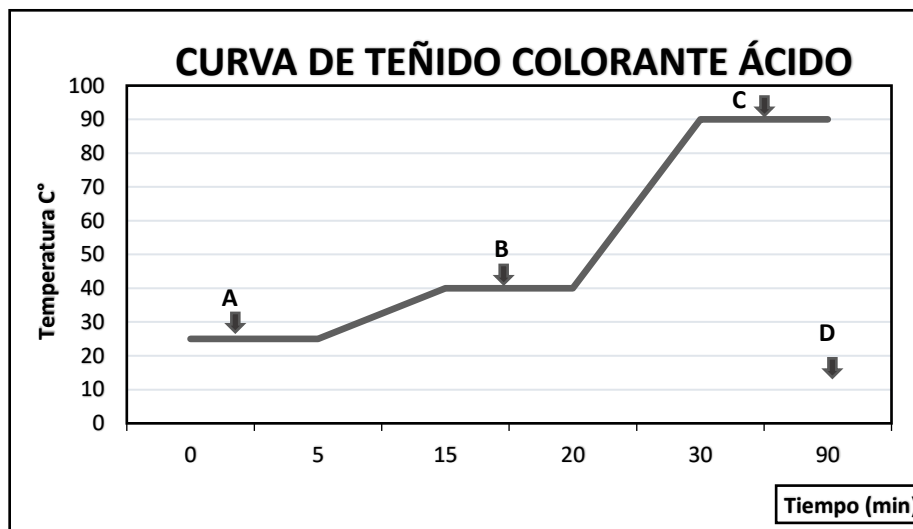


Figura 15. Curva de teñido con colorante ácido.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

- **A:** Adicionar 0.5 g/L de humectante.
- **B:** Adicionar el colorante ácido.
- **C:** Adicionar 2 g/l de ácido cítrico.
- **D:** Bajar la temperatura y descargar.

B. Tintura con colorantes de complejo metálico “lanaset”

La tintura de fibra de alpaca en sus diversas variedades de matices con colorantes de complejo metálico 1:2 lanaset, obtienen buenas solidez en las fibras tinturadas. La curva de tintura para estos colorantes se realiza de acuerdo a diferentes matices a obtener; desde gradientes de subida 0.7 a 1.5 °C/ min, para matices claros y colores oscuros respectivamente, al igual que el tiempo de fijación de 30 minutos para colores claros y 60 minutos para los colores oscuros (negro). Manteniendo constante la temperatura a los 70 °C, un tiempo de 10 a 15 minutos, con la finalidad de mejorar la igualación (Herrera y Pacha, 2015).

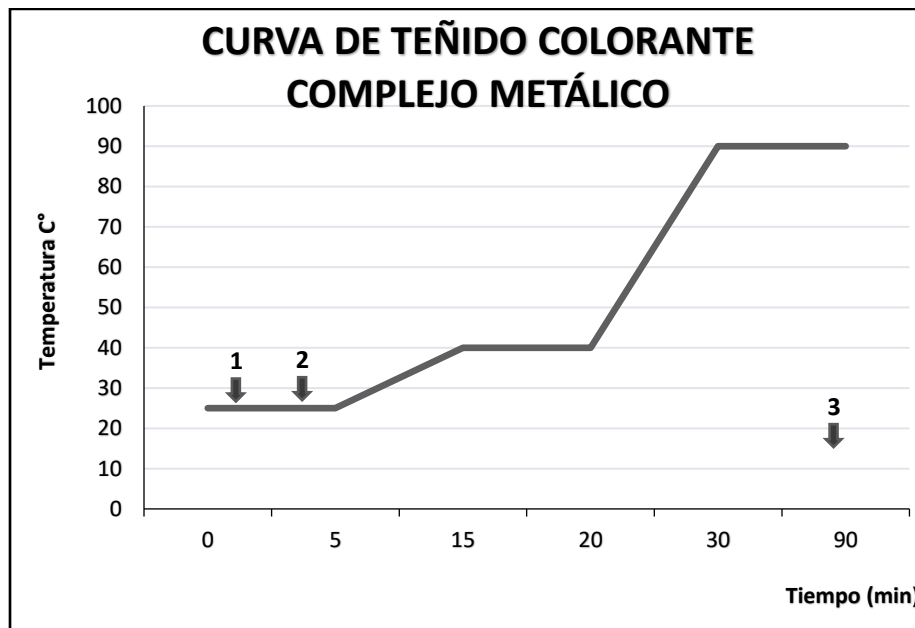


Figura 16. Curva de teñido con colorante de complejo metálico.

Donde:

- **1:** Adición de los auxiliares.
- **2:** Colorantes en porcentajes (%).
- **3:** Bajar la temperatura y descargar.

C. Tintura con colorantes reactivos “Lanasol”

El procedimiento de tintura es similar al proceso de tintura con colorantes de complejo metálico con la diferencia del cambio de agente igualante de Albegal Set por Albegal B.

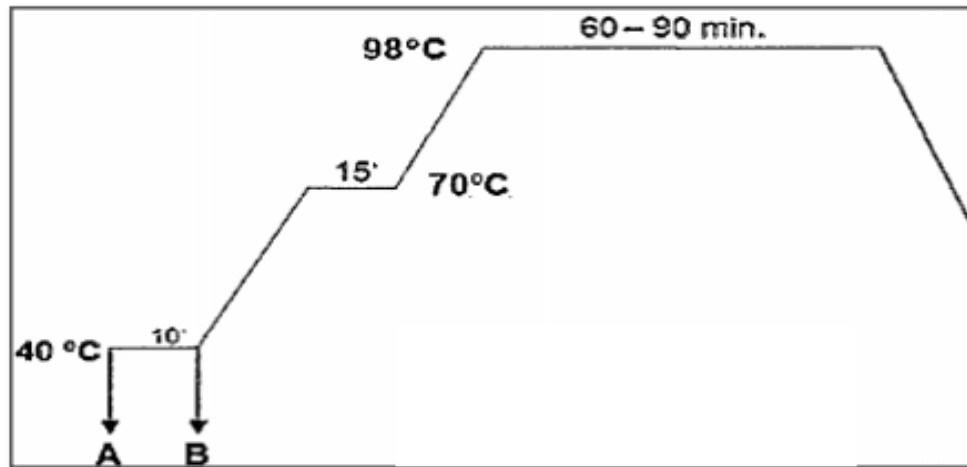


Figura 17. Curva de teñido con colorantes reactivos.

Fuente: Planta de tintorería Empresa Michell y CIA., 2014.

Donde:

- A: Adición de Albaflow CIR, Albegal B, Acido Fórmico y sulfato de sodio.
- B: Colorantes Lanasol.

El proceso se inicia a los 40 °C, temperatura a la cual ingresan los productos auxiliares y colorantes, homogeneizado 10 a 20 minutos, después se eleva la temperatura gradualmente hasta los 70 °C (mantiene a esta temperatura 15 minutos), luego se continúa con una subida gradual, hasta los 98 °C, donde se inicia la fijación manteniéndose durante 60 a 90 minutos, luego se realiza un lavado energético; para el

control de color. Finalmente, se neutraliza la fibra en baño acidulado (Ticona y Urquiza, 2017).

D. Tintura con colorante natural

La tintura de la fibra de alpaca en sus diversas variedades de matices con colorantes naturales, obtienen regular y buena solidez de color en las fibras tinturadas. El proceso empieza a 20 °C humectando el sustrato a teñir con el colorante, posterior a ello se introduce el mordiente distribuido en 1/5, 1/5 y 3/5, el tiempo de teñido puede realizarse desde 60 minutos hasta 110 minutos dependiendo del colorante natural, luego se realiza un enjuague y secado.

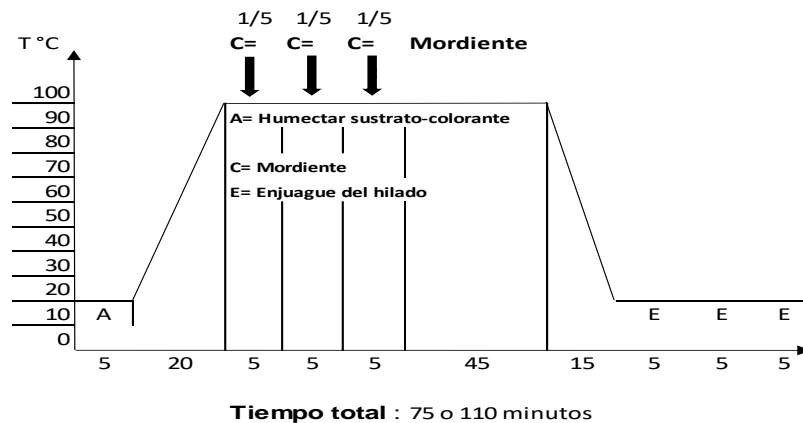


Figura 18. Curva de teñido con colorante natural.

Fuente: Ñawparisun, Revista de investigación científica, 2019.

2.2.23. Factores que influyen en el sistema de tintura

El proceso de tintura de una fibra textil, está en función de su naturaleza, de la fibra a teñir y el colorante utilizado, también influyen los agentes externos de la operación tintórea, entre los más importantes se tiene:

A. Relación de baño

Es la relación entre el volumen de líquido y el peso del sustrato a teñir. Por lo general se suele utilizar relaciones de baño 1/10 para partidas mayores o 1/20 para partidas

pequeñas, la finalidad es que el líquido cubra la superficie de la fibra y que le brinda movilidad al momento de realizar movimientos parejos (Obando, 2013).

Por relación de baño (R/B) se entiende la relación existente entre la cantidad de materiales a tintura (M) y el baño utilizado (V). La fórmula se presenta según la ecuación 1.

$$R/B = \frac{V}{M} (1 * Kg^{-1})..... (1)$$

En principio, la relación de baño es muy fácil de determinar a partir de la cantidad de baño utilizada y del peso del material de teñir, de forma práctica se puede entender como los litros de baño necesario para procesar un kilogramo de sustrato. Pero es justamente en este punto donde hay manipulaciones más graves, ya que, evidentemente, la definición supone explícitamente que el peso de la materia es peso seco. Por tanto, es inapropiado hablar o usar para cálculos el peso húmedo de material porque ello lleva valores fuera de toda realidad (Tito et al., 2019).

A mayor relación de baño, será requerido una mayor cantidad o volumen de agua, es por ello que se recomienda que, si se trabaja con (05) cinco kilos de fibra de alpaca, lo más recomendable es trabajar con una relación de baño de 1/20, si el caso fuera una producción mayor a los (10) diez kilos, se recomienda trabajar con una relación de baño de 1/10. Cabe indicar que relaciones altas de baño trae consecuencias negativas medioambientales y económicas, aunque también es cierto que trabajar con una relación de baño menor de la que fue diseñada para la máquina, ocasiona graves problemas de veteaduras y mala igualación.

B. Diámetro de las fibras

Según Herrera y Pacha (2015), en el campo experimental se ha determinado que influyen en un 3 – 5% los diferentes grosores filamentosales en la velocidad de tintura. En estos casos la variación de la velocidad de tintura puede atribuirse a diferencias de diámetro con relación a la unidad de peso o a la diferente permeabilidad de los filamentos como consecuencia de sus diámetros; este factor no se puede variar debido a las características estructurales propias de la fibra.

C. Contacto entre la fibra y baño tintóreo

La influencia del movimiento del baño a través de la fibra radica en que cuanto mayor sea aquella, se necesitaran tiempos menores para llegar a una igualdad del sistema; es decir, conseguir un agotamiento rápido y eficiente, obteniendo buenas solideces de color dentro del rango de 4.0 y 5.0 y buena igualación; teniendo en cuenta además de no alterar las propiedades de la fibra (Cavenago y Córdova, 2014).

D. Temperatura

La temperatura a la que se somete la fibra también tiene una marcada influencia en su microestructura, ocurren cambios en las regiones cristalinas y amorfas de la fibra cuando ésta ha sido sometida a temperaturas de ebullición en medio acuoso. El aumento de la temperatura crea una mayor movilidad de los segmentos de cadenas en las regiones amorfas, aumentando la receptividad de la fibra hacia el colorante. La temperatura de baño depende del proceso de tintura, del material y de la clase de colorantes. El aumento de temperatura no conduce solamente a una aceleración del proceso tintóreo. Sin él, en muchos colorantes no se llega a la distribución final de sus partículas, necesarias para el pleno desarrollo del tono e igualación en la fibra. Además, la temperatura de difusión con gradiente de difusión y la temperatura de fijación, tiene una importancia fundamental en la obtención de valores elevados de solideces (Fernández y Saavedra, 2019, pág. 44).

Según Costa (1990), mientras se aumente la temperatura y la velocidad en el proceso de teñido, también aumentará la impregnación del colorante en la fibra, pero el tamaño de agregado disminuye. Las tinturas son más homogéneas conforme aumenta la temperatura en el proceso de teñido.

Según Ojeda (2012), indica que la propagación de las partículas de colorante depende del calor, a mayor temperatura el dinamismo y energía de las moléculas aumentan beneficiando la salida de las mismas desde el baño de tintura hacia la fibra.

En los procesos de tintura tanto de lana como de algodón la temperatura es una variable esencial, la temperatura más idónea para las fibras de lana oscila entre 90-100 ° C, la cual es la temperatura necesaria para realizar la tintura. Esta variable es de gran

importancia, especialmente en igualación, la gradiente por lo general se va incrementando de 1 a 1,5 °C/ min, hasta alcanzar la temperatura requerida para el proceso. Como en todos los procesos de tintura con colorantes para fibras proteicas y algodón, el aumento de temperatura en la tintura, apoya en la fijación del color (Raimondo, 2010).

E. Tiempo del proceso de teñido

Es la fase donde la fibra interacciona con el colorante, facultando la migración de las partículas del colorante hacia la fibra. El tiempo de teñido está basado por el agotamiento del colorante en todas las superficies de la fibra, hasta quedar impregnado por completo (Hañari, 2018).

Luego del periodo inicial del calentamiento, es necesario mantener el baño a ebullición para alcanzar una penetración satisfactoria y una migración homogénea del colorante sobre la fibra. Un tiempo normal para alcanzarlo es de 1 a 2 horas, tiempos más prolongados existe degradación de la fibra.

En lo concerniente a la influencia que el tiempo de tintura que ejerce sobre la igualación, es necesario subdividir dicho tiempo total en 4 fases:

- **Tiempo preliminar o de repartición:** Este fijará de modo que permitirá una uniforme repartición de los insumos, colorantes y auxiliares textiles, antes de que, por el incremento del calor, se eleve extremadamente la cinemática de absorción del pigmento por el sustrato a teñir (Illa y Tairo, 2015).
- **Tiempo de calentamiento:** Este es el tiempo que se demora desde el calentamiento del agua hasta el punto de ebullición, depende en alto grado del poder de compensación del colorante. Si es favorable el poder de migración bajo las condiciones de tinturas dadas, la inicial dispersión irregular del tinte en el material a teñir (Obando, 2013).
- **Tiempo de ebullición:** Esta parte del proceso de ebullición consiste, que este tiempo viene determinado por la rapidez con la que se establece el equilibrio

entre el tinte en el baño y el colorante en la fibra, es decir, la progresión del agotamiento del baño de tintura (Cumba, 2015).

- **Tiempo de enfriamiento:** Se tiene que tener en cuenta de que algunos colorantes de fácil igualación se tiñen a temperaturas normales y agotan sus baños de teñido al enfriarse, fijándose entonces el tinte restante que no se había fijado antes a temperaturas más elevadas (Laura, 2018).

2.2.24. Productos auxiliares

En el proceso de teñido, además de los colorantes, es necesario la adición de determinados productos químicos que permitan una ayuda o asistencia de la tintura adecuada. Actúan creando condiciones adecuadas para que el colorante fije en la fibra de forma eficiente. Pueden poseer o no cargas eléctricas, de acuerdo a ello se clasifican en: Aniónico (Negativo), Catiónico (Positivo), no iónico (no tiene) y anfóteros (Lockuán, 2012).

Estos incrementan las propiedades de los productos terminados y mejoran la calidad de teñido, ayudando a conseguir una tintura homogénea en la superficie textil, mejorando la penetración y la estabilidad del baño, las solidez finales, productos libres de fallas y sin problemas en el menor tiempo posible, entre otras muchas (Herrera y Pacha, 2015).

Los auxiliares de teñido forman un grupo muy heterogéneo de compuestos químicos, en general, son tensoactivos, compuestos inorgánicos, polímeros y oligómeros solubles en agua y agentes solubilizantes.



Figura 19. Evaluación de la afinidad de los auxiliares textiles.

Fuente: La industria textil y su control de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

Con la única finalidad de evaluar qué tipo de auxiliares son los más usados en la tintorería de textiles, el impacto que tienen sobre el medio ambiente, su influencia en el éxito del teñido de productos textiles, su procedencia y costo, a continuación, mencionamos los insumos más relevantes para la investigación:

A. Humectante

Es un producto auxiliar acelerador de penetración con propiedades humectantes, desaireantes y un efecto permanente de supresión de espuma. Tiene por finalidad reducir la tensión superficial de la fibra, de manera que el agua y demás productos presentes en el baño de teñido, incluyendo el colorante, puede ser absorbido rápida y fácilmente (Herrera y Pacha, 2015).

B. Igualante

El objetivo principal de tintura es el logro del mismo matiz, con igual brillantez e intensidad en todo el lote. Actúa como colorante, pero sin ser teñida debido a que no contiene al grupo cromóforo. Los agentes igualantes pueden ser:

- **Aniónicos:** Reaccionan con la fibra y no permiten la subida del colorante.
- **Catiónicos:** Aquellos que reaccionan con el colorante frenando la migración de color.
- **No iónicos:** Se comportan como ambos, es decir, son de carácter anfótero.

Generalmente, se utiliza un igualante, migrante para la tintura, cuyo proceso sea por agotamiento a ebullición o altas temperaturas, podemos citar a las siguientes propiedades:

- Acción de igualación y migración con colorantes ácidos.
- Permite obtener un máximo rendimiento por su alto poder de agotamiento.
- No tiene efectos negativos sobre la solidez de las tinturas.
- Aumenta la seguridad de reproducción en colores difíciles de reproducir.

C. Mordiente

Son sustancias que apoyan en la fijación, cambio de tonalidad en los teñidos de sustratos textiles. Antiguamente, se empleaban productos naturales como cenizas, hojas de aguacate, corteza de nogal y guamúchil. Hoy en día, el empleo de mordientes es de origen químico, la mayoría son sales metálicas como: aluminio, cobre y estaño, las cuales se disuelven en agua caliente separando el metal de la sal para posteriormente unirse a la fibra para fijar el tinte (Ramos, 2020).

Los mordientes son sustancias químicas naturales o sintéticas, que actúan como ayuda en la impregnación del colorante en la fibra, debido a la combinación molecular entre la fibra y el colorante, este se impregne al interior de la fibra y ayude a fijar el color del tinte a la fibra, logrando obtener teñidos con muy buenas resistencias al sol y al agua. Por lo general, usando mordientes se obtienen colores permanentes y más vivos. El mordiente rompe el enlace hidrogenado situándose el ión metálico del mordiente en la proximidad del átomo de hidrógeno de la fibra. Si introducimos la fibra mordentada en la disolución del tinte se forma un conjunto ión del mordiente - tinte que es insoluble. La naturaleza química de la disolución mordente-tinte puede ser ácida o alcalina (Raimondo, 2010).

D. Agente suavizante

Según Raimondo (1990), un agente suavizante es aquel que confiere propiedades relacionadas con el tacto del material por modificación del coeficiente de fricción en la superficie de la fibra. Generalmente, luego de los procesos a los que se somete un material textil (pretratamiento, teñido, lavado y tratamiento de secado) esta pierde humedad y se torna áspero, estas son características no deseadas, pues desmerecen la apreciación final del usuario y las operaciones posteriores que pueden ser tejidos o costura, en las que al intervenir elementos metálicos (agujas) se dificultan estas operaciones y pudiéndose generar roturas o huecos.

E. Agua

Siendo el agua el medio auxiliar indispensable para el proceso de teñido, es de gran importancia la calidad de la misma. En todo caso, el agua a utilizarse en tintorería deberá de ser en agua blanda, para prevenir el efecto negativo de las sales de calcio y magnesio, las cuales precipitan fácilmente los compuestos orgánicos presentes en el baño (Colindres, 2010).

F. Dador de PH

Según Ponce de León y Valdivia (2014), para obtener un buen resultado para todos los procesos de tintorería depende del pH, acidez o basicidad del baño tintóreo. En el caso del teñido el pH es adecuado, es importante para poder llegar al punto isoeléctrico de la fibra, de esa manera permitiendo así su teñido.

El pH de baño de tintura es uno de los medios para controlar la subida del colorante a la fibra, logrando así su agotamiento final. El ácido durante el proceso de teñido ayuda en la fijación y la disolución de colorante en la tintura.

G. Protector de fibra

Herrera y Pacha (2015), indica que reduce durante el proceso de teñido el afieltramiento de las fibras, mejorando notablemente las propiedades mecánicas para etapas posteriores a la tintura, como el cardado y la hilatura; no afecta la estabilidad del baño, mejorando la reproductibilidad de los teñidos entre partida a partida y no provoca aglomeraciones de colorante ni desigualación y lo más importante es que no tiene efectos retardantes y forma poca espuma.

2.2.25. Control de calidad

Ponce de León y Valdivia (2014), indica que la última etapa del proceso es la verificación de los parámetros finales del hilado, los cuales son: la calidad de hilado, matiz y solidez de color. La calidad del hilado se verifica con las pruebas de solidez de color según normativa nacional e internacional.

A. Evaluación visual del color

La evaluación visual se realiza mediante el empleo de una caja de luces, esta debe de tener los luminantes estándares y se debe de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar los luminantes adecuados; para evitar que la evaluación se realice bajo una luz distinta a la que el cliente usará.
- El color de las paredes de la cabina debe de ser gris neutro, de acuerdo a las normativas, para no interferir en la evaluación del color.
- Es importante emplear geometrías de observación que eviten la percepción del brillo y la textura.
- Si se va a evaluar muestras de diferentes colores, empezar con aquellos de tonos claros, continuar con los medios y finalizar con las muestras de tonos intensos.
- Evitar el cansancio visual, no exponer demasiado tiempo nuestra vista.

B. Solidez de color

La solidez del color en la industria textil se define como, la perdurabilidad del color de un sustrato teñido cuando es sometida a pruebas de rigor, entre las más utilizadas tenemos la solidez de color al lavado, frote y a la luz. Los productores de textiles deben asegurar que las prendas no cambien y transfieran su color; existen muchos métodos de pruebas para evaluar las propiedades de solidez.

El producto que se elabora determina qué tipo de solidez es importante y por ende el método de prueba es relevante; por ejemplo, las telas para cortinas deben de tener excelentes propiedades de solidez a la luz, mientras que las pruebas de solidez de color al lavado son importantes para las telas destinadas para la confección de prendas. El producto textil debe conocer cuál es el uso final del hilado para producir un artículo con una calidad aceptable (Lockuán, 2012).

Soto (2017), menciona que la solidez de color en los productos textiles es uno de los puntos críticos en la manufactura de los textiles, ya que es la última etapa para poder revisar la calidad del teñido antes de que el producto sea concluido y sea enviado a otra área de producción. Los factores que afectan la solidez de color son:

- Tratamientos de preparación al teñido.
- Selección del colorante.
- Ennoblecimiento (acabados).
- Prácticas del consumidor (la selección del detergente y procedimiento de lavado).
- Pobres condiciones de teñido.
- Mala calidad de agua para la tintura.

Para la evaluación de solidez de color son utilizadas las escalas de grises; muchas veces depende de una comparación entre la tintura antes y después de haber sido sometida a la prueba. Al mismo tiempo se necesita saber cómo afecta la tintura a materiales de telas testigo, por si una prenda teñida va a tener contacto con ellos durante su uso o procesamiento. Para evaluar el cambio o pérdida del color se emplea las escalas de grises para la transferencia y al cambio de color. El grado de solidez de una tintura se expresa por cifras adimensionales denominadas "Índices de solidez". Estas cifras van del uno al cinco y su valoración es comparativa y corresponde a una escala de grises de valores lumínicos en la cual aparece como gris base o de punto de partida un gris que a la vista aparece como un promedio entre negro y el blanco, a pesar de que solo refleja el 14 % de luz blanca, pero eso si es un gris completamente neutro, es decir no tiene ningún grado de cromaticidad (Luna, 2015).

C. Solidez de color al lavado

Según la NTP 231.181:1986. Método para determinar la solidez del color al lavado a mano con jabón en los tejidos artesanales y la Norma internacional de la Asociación estadounidense de químicos y coloristas textiles AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering, indican que el ensayo de la solidez de color al lavado consiste en simular el cambio de color de un material textil luego de una cierta cantidad de lavados en una solución de agua blanda con detergente y/o jabón, bajo ciertas condiciones apropiadas que depende al tipo de producto se aplica diferentes pruebas, los parámetros a tomar en consideración son: cantidad de billas de acero, baja relación de baño, tiempo de lavado y temperatura. La acción abrasiva se realiza según lo establecido en las normativas nacionales e internacionales.

Al final se procede a enjuagar, secarse y evaluar mediante la escala de grises, son valorados el cambio de color de la muestra y el grado de transferencia de la muestra testigo respecto a su color inicial (Raimondo, 2010). El método de lavado puede ser industrial o convencional, depende del tipo de material de una prenda textil (Obando, 2013).

El procedimiento de lavado de la ropa convencional o industrial, depende principalmente del material que se utilizó para confeccionar la prenda, por ejemplo, se usa un lavado delicado para fibras especiales (fibra de alpaca) o prendas delicadas, mientras que uno lavado más vigoroso para camisas de algodón y más enérgico para ropas de trabajo (López, 2015).

D. Solidez de color al frote en seco

Según la NTP 231.042:2009 (revisada el 2019). TEXTILES. Ensayos de solidez del color al frote y Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method. Indican que este método se utiliza para determinar la cantidad de color transferido desde la superficie de los sustratos textiles coloreados a otras superficies mediante el frotamiento. Se aplica a textiles hechos de todas las fibras en forma de hilos o tejidos, ya sean teñidos, estampados o coloreados de otro modo. Las tinturas de pobre solidez al frote pueden ocasionar manchas de materiales sin teñir o de tonalidades más pálidas cuando tienen roces durante su uso o lavado. Por ejemplo, tinturas que no han sido debidamente lavadas después de la tintura y que son utilizadas para la confección de pijamas, pueden manchar las sábanas (Raimondo, 2010). La resistencia a desteñirse es sumamente importante en la industria textil a nivel mundial.

E. Solidez de color a la luz

Según la NTP 231.183:1986 (revisada el 2020). TEXTILES. Método para determinar la solidez del color a la luz solar en tejidos artesanales y la Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light, indican que la solidez a la luz es la resistencia de un material al cambio de las características cromáticas, como consecuencia de su exposición a una

fuentes de luz artificial o a la luz solar; el principio de la prueba consiste en posicionar una muestra del material textil junto a un estándar y extenderlos simultáneamente a una fuente de luz bajo ciertas condiciones.

Las tinturas durante su uso están expuestas a la acción de la luz solar y artificial que destruyen a los colorantes ocasionando el fenómeno de decoloración. De esta manera una tintura va perdiendo gradualmente su color o cambiándolo a la exposición a la luz. (Ponce de León y Valdivia, 2014).

F. Resistencia

Es una de las características que determina la calidad de un hilo; viene a ser la resistencia que opone un hilo a una fuerza aplicada a lo largo de su eje. Se ha determinado que la rotura de los hilos se produce, en el caso de las fibras discontinuas, por el deslizamiento de las fibras componentes, y en el caso de las fibras continuas, por roturas de las mismas (Ticona y Urquiza, 2017).

Lockuán (2012), indica que la resistencia de los hilos influye sobre las roturas en las máquinas, en todo el proceso, si se trabaja con materiales de buena resistencia, el proceso de fabricación es eficiente, con mayor volumen de producción y menor número de paros, es decir más rentable.

Debido a los avances logrados en la máquina de tejeduría de calada y de punto, los hilados deben de tener una resistencia y una elasticidad adecuada; por las mayores fuerzas de tracción y flexión que debe de soportar. Esto contribuye al aseguramiento de la calidad, al reducir las mermas por segunda calidad y costosas reposiciones.

2.2.26. Diseño de experimentos

En el campo de la industria es una práctica común hacer experimentos o pruebas para descubrir algo acerca de un sistema o un proceso en particular. Un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las formas como estas influyen en las variables de salida (Montgomery, 2004).

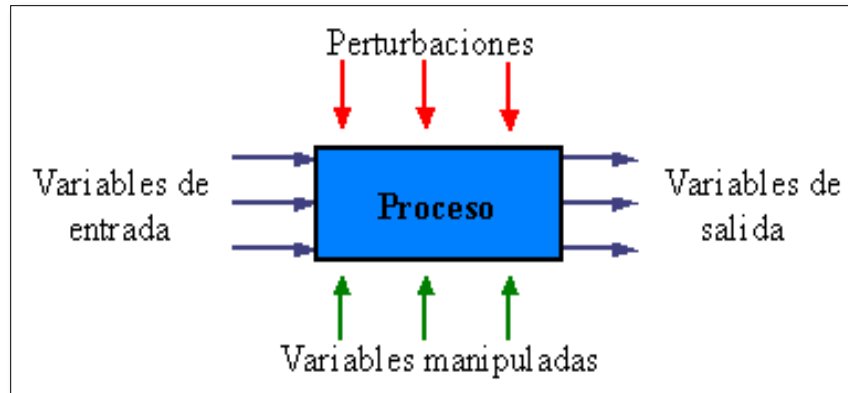


Figura 20. Influencia de las variables controlables y no controlables en el proceso.

A. Diseño estadístico de experimentos

Arias (2017), indica que el diseño estadístico de experimentos tiene que ver con la planeación y realización de experimentos y el análisis de datos resultantes a fin de obtener conclusiones válidas y objetivas. El objetivo es desarrollar un proceso vigoroso, es decir, un proceso que sea afectado de forma mínima por las fuentes de variabilidad externas; mediante un conjunto de técnicas estadísticas que manipulan el proceso e inducirlo a proporcionar la información que se requiere para mejorarlo, llevando los procesos y sistemas a las condiciones óptimas de operación. Los métodos estadísticos buscan que el proceso genere conocimiento y aprendizaje tan eficiente como sea posible.

Los términos más importantes en el diseño de experimentos son:

- **Factor.** Son cada una de las variables independientes del sistema. Esta puede ser cualitativa o cuantitativa (tiempo, temperatura y concentración de mordiente).
- **Tratamientos.** Son el conjunto de pruebas o ensayos que se hacen para cada combinación factor – nivel, cuyos efectos serán medidos.
- **Unidad experimental.** Es el elemento (proceso o sistema) que serán sometidos a determinadas condiciones, sobre el cual se hacen las mediciones, es decir, donde se efectúa el tratamiento, mediante el análisis de la variable que se investiga, la cual brindará una respuesta (medición o dato estadístico).

- **Efecto.** Es el cambio en la variable de respuesta por el cambio de nivel de un factor.
- **Interacción.** Cuando uno o más factores trabajan juntos para producir un efecto diferente que los efectos producidos por aquellos factores de manera individual.
- **Replicación.** Repetición de corrida experimental.

Al realizarse una experimentación debe de tenerse en cuenta que los resultados están sujetos a los efectos de variabilidad e incertidumbre; si consideramos estos criterios existen dos principios básicos que determinan la calidad de un experimento: la reducción de la variabilidad y la validación de datos.

B. Diseños factoriales

Estos diseños se planean de forma que se varían simultáneamente varios factores, pero sin que cambien siempre en la misma dirección, para evitar experimentos redundantes. Esto permite obtener la información con el mínimo número de experimentos, con la menor incertidumbre posible. Una característica muy importante en el diseño factorial es el uso eficiente de los datos experimentales, este diseño experimental permite estudiar los efectos individuales o principales de cada factor y determinar si existe alguna interacción entre los factores (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Según Montgomery (2004), el diseño factorial más usado es aquel que tiene k factores, conocidos como factorial 2^k y el número total de experimentos está dado por: 2^k y el número total de experimentos está dada por: 2^k , donde k es el número de factores o variables y el 2 de la base indica que cada factor toma solo dos valores.

C. Análisis de varianza (ANOVA)

El anova es una metodología de análisis estadístico para cuantificar y determinar las variaciones en poblaciones debidas a factores que permiten definir en ellas distintos estratos. La idea básica del anova consiste en descomponer la variabilidad total observada en unos datos en una serie de términos, asociados a los efectos de cada factor estudiado y a sus posibles interacciones, más una parte residual con la que después se comparan las primeras para investigar su posible significación estadística (Arias, 2017).

D. Contraste de hipótesis

Para la contrastación de las hipótesis se utilizó la prueba de Anderson Darling, la cual mide qué tan bien los datos siguen una distribución particular. Para una contribución y un conjunto de datos específicos, cuanto mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será esta estadística. Por ejemplo, se puede utilizar la estadística de Anderson-Darling para determinar si los datos cumplen con el supuesto de normalidad para una prueba t.

El Estadístico de prueba Anderson -Darling (A^2) se muestra en la siguiente ecuación 2:

$$A^2 = -N - \frac{1}{N} \sum (2i - 1)(\ln F(Y_i) + \ln (1 - F(Y_{n+1}))) \dots (2)$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

Según Raimondo (1990), los procesos de tintorería se comienzan con la disposición de la materia prima, pigmento y auxiliares textiles. En este caso se utilizó la fibra de alpaca en presentación de hilado, colorante extraído de la inflorescencia de colli, máquina para teñir muestras y equipos de control de calidad.

Para la presente investigación se consideró las siguientes características de los materiales:

- Hilado de alpaca, marca Alproser.
- Colorante natural extraído de la flor de colli.
- Mordiente crémor de tártaro, marca sumacsipas.
- Humectante/ detergente Invadina Lun, marca Química Suiza.
- Máquina de teñido de muestras.
- Escala de grises al cambio de color para evaluar la solidez de color a la luz solar, marca James Heal.

La investigación se realizó en la Universidad Nacional de Juliaca, distrito de Juliaca, provincia de San Román, región Puno.

3.2. Materiales

Los materiales y equipos utilizados en el experimento son las siguientes:

Tabla 9

Materiales y equipos

Materiales	Equipos	Insumos químicos
Hilado de alpaca	Rota color	
Tejido de algodón	Lauderometro	Humectante
Probetas	Estufa Digitronic	Blanqueador
Vasos precipitados	Crockmeter	Crémor de tártaro
Tubos de ensayo	pH meter	Agua blanca o destilada
Papel filtro Whatman	Termómetro	Antiquiebre
Tela gasa	Cronómetro	Fijador
Bagueta	Escala de grises	Glicerina
Fiola 250 ml.	Madejadora	Detergente
Pipetas	Cocinilla eléctrica	Hilado de alpaca 3/10
Matraz de 250 ml	Escala de grises	Suavizante siliconado
Piseta	Cabinas de luz	
Flor de colli		

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Inflorescencia de colli

La recolección de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) fueron colectadas de árboles de 3.5 m de altura de los espacios de la villa Chullunquiani – ubicada en la salida Arequipa a cinco kilómetros del centro de la ciudad de Juliaca, en febrero del 2021.

Las muestras fueron enviadas en estado fresco al laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil y de confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca, donde se realizaron las pruebas de extracción de pigmento amarillo a partir de la inflorescencia de colli.

3.2.2. Hilado de alpaca

Los procesos de tintura fueron realizados sobre fibra de alpaca 100%, en presentación de sustrato de hilado calidad, cuyas características son las siguientes:

- **Color:** Blanco
- **Calidad:** FS
- **Título:** 3/10 Nm
- **Composición:** 100 % alpaca

3.2.3. Agua para el uso del proceso textil

Es el medio indispensable en el que se desenvuelve el proceso tintóreo, y como tal, su calidad y cantidad es de gran importancia. Tiene capacidad para disolver gran variedad de sustancias en cantidades relativamente grandes, el agua a utilizarse es agua blanda para prevenir el efecto negativo de los componentes de dureza (sales de magnesio, calcio) y metales pesados.

3.2.4. Reactivos y auxiliares textiles

Ticona y Urquiza (2017), indica que existe una variedad de productos elaborados por diferentes fabricantes para ser utilizados como coadyuvantes de tintura, al tratarse de productos de uso específico y determinante para cada material e infraestructura de producción.

A. Humectante (Invadina lun)

Nos ayuda a garantizar el éxito de una buena tintura en cuanto a rendimiento de colorante, igualación y obtención del matiz requerido. Una característica fundamental es reducir la tensión superficial de la fibra, de manera que el agua presente en el baño pueda ser absorbida rápida y fácilmente (Lockuán, 2012).

B. Detergente textil (Helpawt PD-A)

Los detergentes son mezclas de sustancias no iónicas y/o aniónicas que actúan sobre la tensión superficial de los baños de tratamiento con el fin de deshacer y eliminar la suciedad de los sustratos. Una característica adicional de los detergentes es su capacidad de eliminar suciedades de tipo oleoso. Además, otras de sus propiedades principales de los detergentes es que también deben vigilar la formación de espuma y sus características humectantes para poder ser usados en máquinas de tintura (Illa y Tairo, 2015).

C. Igualante (Albegal SET)

Producto anfóterico, asistente de teñido, auxiliar desarrollado especialmente para colorantes reactivos y obtener tonos de nivel optimizado el colorante en la fibra y la superficie. Promueve el agotamiento (acelera la difusión del mismo en el baño) y excelente distribución del colorante, mejorando la penetración y la igualación (Ticona y Urquizo, 2017).

D. Mordiente (Crémor de tártaro)

El bitartrato de potasio (99.70% de pureza, Perú), es utilizado como mordiente en el teñido de sustratos textiles, con el fin de facilitar la absorción de color en la misma, y evita que se desprenda con el lavado o con la luz solar. El crémor de tártaro ayuda a aclarar los colores en los teñidos naturales y mejor distribución del colorante en la fibra (Obando, 2013).

3.2.5. Equipos de laboratorio

Para lograr todos los procesos requeridos en laboratorio se cuenta con maquinaria para desarrollar pruebas de teñido, así como para las pruebas de control de calidad textil.

A. Máquina de teñido para muestras

Equipo utilizado para pruebas de teñido en muestras, el cual contiene soportes para tubos metálicos, que cuenta con un sensor de temperatura interno y tablero de tiempo.



Figura 21. Máquina para teñir muestras.

Fuente: Mantisa.

B. Cámara de luz

Equipo usado para evaluar de manera visual el color, tecnología de luz de tungsteno filtrada que proporciona la simulación de la luz del día natural en una cabina de observación de tamaño estándar con más precisión. La forma de uso es comparada una muestra patrón con la prueba realizada en laboratorio a la luz de esta cámara.



Figura 22. Cabina de luz.

Fuente: Micolor.

C. Crockmeter

Equipo utilizado para realizar las pruebas de solidez de color al frote a todas las fibras, hilos o telas de cualquier clase; teñidas, estampadas o coloreadas por cualquier proceso; las pruebas de solidez se efectúan bajo condiciones húmedas y secas.



Figura 23. Equipo para determinar la solidez de color al frote.

Fuente: Universidad Nacional de Juliaca.

D. pH – meter

Equipo utilizado que realiza mediciones de pH, para el control de paso de medio ácido a básico.



Figura 24. Equipo para medir el pH.

Fuente: Universidad Nacional de Juliaca.

E. Launderometro

Este equipo determina la solidez de materiales al lavado, también puede utilizarse para tinturas de pequeñas muestras en relaciones de baño 1/20 o 1/10, para igualación de tonos y comparaciones de colorantes a baja y alta temperatura.



Figura 25. Lauderometro.

Fuente: Universidad Nacional de Juliaca.

F. Estufa

Este equipo es un regulador electrónico digital de la temperatura y del programador horario que permite seleccionar los periodos preestablecidos con sensores de temperatura, se utilizan para ensayos bacteriológicos, procesos de secado y esterilizado.



Figura 26. Estufa para el secado de las muestras.

Fuente: Universidad Nacional de Juliaca.

G. Aspe de precisión

Aparato para la formación de madejas de longitud exacta, generalmente utilizado para el cálculo del número de título de hilado y madejado de hilados para el proceso de teñido.



Figura 27. Aspe de precisión para madejado de hilados.

3.3. Diseño de la experimentación

3.3.1. Variables del proceso

A. Variables dependientes

Los materiales teñidos se someten a diferentes variables tanto durante el proceso de teñido como en el control de calidad del teñido final, el tintorero debe saber el uso final del material teñido, para producir un producto aceptable, por lo que las variables con las cuales se miden la calidad serán variables dependiendo de la presente investigación.

- Solidez de color al frote en seco.
- Solidez de color al lavado.
- Solidez de color a la luz solar.

B. Variables independientes

Son los factores que influyen especialmente en las variables de control de calidad del producto final de la tintura. Para comprobar su influencia, estas variables se manipulan durante el experimento asignando valores diferentes a cada observación.

- Concentración de mordiente.
- Tiempo de proceso de teñido.
- Temperatura de proceso de teñido.

3.3.2. Procedimiento de extracción de colorante

A. Secado

El secado se realizó a 50 °C durante 20 h en la estufa (Digitronic, USA), luego se homogenizo en un molino (IKA A11 Basic, USA), con el fin de aumentar el rendimiento del colorante, la harina de colli fue almacenada en refrigeración a (3 °C) hasta su posterior análisis y pruebas de extracción de altas temperaturas.

Se determinó la humedad de la inflorescencia de colli fresco y seco utilizando estufa (Digitronic, USA) según el método de la AOCS Ca 2d-25 (AOCS [American Oil Chemists' Society] 1998). El rendimiento de secado se determinó en porcentaje de materia seca según la ecuación 3.

$$\% R_s = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \dots (3)$$

Donde:

R_s : Rendimiento de secado (%), P_f : Peso final de la muestra (g), P_i : Peso inicial de la muestra en gramos.



Figura 28. Inflorescencia de colli.

Fuente: Elaboración propia

B. Extracción del pigmento convencional

En los procesos de extracción de pigmentos de recursos naturales de manera convencional, es recomendable trabajar con relaciones de baño menores porque se obtienen extractos acuosos más densos y tienen una mejor impregnación del color en el teñido de fibras textiles (Obando, 2013). Es por ello, que la extracción del pigmento se trabajó bajo parámetros definidos con base en estudios pre-experimentales, con la finalidad de obtener intensas tonalidades en el teñido de fibra de alpaca.

En el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones, se pesó 1.9 kilogramos de colli fresco y se sumergió en 9.5 lt. de agua destilada, la extracción se realizó en una plancha calefactora a temperatura de ebullición, mediante el método de la infusión, la relación de baño considerada es 1/5 (1 gramo de inflorescencia de colli: 5 ml de agua) a temperatura ebullición y tiempo de extracción de 65 minutos.



Figura 29. Filtrado del colorante.

Fuente: Elaboración propia.

El filtrado se realizó con una tela gasa de doble filtrado, la cual retiene el mayor contenido de componentes sólidos de la inflorescencia y residuos.; finalmente, los extractos se recolectaron en fiolas de vidrio, y se sumergió en un baño de agua fría para luego ser almacenados a 3 °C en ausencia de luz hasta su posterior análisis.



Figura 30. Almacenamiento de colorante extraído.

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el rendimiento del colorante natural obtenido, inicialmente se tomó 9.5 lt. de agua para 1.9 kg de muestra (inflorescencia de colli) y al final se obtuvo 8.5 lt. de colorante concentrado, los cálculos se realizaron según la ecuación 4.

$$\% R_s = \frac{V_F}{V_i} \times 100 \dots (4)$$

Donde:

R_s : Rendimiento del colorante (%), P_F : Volumen final de la muestra (g), P_i : Volumen inicial.

C. Caracterización del extracto de colli obtenido convencionalmente

Se empleó el equipo de colorimetría (Konica minolka, espectrophotometer CM-5, Japón) con iluminante D65 y ángulo de visión de 0° en modo de transmitancia expresando las lecturas en términos del espacio de color CIELab (L^* , a^* , b^*). El parámetro L^* indica luminosidad, tomando valores desde $L^*=0$ (por similitud con el color negro), a $L^*=100$ (color blanco) y los parámetros a^* y b^* son coordenadas cromáticas, el parámetro a^* representa la variación de rojo (+) a verde (-), mientras que el parámetro b^* representa la variación de amarillo (+) a azul (-) (Lopez y Di Sarli 2016). Así, mismo, se determinó el pH a los extractos con el potenciómetro, el pigmento acuoso de la inflorescencia de colli tiene un potencial de hidrógeno de 6.73.



Figura 31. Medida de pH del colorante.

Fuente: Elaboración propia.

D. Evaluación de estabilidad del color del extracto acuoso

Para establecer la temperatura adecuada de almacenamiento de los extractos, se evaluaron el color y pH de los extractos obtenidos de la inflorescencia de colli seca. Se consideraron 3 tratamientos: T1: 5 °C en oscuridad, T2: 25 °C con exposición a la luz y T3: 25 °C en oscuridad. Se calculó la variación de color (ΔE) del extracto acuoso según la ecuación 5. Mayores valores de (ΔE) indican mayores variaciones de color en función del tiempo.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \dots (5)$$

Dónde: ΔL^* , Δa^* y Δb^* se refieren a la variación del color de los parámetros L^* , a^* , b^* La norma ISO 12647-2: 2016 considera umbrales de ΔE para impresiones (Tabla 10), estos valores fueron tomados de referencia en el presente trabajo debido a que no se encontró umbrales de ΔE para el área textil.

Tabla 10

Umbrales de tolerancia para ΔE en impresiones

ΔE^*	Calidad
1	Excelente
1-2	Buena
2-4	Normal
4-5	Suficiente
> 5	Mala

Fuente: ISO 12647-2: 2016.

3.3.3. Procedimiento de teñido de hilado de alpaca

A. Madejado de hilado

Se madejo 50 metros de hilado de fibra de alpaca, calidad FS título 3/10 para cada muestra, en total se realizó 16 muestras para realizar el pretratamiento y posteriormente el proceso de teñido.



Figura 32. Madeja de hilado.

Fuente: Elaboración propia.

B. Pretratamiento

Este proceso se desarrolla principalmente para remover el excedente de grasa y parafina que contiene el hilado. Así, mismo mejorar la humectabilidad de la fibra y se tiene un sustrato limpio, en esta investigación se realizó un lavado previo con detergente y agua, a una relación de baño de 1/30, para el pretratamiento se utilizó humectante (invadina lun) en la proporción de 3.5 g/l a temperatura de 40° C por un tiempo de 15 minutos, con el fin de darle una mayor humectabilidad y se pueda trabajar de mejor manera en el proceso de teñido. El fin de un lavado y humectado de las fibras textiles es para obtener un teñido parejo sin veteaduras y manchas. A continuación, en la tabla 10 y 11 se muestran los cálculos correspondientes al pretratamiento.

Tabla 11*Cálculos para el pretratamiento de hilado para la primera réplica*

Espécimen	Metraje de hilado (m.)	Peso(g)	Volumen (ml.)	Cantidad de detergente (g/l.)
1	50	14.768	443.04	
2	50	14.584	437.52	
3	50	14.652	439.56	
4	50	14.628	438.84	
5	50	14.512	435.36	12.3
6	50	14.901	447.03	
7	50	14.796	443.88	
8	50	14.431	432.93	
TOTAL	400	117.272	3518.2	12.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12*Cálculos para el pretratamiento de hilado para la segunda réplica*

Espécimen	Metraje de hilado (m.)	Peso (g)	Volumen (ml)	Cantidad de detergente
1	50	14.697	440.91	
2	50	14.671	440.13	
3	50	14.871	446.13	
4	50	14.607	438.21	
5	50	14.768	443.04	12.3
6	50	14.735	442.05	
7	50	14.574	437.22	
8	50	14.695	440.85	
TOTAL	400	117.618	3528.54	12.3

Nota. Los cálculos se realizaron para una segunda repetición.**3.3.4. Proceso del teñido de hilado de fibra de alpaca**

Para este proceso se utilizó una máquina de teñido (Data color, USA), se agregaron el mordiente, los auxiliares textiles y el pigmento extraído de la inflorescencia de colli en los tubos de prueba, según lo especificado en la Tabla 13 y se enrazó a 120 ml, con el colorante. Luego se sumergió la madeja previamente pretratada, la relación del baño fue de

1/10, utilizando mordiente crémor de tártaro y productos auxiliares como igualante albegal SET, fijador albaflix ECO y antiqiebre albafluid CD. Posteriormente, se procederá la fase de fijación partiendo de una temperatura de 40 °C, donde el colorante debe de subir uniformemente sobre la fibra hasta la temperatura indicada para cada prueba.

El proceso de tintura empezará con la elevación de temperatura a 40 °C, a los primeros 5 minutos se adiciona los auxiliares, posterior a ello se lleva a elevar la temperatura y el tiempo según el diseño experimental, posterior a culminar la fijación de tiempo y temperatura se procede a enfriar el teñido, después se realiza en proceso de enjuagado a temperaturas bajas por un tiempo determinado con el fin de eliminar el colorante y los auxiliares utilizados que no lograron adherirse en la fibra de alpaca y finalmente se realiza el secado a temperatura ambiente para su posterior evaluación de solidez de color al lavado, frote y a la luz.

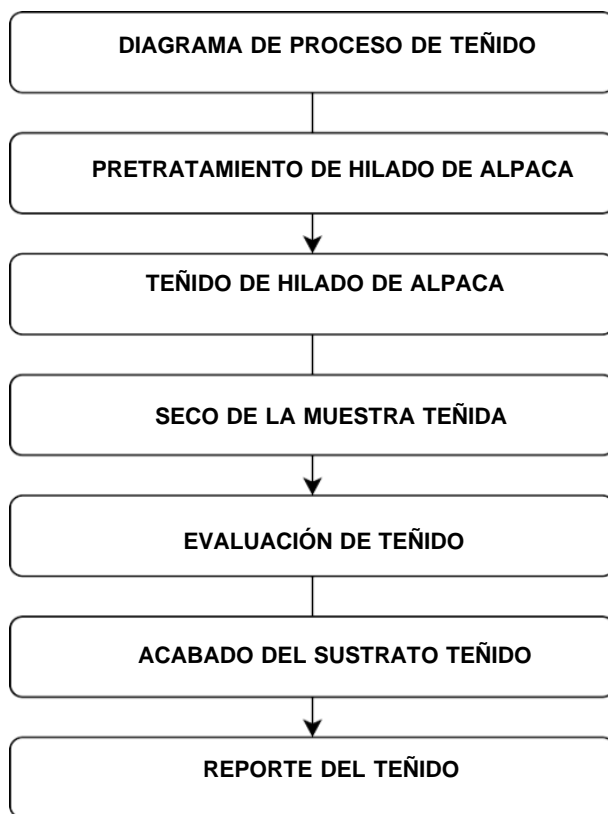


Figura 33. Diagrama de flujo del proceso de teñido.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Diagrama de bloques del planeamiento operacional

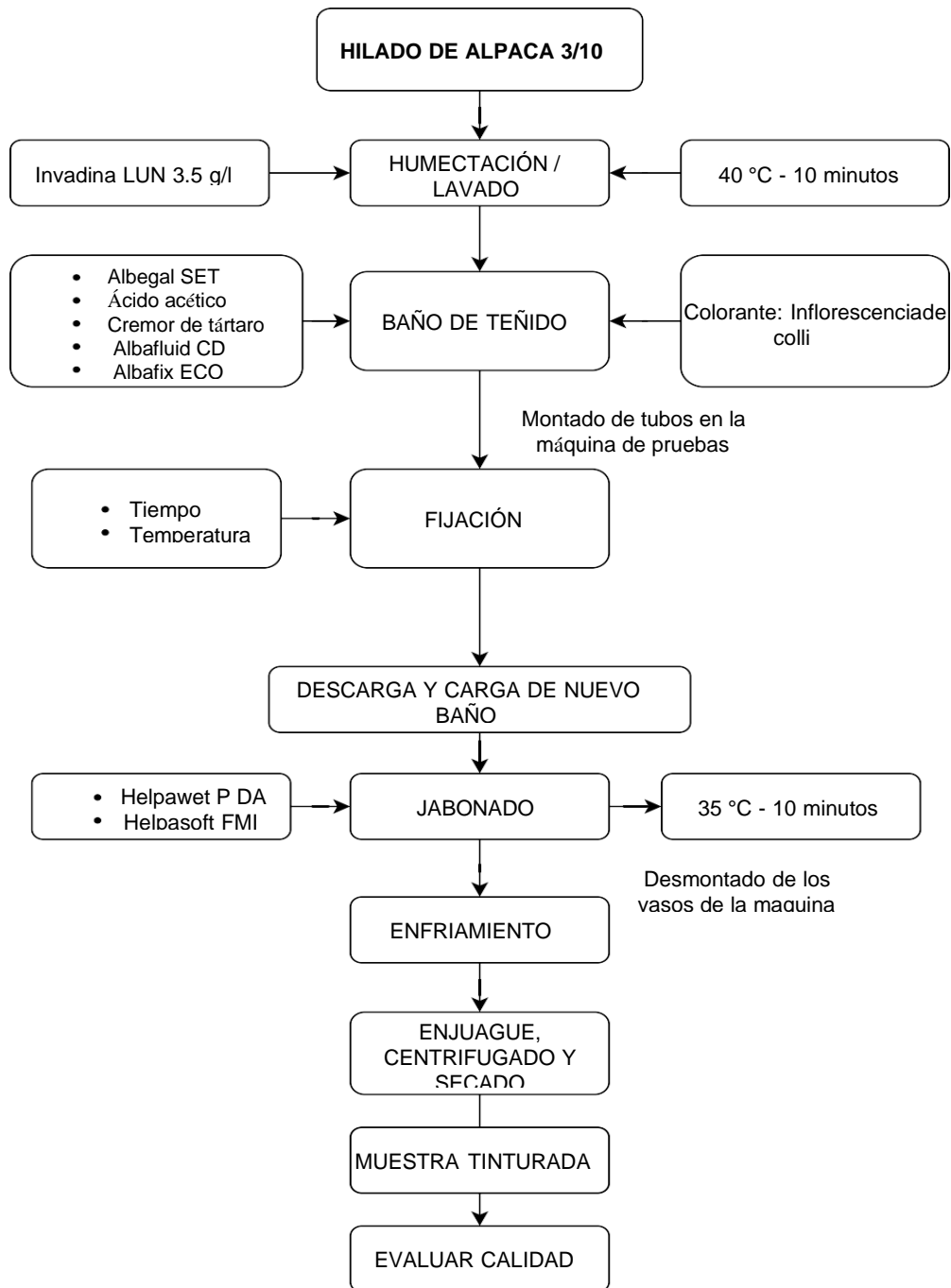


Figura 34. Diagrama de bloques operacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Parámetros establecidos para el teñido de hilado de alpaca con colorante inflorescencia de colli

Espécimen	Metraje de hilado (Metros)	Peso (g)	Solución tintórea inflorescencia colli (ml)	Concentración de mordiente (g/l)	Cantidad de mordiente (g)	Igualante (0.3 g/l)	Antiquiebre (2 g/l)	Fijador 1.5 g/l
1	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
2	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
3	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
4	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
5	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
6	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
7	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
8	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
9	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
10	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
11	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
12	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
13	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
14	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45
15	50	14.70	147	3,5 g/l	0,51	0.1	0.6	0.45
16	50	14.70	147	7,5 g/l	1,1	0.1	0.6	0.45

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6. Variables controlables

Los parámetros que se consideraron fueron en base de la información obtenida de las fuentes primarias y secundarias; en la investigación desarrollada por Tito, et al. (2019), tomaron en consideración el tiempo de tintura (40 y 60 min), concentración de mordiente (10 y 30 g/l) y proporción planta (100 y 200); mientras tanto Sánchez M. (2020) en su investigación indica que las variables a tomar en consideración al momento de realizar un proceso de tintura son: la cantidad del vegetal respecto a la fibra (300 y 400 %), mordiente (0.2 g), pH (7 y 9) y la cantidad de la fibra. Así mismo, Illa & Tairo (2015) menciona en su investigación que tuvo como variables controlables, la relación de baño (1/ 25, 1/37.5. 1/50), temperatura de tintura (88, 93 y 98 °C) y tiempo de teñido (30, 45, 65 min). A partir de un análisis crítico de los resultados obtenidos por los investigadores, para el presente estudio se consideró las siguientes variables controlables:

- **Concentración de mordiente:** El mordentado es muy importante en el proceso de teñido, porque este factor depende la fijación en el sustrato de fibra de alpaca. Se trabajó con dos concentraciones de mordiente en dos cantidades (3,5 g/l y 7,5 g/l).
- **Tiempo de teñido:** El tiempo de teñido se basa en el agotamiento del pigmento sobre toda la superficie de la fibra, hasta que esté completamente impregnada por completo. Se utilizaron dos tiempos (75 y 115 minutos) para este diseño experimental.
- **Temperatura de teñido:** Se trabajó con dos temperaturas del proceso de teñido de (75 °C y 90 °C), para ver los efectos en la fijación del tinte en la estructura de la fibra.

Tabla 14*Variables controlables en el proceso de teñido*

Nro.	REPLICA N° 1			REPLICA N° 2		
	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura
1	3,5 g/l	75 min.	75°C	3,5 g/l	75 min.	75°C
2	7,5 g/l	75 min.	75°C	7,5 g/l	75 min.	75°C
3	3,5 g/l	110 min.	75°C	3,5 g/l	110 min.	75°C
4	7,5 g/l	110 min.	75°C	7,5 g/l	110 min.	75°C
5	3,5 g/l	75 min.	90°C	3,5 g/l	75 min.	90°C
6	7,5 g/l	75 min.	90°C	7,5 g/l	75 min.	90°C
7	3,5 g/l	110 min.	90°C	3,5 g/l	110 min.	90°C
8	7,5 g/l	110 min.	90°C	7,5 g/l	110 min.	90°C

Nota. En la tabla se muestran las variables controlables con sus niveles.

3.3.7. Variables de respuesta

Lockuán (2012), indica que la solidez de color se define como, la capacidad del material para no cambiar ninguna de sus propiedades de color y transferir su color a materiales adyacentes, o ambos, como resultado que el material esté expuesto a cualquier entorno que puede estar presente durante su procesamiento y usos. Existen más de 30 métodos de prueba para evaluar las propiedades de solidez del color. El producto que se confecciona determinara qué tipo de solidez es importante, por lo tanto, el método de prueba que es relevante; por ejemplo, las telas para cortinas deben tener una buena solidez de color al color, las telas de tapicería deben ser excelentes propiedades de resistencia a la luz y polvo, mientras, que la solidez al lavado es importante para las telas destinadas para la confección de prendas. El producto textil debe conocer cuál es el uso final del hilado para producir un producto de una calidad aceptable.

3.3.8. Evaluación de la solidez al lavado

Las pruebas de solidez de color al lavado se desarrollan en una máquina landerometro, con los parámetros establecidos en la Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 61 Colorfastness

to Laundering y Normas Técnica Peruana NTP 231.181:1986 (revisada el 2020). Método para determinar la solidez de color al lavado a mano con jabón en los tejidos artesanales.

A. Principios de método

El sustrato teñido, al entrar en contacto con uno o más tejidos adyacentes, se lava, se enjuaga y se seca. Las muestras se lavan en condiciones adecuadas de temperatura, alcalinidad, decoloración y acción abrasión para obtener los resultados en poco tiempo. La acción abrasiva se logra utilizando una relación de baño mínima y un número adecuado de billas de acero. El cambio de color de las muestras y el color de los tejidos testigos se evaluaron mediante comparación con la escala de grises.

B. Preparación de espécimen

Los tamaños de las muestras varían según el tipo de prueba:

- 50 x 150 mm para ensayos 2A, 3A, 4A y 5^a
- 50 x 100 mm para ensayo 1A

Para determinar la transferencia de color en la prueba 1A y 2^a, se utiliza una tela multifibra. Mientras que para el ensayo 3A se puede emplear un tejido de algodón blanqueado (el uso de la tela multifibra es opcional) y para los ensayos 4A y 5A la transferencia de color no está definida.

El tejido de multifibra es estándar para evaluar la pérdida de color de materiales textiles, presenta zonas de urdiembre diferenciadas por su composición, el tejido multifibra más empleado es de tipo 10, que consta de 6 fibras: Acetato, Algodón, Poliamida, Poliéster, acrílico y lana.

C. Procedimiento

Las muestras son colocadas dentro de unos tubos de acero, con las condiciones de nivel de baño, número de billas y detergente; de acuerdo al tipo de ensayo realizado, en cada tubo de ensayo debe de ir una sola muestra para ser evaluada.

Estos tubos están montados en un equipo llamado lauderometro, que gira a 40 ± 2 revoluciones por minuto durante 45 minutos y las condiciones de cada prueba varían según la tabla 15.

Tabla 15

Parámetros para evaluar la solidez de color al lavado

Test Nro.	Temperatura	Volumen de baño total (ml)	% de detergente de baño total	% Cloro de volumen total	N° de billas	Tiempo (min)
1 ^a	40 °C ($\pm 2^\circ$)	200	0.37	No	10	45
2 ^a	49	150	0.15	No	50	45
3 ^a	71	50	0.15	No	100	45
4 ^a	71	50	0.15	0.015	100	45
5 ^a	49	150	0.15	0.027	50	45

Fuente: La industria textil y sus controles de calidad, Lockuán Lavado, Fidel, 2012.

En este paso para la presente investigación trabajamos con el Test 1A de solidez de color al lavado, la cual se acoge nuestras muestras teñidas. Se trabajó con un volumen de baño para prueba de 200 ml de agua, el porcentaje de detergente del volumen de baño es 0.37%, la cantidad de billas que se utilizó es 10, a una temperatura de 40 °C y por 45 minutos.

Luego se procedió a realizar tres veces el enjuague de las muestras con agua desionizada a 40 ± 3 °C y se procede a su secado con una temperatura que no exceda los 71 °C.

Después se deja reposar las muestras por una hora a condiciones normales (21 ± 1 °C; $65 \pm 2\%$ HR) antes de su evaluación.

D. Evaluación

Se determina:

- El cambio de color de la muestra original, con la escala de grises para el cambio de color.
- El grado de manchado de la multifibra con la escala de grises para la transferencia de color.

E. Interpretación de resultados

- Prueba 1A. Sirve para evaluar la solidez de color que se espera obtener luego de cinco lavados cuidadosos realizados a mano, con una temperatura de 40 ± 3 °C.
- Prueba 2A. Sirve para evaluar la solidez de color que se espera obtener luego de cinco lavados realizados a máquina, con una temperatura de 38 ± 3 °C.
- Prueba 3A. Sirve para evaluar la solidez de color que se espera obtener luego de cinco lavados cuidadosos realizados a máquina, con una temperatura de 60 ± 3 °C.
- Prueba 4A. Sirve para evaluar la solidez de color que se espera obtener luego de cinco lavados cuidadosos realizados a máquina, con una temperatura de 63 ± 3 °C, con 3.74 g/l de cloro al 5%, por 3,6 kg de carga.
- Prueba 5A. Sirve para evaluar la solidez de color que se espera obtener luego de cinco lavados cuidadosos realizados a máquina, con una temperatura de 49 ± 3 °C, con $200 \pm$ ppm de cloro.

3.3.9. Evaluación de la solidez de color al frote

La evaluación de la resistencia al frote se utiliza para determinar la cantidad de color que se transfiere de la superficie de los textiles de color a otras superficies mediante frotamiento, esta prueba está basada en la Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method y Normas Técnica Peruana NTP 231.042:2009 (revisada el 2019). Ensayo de solidez del color al frote.

A. Procedimiento

Se emplean dos especímenes: uno para el ensayo en seco y el otro para ensayo en húmedo.

- La tela testigo debe de ser cuadrados de 50 ± 2 mm de lado, compuesta de hilo 100% algodón peinado 40/1, con una densidad de 32 ± 3 hilos/cm y 33 ± 2 pas/cm; $100\text{g}/\text{m}^2$, ligamento tafetán, desengomadas y blanqueadas

químicamente, sin óptico, con un grado de blancura de 80 ± 2 según el procedimiento AATCC 110.

- Se cortan los especímenes al menos de 50 x 130 mm, de preferencia con el lado más largo en sentido oblicuo a la urdimbre y trama, o columnas y cursas. Si se trata de hilos, se debe tejer una muestra de al menos 50 x 130 mm, o enrollado de forma muy apretada en un área mínima de 50 x 130 mm, con el hilo estirado en la dirección más larga.
- Se acondiciona la muestra en condiciones normales (21 ± 1 °C; $65 \pm 2\%$) durante 4 horas como mínimo.

B. Ensayo en seco

Las muestras son colocadas en el equipo, luego se coloca la tela testigo en el dedo del equipo, se baja este y se realiza 10 ciclos de fricción, a razón de una revolución por segundo. El ciclo de fricción representa el movimiento hacia adelante y hacia atrás del dedo que está cubierto por el testigo contra la muestra coloreada.

C. Evaluación

Se evalúa el grado de manchado del testigo con la escala de grises para transferencia de color o con la escala de transferencia cromática AATCC de 9 pasos.

3.3.1. Evaluación de la solidez de color a la luz

La evaluación de la solidez de color a la luz, se utiliza para determinar la capacidad de un material al cambio de las propiedades de color como resultado de la exposición a la luz artificial o solar, esta prueba está basada en la Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light y Normas Técnica Peruana NTP 231.193:1986 (revisada el 2020). Método para determinar la solidez de color a la luz solar en tejidos artesanales.

La elección de las pruebas detalladas, se aplican a todo tipo de sustratos textiles, tintes, acabados y tratamientos aplicados a los textiles.

Las opciones que incluyen esta prueba son:

- Lámpara de arco (xenón), luz continua, opción negro estándar.
- Lámpara de arco (xenón), luz continua, opción panel negro.
- Luz del día a través de una ventana de vidrio.
- Lámpara cerrada de arco (carbono), luz y oscuridad alternadas.
- Lámpara cerrada de arco (carbono), luz continua.
- Lámpara de arco (xenón), luz y oscuridad alternadas.

El fundamento de esta prueba es colocar una muestra de tejido junto al material de referencia y así mismo exponer muestra de tejido a una fuente de luz en determinadas condiciones.

La solidez de color a la luz de la muestra se evalúa comparando el cambio de color de la parte expuesta con la parte que no fue expuesta o con el material no expuesto original, utilizando una escala de grises de cambio de color, o mediante colorimetría de instrumentos. Para la presente investigación se trabajó con el método de exposición a la luz solar para tejidos artesanales.

A. Principio de método

Las muestras de tejido artesanal se exponen al sol durante 12 horas en 3 días, alrededor de 4 horas diarias en determinadas condiciones, evitando exponerse a la lluvia. La estabilidad del color se evalúa comparando el cambio de color de la muestra ensayada con la escala gris para evaluar los cambios de color.

B. Preparación de la muestra

Se utiliza una muestra de tejido artesanal de 4 cm x 10 cm. También puede ser hilo enrollado cubriendo totalmente una tarjeta de cartón con las mismas dimensiones.

C. Procedimiento

- Se fija la muestra sobre la superficie plana.
- Durante los tres días de exposición y en cada una de ellas, se seguirán los siguientes pasos: con las tapas de cartón se cubre la mitad de la muestra, exponiéndose a la luz, durante 4 horas de sol más intenso. Las sombras de los objetos cercanos no deben caer sobre las muestras expuestas y se debe evitar la presencia de gases u otros elementos que puedan alterar el resultado.

D. Expresión de resultados

El grado de cambio de color se determina por comparación con la escala de grises para valorar cambios de color, de acuerdo con lo indicado en la Norma Técnica Peruana NTP 231.005.

3.3.2. Escala de grises para el cambio de color

La evaluación del cambio de color, sirve para determinar el cambio de color, tonalidad, luminosidad o cromaticidad del color o cualquier combinación de estos, perceptible al comparar a muestra de prueba con una correspondiente muestra no ensayada, esta prueba está basada en la Norma Técnica Peruana 231.005:2014 (revisada el 2019). Escala de grises para el cambio de color.

Las escalas de grises son láminas de cartón que se utilizan para determinar la solidez de color de textiles. Las calificaciones de la solidez se determinan en estos grados, son 9 en total: 1, 1-2, 2,2-3, 3, 3-4, 4, 4-5 y 5; donde el nivel 1 representa baja resistencia y el nivel 5 representa alta resistencia. Se maneja dos tipos de escala.

A. Principio

El resultado de una prueba de solidez del color se evalúa comparando visualmente la diferencia de color, o bien el contraste entre las muestras no tratadas y tratadas, con las diferencias representadas por la escala. El grado de solidez es igual a la clase de la escala que se estima que tiene la misma diferencia de color o contraste.

B. Descripción de la escala

Las clases o grados de solidez de color de 4-5 a 1 inclusive, están representadas por las fichas de referencia como aquella usada en la posición 5 acompañadas de fichas de color gris neutro más clara, de dimensiones y brillo similares. Las diferencias visuales en todos los grados 4,3,2 y 1 de solidez del color, están en proporción geométrica de diferencia de color, o contraste. Las diferencias en las clases o grados de solidez del color en los puntos medios (4-5, 3-4, 2-3 y 1-2) son intermedios entre los grados completos.

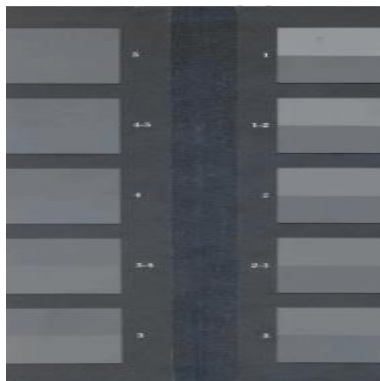


Figura 35. Escala de grises al cambio de color

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

C. Uso de la escala

Se coloca un pedazo de muestra original y su correspondiente muestra de prueba ensayada una al lado de la otra en el mismo plano y orientado en la misma dirección. Tener especial cuidado de crear una unión exacta entre las dos piezas. Se coloca la escala de grises a lo largo de los bordes de la muestra ensayada y la muestra original con las uniones del tejido y el par de la escala de grises alineados. Colocar la máscara gris (Valor triestímulo Y de 53 ± 1) suministrada con la escala, sobre la muestra para eliminar cualquier influencia del área circundante. Colocar debajo de los especímenes, tanto del original como del ensayado, un material blanco con un valor triestímulo Y de al menos 85. Si los especímenes están montados permanentemente sobre una tarjeta, esta debe tener un valor triestímulo Y de al menos 85. Cualquier forma de fijación (grapasa, entre otros.) no se debe encontrar dentro del área de observación.

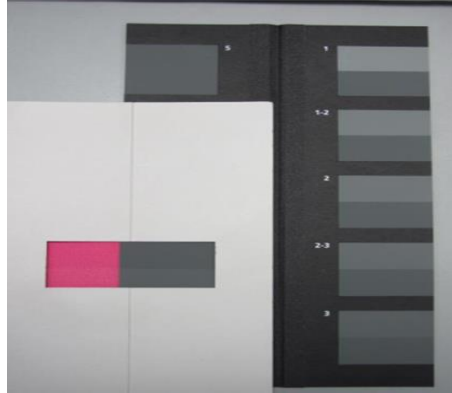


Figura 36. Ilustración de cómo se utiliza la escala de grises

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

Compare la diferencia visual percibida entre la muestra original y la ensayada con las diferencias percibidas representadas por la escala de grises. El grado de solidez del color es aquel número del par de la escala de grises cuyo contraste corresponde al contraste entre la muestra original y la ensayada. Solo se otorgará una calificación de 5 si no hay diferencia de color o contraste entre la muestra original y la muestra probada. La condición física y la limpieza de la escala de grises son extremadamente importantes en la obtención de resultados consistentes.

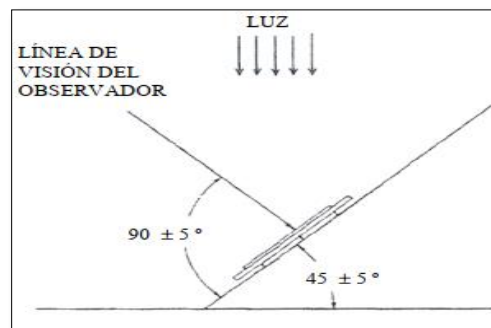


Figura 37. Ángulo de iluminación y observación para evaluar muestras.

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

3.3.1. Escala de grises para la transferencia de color

La evaluación de la transferencia de color, se utiliza para la evaluación de la transferencia del color de un material teñido hacia un tejido testigo blanco, después de someterse a procesos de (frotamiento, lavado, sudoración y exposición a la luz), cada nivel

consta de dos zonas definidas, la izquierda representa (en blanco) el color original del testigo y la derecha representa (en gris neutro) el color adquirido por el testigo luego del proceso, esta prueba se basa en las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 231.004:2014 (revisada el 2019). Escala de grises para perdida de color.

A. Principio

El resultado de la transferencia de color (manchado) en una prueba de solidez se evalúa comparando visualmente la diferencia de color, o de contraste entre los testigos manchados y no manchados, con las diferencias representadas por la escala. El grado de solidez es igual a la clase de la Escala de grises que se estima que tiene la misma diferencia de color o contraste.

B. Descripción de la escala

Las clases o grados de transferencia de color (manchado) de color de 4 -5 a 1 inclusive, están representadas por una ficha blanca referencial idéntica, como aquella usada en la posición 5 acompañadas de fichas de color gris neutro más oscuros, de dimensiones y brillo similares. Las diferencias visuales en todos los pares- clases o grados 4,3,2 y 1 de solidez del color- están en proporción geométrica de diferencia de color. Las diferencias en las clases o grados de transferencia de color en los puntos medios (4-5, 3-4, 2-3 y 1-2) son intermedios entre los grados completos.

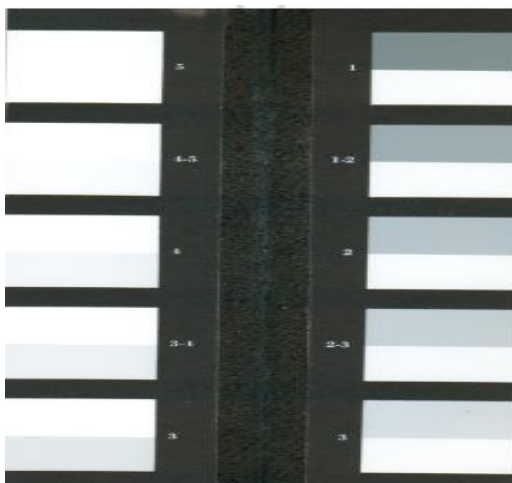


Figura 38. Escala de grises para la transferencia de color.

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

C. Uso de la escala

Junto con la escala se proporciona una mascarilla con tres orificios rectangulares. Uno está rotulado para evaluar multifibras manchadas, el segundo para transferencia de color en pruebas de frote y el tercero para evaluar la transferencia de color manchado general. La limpieza y las condiciones físicas de la escala de grises son extremadamente importantes en la obtención de resultados consistentes.

La forma en que se usará la escala y la máscara dependerá de la naturaleza de los materiales teñidos. En las siguientes secciones se abordará la creación de una unión, cuando sea necesario, entre los materiales manchados y no manchados.

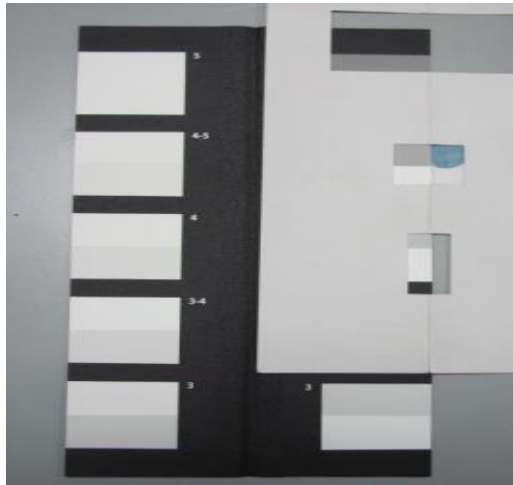


Figura 39. Ilustración de uso de la escala de grises de transferencia.

Fuente: Instituto Nacional de la Calidad.

3.4. Metodología

3.4.1. Lugar

La investigación se desarrolló en el laboratorio de procesos textiles de la Escuela de Ingeniería Textil de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.4.2. Ubicación política

- **Lugar:** Jr. Manco Inca S/N – Universidad Nacional de Juliaca.
- **Distrito:** Juliaca.
- **Provincia:** San Román.

- **Región:** Puno

3.4.3. Ubicación geográfica

- **Latitud sur:** 15° 29' 36 '' S.
- **Latitud oeste:** 70° 8' 8 '' O.
- **Altitud:** 3824 m.s.n.m.

3.4.4. Tipo de investigación

Según Gutiérrez y De la Vara (2012), en el campo de la industria es frecuente realizar experimentos o pruebas con la intención de resolver un problema o aprobar una idea, es común que las pruebas se hagan sobre la marcha, con base en el ensayo y error, apelando a la experiencia y a la intuición, en lugar de seguir un plan experimental adecuado que garantice una buena respuesta a las interrogantes planteadas. El diseño estadístico de experimentos en la investigación es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas, la cual es válida en el campo de la investigación científica y aplicada, el objetivo es generar nuevas ideas y mejores respuestas a las interrogantes del investigador sobre el objeto de estudio. El tipo de investigación es experimental porque tiene el fin de manipular una o más variables independientes para estudiar sus efectos en la variable de respuesta.

3.4.5. Nivel de investigación

Según Arias (2017), la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa – efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de la causa (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. Para la presente investigación se consideró al nivel explicativo, cuya finalidad es explicar por qué y en qué condiciones se da un fenómeno o porque se relacionan dos o más variables de estudio.

3.4.6. Diseño experimental

Según Montgomery (2004), los diseños factoriales se usan ampliamente en experimentos que influyen varios factores cuando es necesario estudiar el efecto del conjunto de los factores sobre una respuesta, el diseño 2^k es utilizado en la etapa inicial de una investigación, muchas veces porque se tiene muchos factores de estudio. Para el presente estudio se asume el diseño experimental factorial 2^k ($k=3$), con puntos centrales el cual permite investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + (\epsilon)_{ijkl}$$

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

Donde se considera 3 factores de estudio con dos niveles, obteniéndose así (08) ocho tratamientos con dos réplicas, esto quiere decir un diseño con tres variables controlables (Concentración de mordiente, Tiempo y Temperatura) del proceso de teñido de fibra de alpaca con colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja Coriacea*), sobre la variable de respuesta solidez de color al lavado, frote al seco y a la luz solar.

Tabla 16

Modelo estadístico del diseño experimental 2k3

N°	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio
A	SC_A	$a - 1$	$CM_A = SC_A / a - 1$
B	SC_B	$b - 1$	$CM_B = SC_B / b - 1$
C	SC_C	$c - 1$	$CM_C = SC_C / c - 1$
AB	SC_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB} = SC_{AB} / (a - 1)(b - 1)$
AC	SC_{AC}	$(a - 1)(c - 1)$	$CM_{AC} = SC_{AC} / (a - 1)(c - 1)$
BC	SC_{BC}	$(b - 1)(c - 1)$	$CM_{BC} = SC_{BC} / (b - 1)(c - 1)$
ABC	SC_{ABC}	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	$CM_{ABC} = SC_{ABC} / (a - 1)(b - 1)(c - 1)$
Error	SC_E	$abc(n - 1)$	
Total	SC_T	$(abcn - 1)$	$CM_E = SC_E / abc(n - 1)$

Nota. En la tabla se muestra el modelo estadístico del diseño experimental. Tomado de (Montgomery, 2004).

Tabla 17*Descripción del diseño experimental*

Nro.	Combinación de tratamiento	Factores		
		A: Concentración de mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura
1	(1)	-	-	-
2	<i>a</i>	+	-	-
3	<i>b</i>	-	+	-
4	<i>ab</i>	+	+	-
5	<i>c</i>	-	-	+
6	<i>ac</i>	+	-	+
7	<i>bc</i>	-	+	+
8	<i>abc</i>	+	+	+

Nota. Los tres factores son: concentración de mordiente, tiempo y la temperatura de tintura.

3.4.7. Formación de experimentos

Dado el diseño experimental $2^k(k=3)$, la formación de experimentos y los resultados se darán de la siguiente manera:

Tabla 18*Matriz del diseño experimental*

Número de Tratamiento	Combinación de Tratamientos	Factores			Resultados					
		A	B	C	Replica N° 1			Replica N° 2		
					Sol. L.	Sol. F.	Sol. Z.	Sol. L.	Sol. F.	Sol. Z.
1	(1)	-	-	-						
2	<i>a</i>	+	-	-						
3	<i>b</i>	-	+	-						
4	<i>ab</i>	+	+	-						
5	<i>c</i>	-	-	+						
6	<i>ac</i>	+	-	+						
7	<i>bc</i>	-	+	+						
8	<i>acb</i>	+	+	+						

Nota. En el cuadro se muestra la matriz de experimentación con la interacción de los factores y sus resultados. Tomado de Montgomery (2004).

Hay siete grados de libertad entre las ocho combinaciones del tratamiento del diseño $2k^3$, tres grados de libertad se asocian con los efectos principales de A, B y C. Cuatro grados de libertad se asocian con las interacciones, uno con cada uno de las interacciones AB, AC y BC y uno con la interacción ABC.

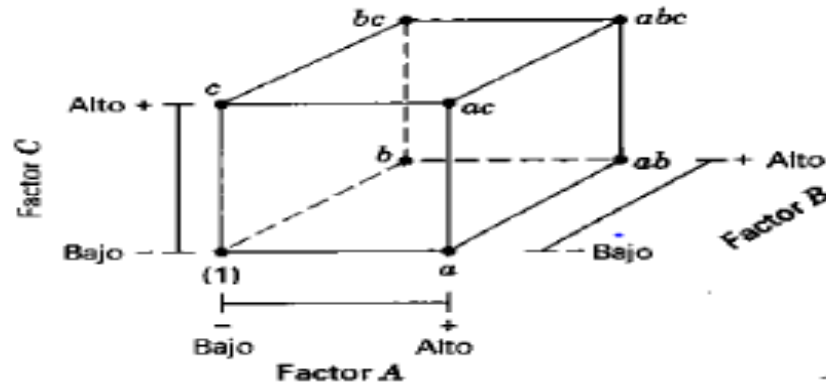


Figura 40. Vista geométrica del diseño factorial $2k^3$

Nota. Vista geométrica del diseño factorial con tres factores. Tomada de Montgomery (2004).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población se define como todos los elementos que pertenecen a un contexto espacial donde se lleva a cabo la investigación (Arias, 2017). Para la presente investigación, la población de estudio está considerada por los hilos de alpaca y el colorante natural extraído de la inflorescencia de colli (*buddleja Coriacea*) para los procesos de tintura, con la finalidad de obtener los hilados teñidos, donde se realizó las pruebas de solidez de color al lavado, a la luz y al frote, según el diseño experimental.

A. Hilado de alpaca: El hilado de alpaca fue adquirido de la empresa industrial Alproser de la ciudad de Arequipa, cuyas características son las siguientes:

- **Título de hilado:** 3/10.
- **Composición:** 100% alpaca.
- **Calidad:** Flecce.

- **Color:** Blanco.

Criterio de inclusión

- Color del material de hilado de fibra de alpaca.
- Título de hilado de fibra de alpaca.
- La finura del hilado de fibra de alpaca.

Criterios de exclusión

- No serán parte de experimento los hilados de color.
- Los hilados que no tengan la composición de 100% alpaca.
- Los hilos irregulares.

B. Colorante inflorescencia de colli: El colorante natural extraído de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*), deben de tener las siguientes características:

Criterios de selección

- La materia prima debe ser colectada de árboles de colli de 3.5 metros de altura de la villa chullunquiani, ubicado en Juliaca – Puno – Perú.
- Solo se debe seleccionar las flores con una coloración rojizas y amarillentas.

Criterios de exclusión

- Materia prima secas.
- No deben contener sustancias extrañas.
- Materia prima mezclada con otros componentes del árbol colli.

3.5.2. Muestra

Según Gutiérrez y De la Vara (2012) la muestra no probabilística consiste en que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación, en este caso el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar. Para la presente investigación la población

será igual a la muestra por ser un muestreo no probabilístico, según el diseño de experimentos, se tiene una cierta cantidad de experimentos, en este caso el diseño factorial $2^{k=3}$ requiere 16 madejas de hilado en total, para realizar las pruebas de teñido con colorante natural extraído de la inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) con su respectiva réplica, cuya selección está orientada por las características de la investigación. Por lo tanto, la muestra de estudio está conformada 16 madejas de hilado de alpaca y cada muestra está conformada de 50 metros de hilado o 14.7 gramos de peso; el procesamiento de los datos en el software Minitab fueron corridos de manera aleatoria.

3.5.3. Técnicas

La técnica que se usó en la presente investigación es la observación directa y fichas técnicas de laboratorio.

A. Análisis de laboratorio

Según Hernández et al., (2014), este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático válido, confiable de comportamiento y de situaciones observables por el investigador, porque la información está en circunstancias relativamente paramétricas. Es una poderosa técnica de investigación científica que se aplica para el caso de esta investigación, la cual nos permitirá recoger información del proceso de teñido de fibra de alpaca con colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) y los resultados de la solidez de color al lavado, luz y al frote.

3.5.4. Instrumentos

El instrumento que se utilizó en el desarrollo de experimentación de laboratorio fue la ficha técnica de registro de datos.

A. Ficha técnica de registro de datos

Arias (2017), indica que es un instrumento documental que describe las características principales, la composición y las aplicaciones de un producto, aportando información detallada sobre los aspectos del mismo, que permite recoger información y se organiza los procesos de teñido y resultados del análisis de laboratorio sobre la solidez de color; que nos mostraran los resultados en cuadros.

3.5.5. Procesamiento de los datos estadísticos post experimentación

A. Tratamiento de datos.

En el estudio experimental se tiene 3 factores cada uno con dos niveles, para obtener los resultados estadísticos se utilizó el software *Minitab 19* se realizó los tratamientos estadísticos del diseño experimental 2^k que es igual a 8 tratamientos con una repetición que se realizarán aleatoriamente, el cual estima el efecto de los tres factores categóricos y sus combinaciones según (Montgomery, 2004). Análisis del efecto medio y significancia de los factores del proceso y su análisis se realizará con ANOVA; y la contrastación de hipótesis se efectuó con la estadística de Anderson Darling.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Humedad y rendimiento de la inflorescencia de colli

La humedad de la muestra fresca y seca de la inflorescencia de colli utilizado para la extracción de pigmentos fue de 56.05 ± 0.15 y 6.56 ± 0.03 % respectivamente. El rendimiento del secado fue de $65.5\% \pm 0.5$ %, puesto que el peso final se vio disminuida en 34.5 ± 0.5 %, en referente al peso inicial.

4.1.2. Rendimiento del colorante natural extraído de la inflorescencia de colli

El rendimiento del colorante fue de 89.47 %, puesto que existe una disminución en 10.52% de la cantidad de solvente agua al inicio del proceso, que fue de 9.5 L y al obtener el pigmento natural se tuvo 8.5 L de colorante concentrado.

4.1.3. Caracterización del extracto obtenido de la inflorescencia de colli

En la tabla 19, se muestra los valores de color (expresados en L^* , a^* , b^*), pH, de los extractos de inflorescencia de colli. Se logró obtener una coloración más intensa y mayor del parámetro $+b^*$ (tonalidad amarilla), los valores de pH están dentro del rango de los ácidos. Según Shabbir et al. (2016) las condiciones de pH ácido son útiles para mejorar la eficacia de tintura de pigmentos de cualquier fuente natural porque facilita la penetración del pigmento en los teñidos de fibras textiles.

Tabla 19

*Resultados de color ($L^*a^*b^*$), pH de los extractos*

PRUEBA	MUESTRA	L^*	A^*	B^*	PH
1	inflorescencia de colli	63.75±5.82	17.64±0.00	71.61±0.04	6.73±0.01

Fuente: Elaboración propia

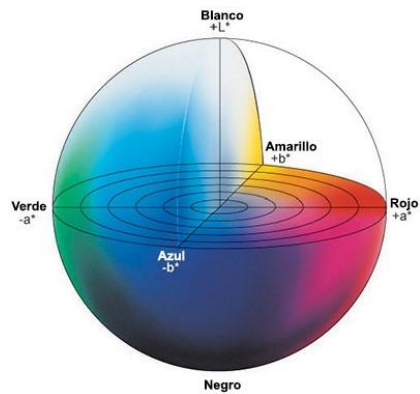


Figura 41. Espacio de Color CIE $L^ a^* y b^*$.*

El color se midió en un colorímetro (konika minolka) mediante el modelo cromático Cielab. Las lecturas del equipo fueron en transmitancia. En la Fig. 41 se observa que valores positivos de B^* y mayores valores de L^* y menores valores de A^* , indican color amarillo.

4.1.4. Evaluación de estabilidad del color del pigmento de la inflorescencia de colli

Los tratamientos T2 y T3 presentaron mayor variación del color (ΔE) durante el tiempo en estudio (Figura 42), superando el umbral de tolerancia mencionado en la Tabla 10, indicando un notorio cambio de color, que se refleja en las pendientes 0.8245 y 0.7728 unidades de ΔE /día respectivamente, mientras que el T1 presentó menor $\Delta E < 2$ indicando que mantiene una buena calidad durante el tiempo evaluado. Siendo importante mantener el pigmento extraído de la inflorescencia de colli a 5 ° C o menores temperaturas y en oscuridad para evitar grandes variaciones de color.

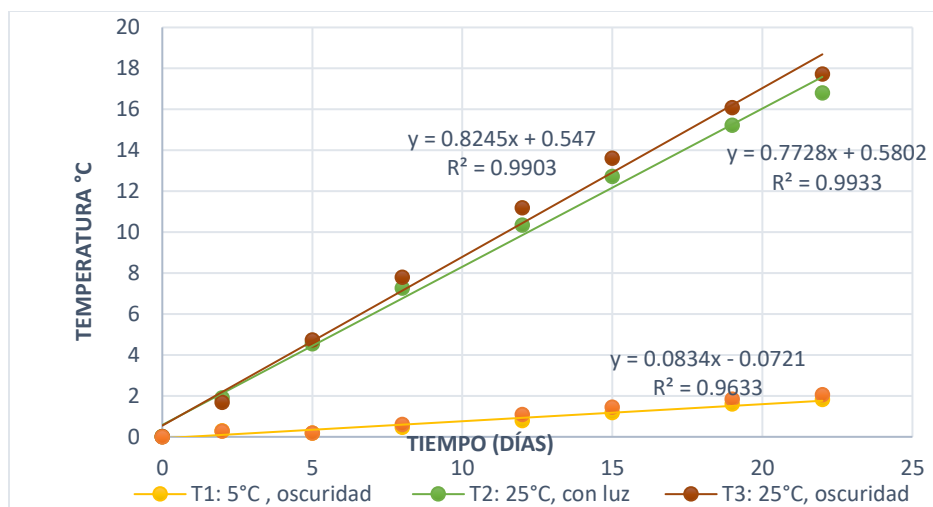


Figura 42. Gráfica de variación de color (ΔE)

4.1.5. Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*buddleja coriácea*) en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca.

Los resultados con respecto a los efectos del colorante inflorescencia de colli en la solidez de color del teñido de fibra de alpaca, se desarrolló sacando un promedio de las pruebas de solidez de color al lavado, a la luz y al frote.

Tabla 20

Resultado promedio de las solideces- Réplica Nro.1

Réplicas	Variables independientes			Resultados			Promedio
	Réplica Nro. 1	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	Solidez al frote	Solidez a la luz	
1	3,5	75	75	3	3	3.5	3
2	3,5	75	90	3	4	3.5	4
3	3,5	110	75	4.5	3.5	3	4
4	3,5	110	90	3.5	4	4	4
5	7,5	75	75	3.5	3	3.5	3
6	7,5	75	90	3.5	4	4	4
7	7,5	110	75	3.5	3	3	3
8	7,5	110	90	4	4.5	4.5	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.*Resultado promedio de las solideces- Réplica Nro.2*

Réplicas		Variables independientes			Resultados		
Réplica Nro. 2	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	Solidez al frote	Solidez a la luz	Solidez al lavado	Promedio
1	3,5	75	75	3	3	3.5	3
2	3,5	75	90	3	4	4	4
3	3,5	110	75	4	3	3.5	4
4	3,5	110	90	3	4.5	4	4
5	7,5	75	75	3	2.5	3	3
6	7,5	75	90	3.5	4.5	4	4
7	7,5	110	75	3.5	4	4	4
8	7,5	110	90	4	5	4.5	5

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Análisis de varianza para solidez de color en general**Tabla 22***Análisis de varianza para la solidez de color*

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.55382	0.36483	7.25	0.006
Lineal	3	2.22743	0.74248	14.75	0.001
Mordiente	1	0.14062	0.14062	2.79	0.133
Tiempo	1	0.62674	0.62674	12.45	0.008
Temperatura	1	1.46007	1.46007	29.00	0.001
Interacciones de 2 términos	3	0.31076	0.10359	2.06	0.184
Mordiente*Tiempo	1	0.01562	0.01562	0.31	0.593
Mordiente*Temperatura	1	0.29340	0.29340	5.83	0.042
Tiempo*Temperatura	1	0.00174	0.00174	0.03	0.857
Interacciones de 3 términos	1	0.01562	0.01562	0.31	0.593
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.31	0.593
Error	8	0.40278	0.05035		
Total	15	2.95660			

Fuente: Elaboración propia.

Decimos que el análisis de la varianza nos informa que el modelo es significativo con un p -valor = 0.006; es aplicable para los factores tiempo y temperatura; y las interacciones (mordiente y temperatura) por ser los únicos factores e interacciones significativas con un p -valor menor que 0.05, el factor mordiente y las otras interacciones

no son significantes para el proceso. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los factores.

Factor Mordiente (A): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, $Valor F= 2.73$ deja a su derecha un p -valor de 0.133 , mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos de la cantidad de mordiente y tiene un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor concentración de mordiente en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color no depende de la concentración de la concentración de mordiente.

Factor Tiempo (B): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, $Valor F= 12.45$ deja a su izquierda un p -valor de 0.008 , menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño si depende de los efectos del tiempo de teñido y tiene un efecto significativo, por lo tanto, el diseño es eficaz, la inclusión del factor tiempo de teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color si depende del tiempo del teñido.

Factor Temperatura (C): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, $Valor F= 29.00$ deja a su izquierda un p -valor de 0.001 , menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño si depende de los efectos de la temperatura de teñido y tiene un efecto significativo, por lo tanto, el diseño es eficaz, la inclusión del factor temperatura de teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color si depende altamente de la temperatura de teñido.

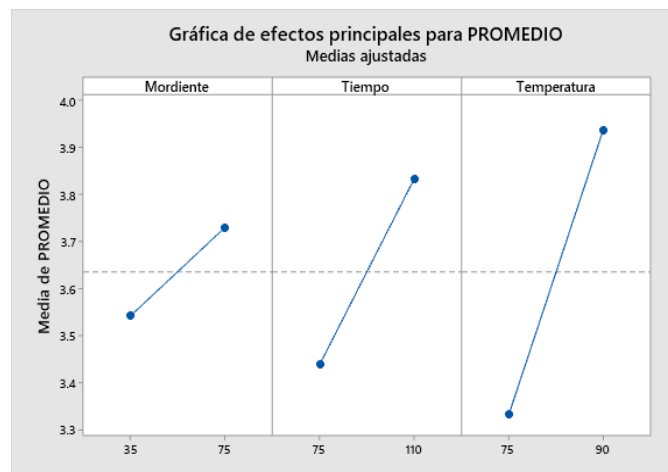


Figura 43. Gráfica de efectos principales para la solidez de color.

Interacción (AB): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y el tiempo de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 0.31*, *p-valor =0.593* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir, los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (AC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 5.83*, *p-valor =0.042* resulta significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio son dependientes el uno al otro.

Interacción (BC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 el tiempo y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 0.03*, *p valor= 0.857* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (ABC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de todas las interacciones de orden 3 de la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 0.31*, *p-valor = 0.593* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

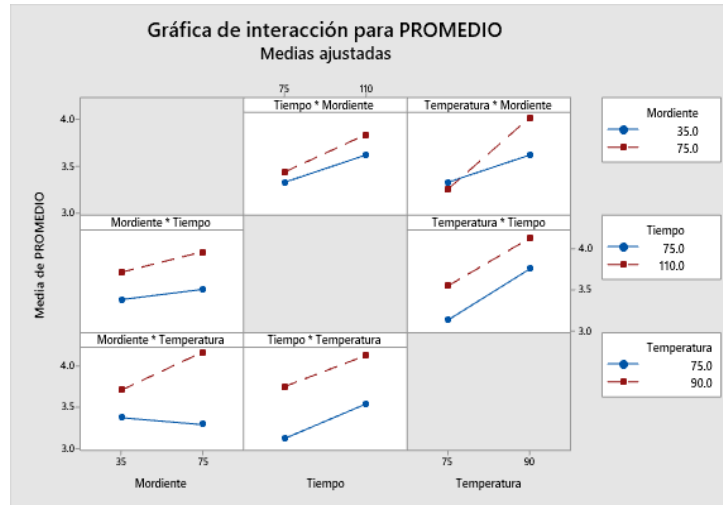


Figura 44. Gráfica de interacción para solidez de color.

4.1.7. Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color

Tabla 23

Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color

Fuente	Cuadrados medios.	Contribución porcentual
A: Mordiente	0.14062	4.75613881
B: Tiempo	0.62674	21.1979977
C: Temperatura	1.46007	49.3834134
AB: Mordiente*Tiempo	0.01562	0.52830954
AC: Mordiente*Temperatura	0.29340	9.92356085
BC: Tiempo *Temperatura	0.00174	0.05885138
ABC: Mordiente*Tiempo*Temperatura	0.01562	0.52830954
Error	0.40278	4.75613881
Total	2.95660	

Fuente: Elaboración propia.

Los efectos principales son C (Temperatura), B (Tiempo) y la interacción AC (mordiente temperatura) domina el proceso, explicando el 80.50 % de la variabilidad total.

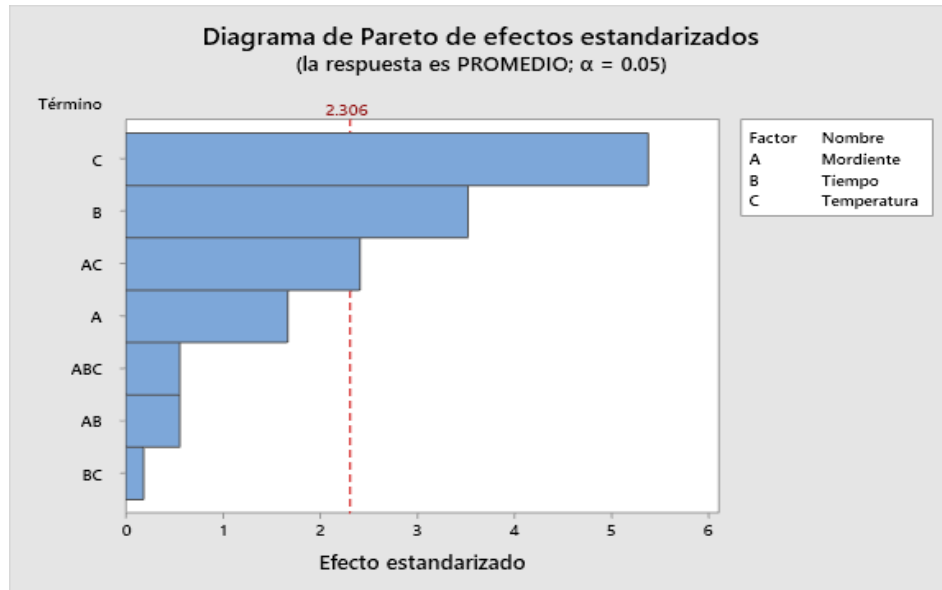


Figura 45. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color.

4.1.8. Prueba de normalidad de los datos de solidez de color

Nos planteamos los siguientes enunciados:

H_0 = Los datos proceden de una distribución normal

H_1 = Los datos no proceden de una distribución normal

Decimos si el $P_valor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, en cambio, si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

La prueba de normalidad de Anderson Darling para la solidez de color, nos indica un AD de 0.500 y un $p_valor = 0.178$, por lo cual, se acepta la hipótesis nula, y podemos afirmar que los datos de la solidez de color proceden de una distribución normal, todo lo afirmado se muestra en la Figura 46.

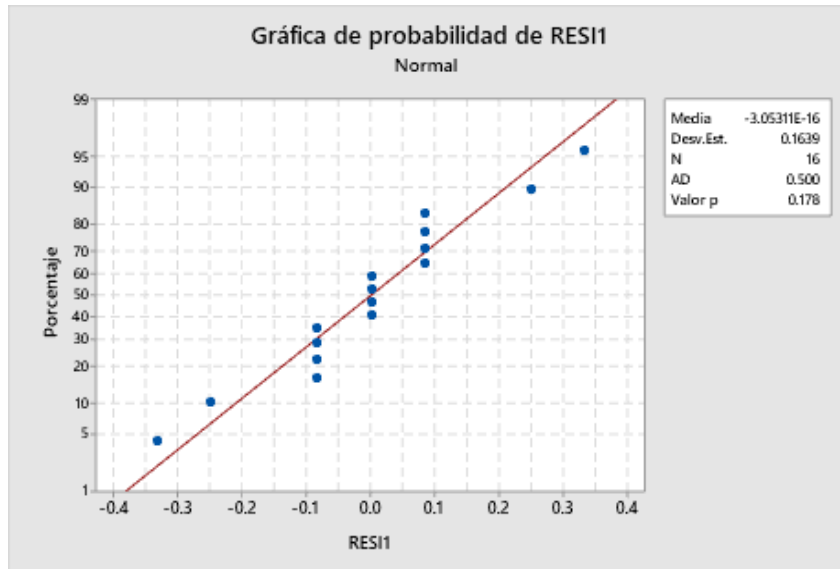


Figura 46. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez de color.

Nota. Los datos de la solidez de color tienen una distribución normal.

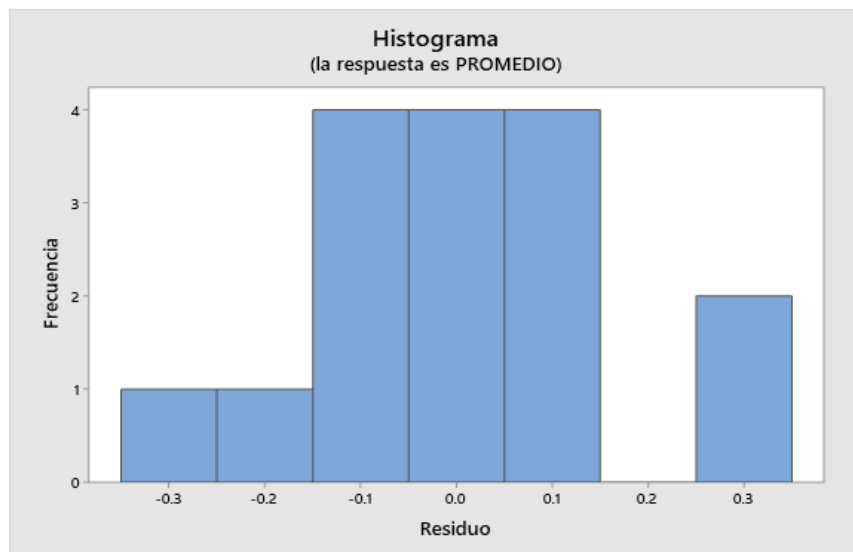


Figura 47. Histograma de la prueba de solidez de color.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.9. Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*buddleja coriácea*) en la solidez de color al lavado de teñido de fibras de alpaca

Realizados aleatoriamente los 8 tratamientos diseñados con dos repeticiones, la evaluación de la solidez de color al lavado se realizó según la NTP 231.181:1986. Método para determinar la solidez del color al lavado a mano con jabón en los tejidos artesanales, Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering y usando la escala de grises como indica la NTP 231.004:2014 (revisada el 2019), TEXTILES. Escala de grises para transferencia de color (manchado).

Tabla 24

Pruebas experimentales de solidez de color al lavado

Nº	Tratamiento	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	Repetición Nº1	Repetición Nº2
1	(1)	3,5 gr/l	75 min.	75°C	3.5	3.5
2	<i>a</i>	7,5 gr/l	75 min.	75°C	3.5	3
3	<i>b</i>	3,5 gr/l	110 min.	75°C	3	3.5
4	<i>ab</i>	7,5 gr/l	110 min.	75°C	3	4
5	<i>c</i>	3,5 gr/l	75 min.	90°C	3.5	4
6	<i>ac</i>	7,5 gr/l	75 min.	90°C	4	4
7	<i>bc</i>	3,5 gr/l	110 min.	90°C	4	4
8	<i>abc</i>	7,5 gr/l	110 min.	90°C	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de lavado se realizó bajo una máquina de movimiento mecánico llamada Launderometro, a continuación, se describen los parámetros de lavado.

Tabla 25

Parámetros de prueba de solidez al lavado

Parámetros	Valores
Temperatura	40 °C
Detergente gr/lit.	5
Volumen de solución ml	150 ml
Número de esferas de acero	50
Tiempo (Minutos)	30

Nota. Los parámetros son establecidos por Norma Técnica Peruana de solidez de color al lavado.

4.1.10. Análisis de varianza para la solidez de color al lavado

Tabla 26

Análisis de varianza para la solidez de color al lavado

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.60937	0.37277	3.41	0.054
Lineal	3	2.17187	0.72396	6.62	0.015
Mordiente	1	0.14062	0.14062	1.29	0.290
Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Temperatura	1	1.89062	1.89062	17.29	0.003
Interacciones de 2 términos	3	0.42188	0.14063	1.29	0.344
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Mordiente*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Tiempo*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Interacciones de 3 términos	1	0.01563	0.01563	0.14	0.715
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01563	0.01563	0.14	0.715
Error	8	0.87500	0.10938		
Total	15	3.48437			

Fuente: Elaboración propia.

Decimos que el análisis de la varianza nos informa que el modelo no es significativo con un *p-valor* de 0.054. Sin embargo, el factor de temperatura es el único factor significativo con un *p-valor* menor que 0.05. En cambio, los otros factores de tiempo, temperatura y las interacciones no son significativos para el proceso. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los factores.

Factor Mordiente (A): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, *Valor F*= 1.29 deja a su derecha un *p-valor* de 0.290, mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos de la cantidad de mordiente y tiene un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor concentración de mordiente en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color al lavado no depende de la concentración de la concentración de mordiente.

Factor Tiempo (B): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, *Valor F*= 1.29 deja a su derecha un *p-valor* de 0.290, mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos del tiempo de teñido, tiene

un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor tiempo de teñido en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color al lavado no depende del tiempo del teñido.

Factor Temperatura (C): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, *Valor F= 17.29* deja a su izquierda un *p-valor de 0.003*, menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño si depende de los efectos de la temperatura de teñido tiene un efecto significativo, por lo tanto, el diseño es eficaz, la inclusión del factor temperatura de teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color al lavado depende altamente de la temperatura de teñido.

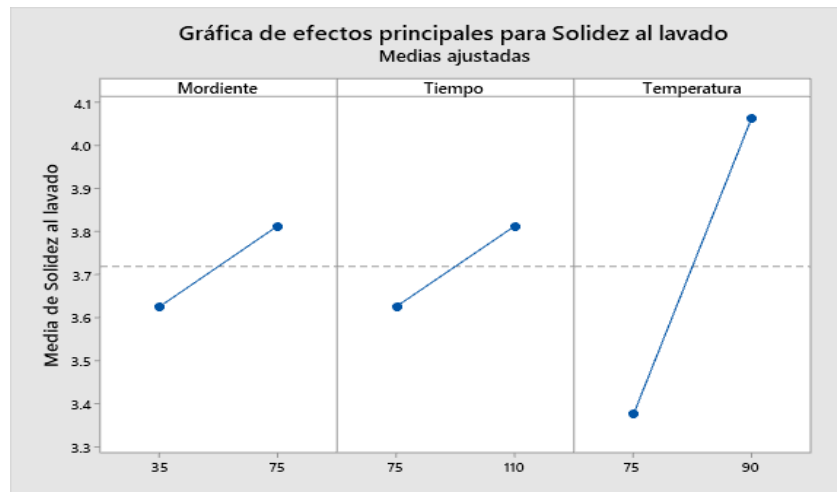


Figura 48. Gráfica de efectos principales para la solidez al lavado.

Interacción (AB): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y el tiempo de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 1.29*, *p-valor =0.290* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (AC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 1.29*, *p-valor =0.290* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe

interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (BC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 el tiempo y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 1.29, p valor= 0.290* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (ABC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de todas las interacciones de orden 3 de la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el *Valor F= 0.14, p-valor = 0.715* resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

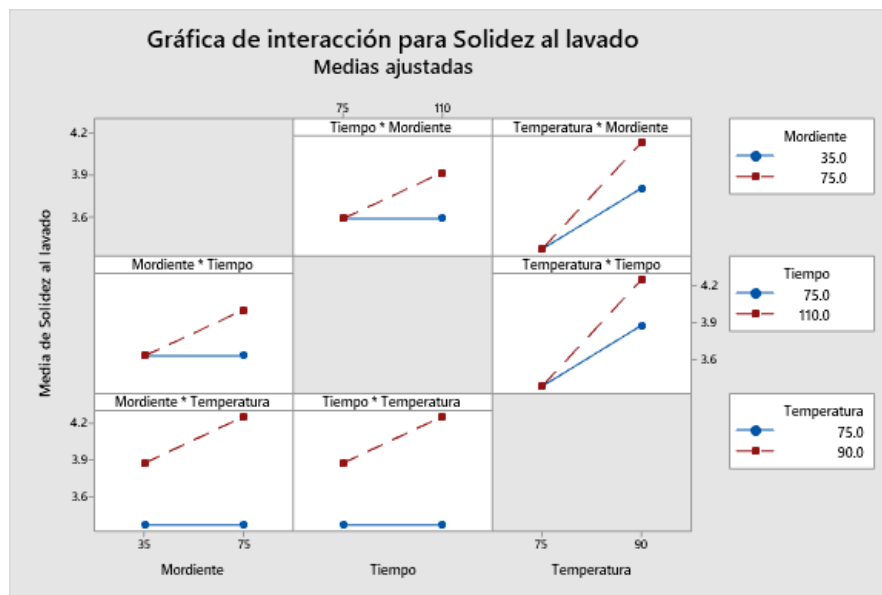


Figura 49. Gráfica de interacción para solidez de color al lavado

4.1.11. Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color al lavado.

Tabla 27

Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color al lavado

Fuente	Cuadrados medios.	Contribución porcentual
A: Mordiente	0.14062	5.17219
B: Tiempo	0.14063	5.17256
C: Temperatura	1.89062	69.53953
AB: Mordiente*Tiempo	0.14063	5.17256
AC: Mordiente*Temperatura	0.14063	5.17256
BC: Tiempo *Temperatura	0.14063	5.17256
ABC: Mordiente*Tiempo*Temperatura	0.01563	0.57489
Error	0.10938	4.02314
Total	2.71877	

Fuente: Elaboración propia.

El efecto principal C (Temperatura) domina el proceso, explicando el 69.54 % de la variabilidad total.

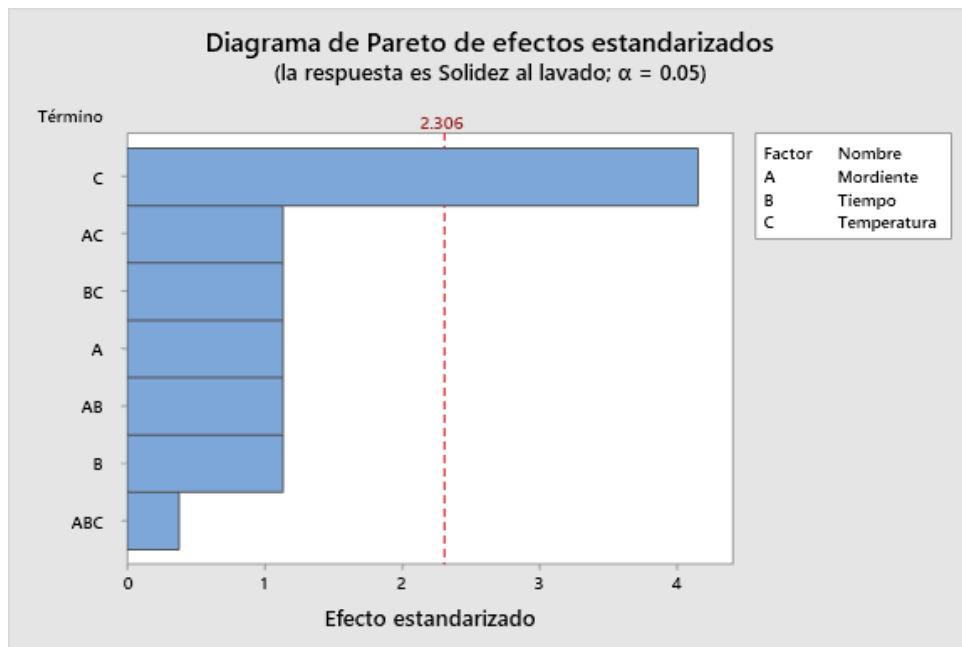


Figura 50. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color al lavado.

4.1.12. Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color al lavado

Nos planteamos los siguientes enunciados:

H_0 = Los datos proceden de una distribución normal.

H_1 = Los datos no proceden de una distribución normal.

Decimos si el $P_valor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, en cambio, si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

La prueba de normalidad de Anderson Darling para la solidez de color, nos indica un AD de 0.862 y un p-valor = 0.021, por lo cual, se acepta la hipótesis alterna, y podemos inferir que los datos de la solidez de color al lavado, no siguen una distribución normal, los datos se muestra en la Figura 51.

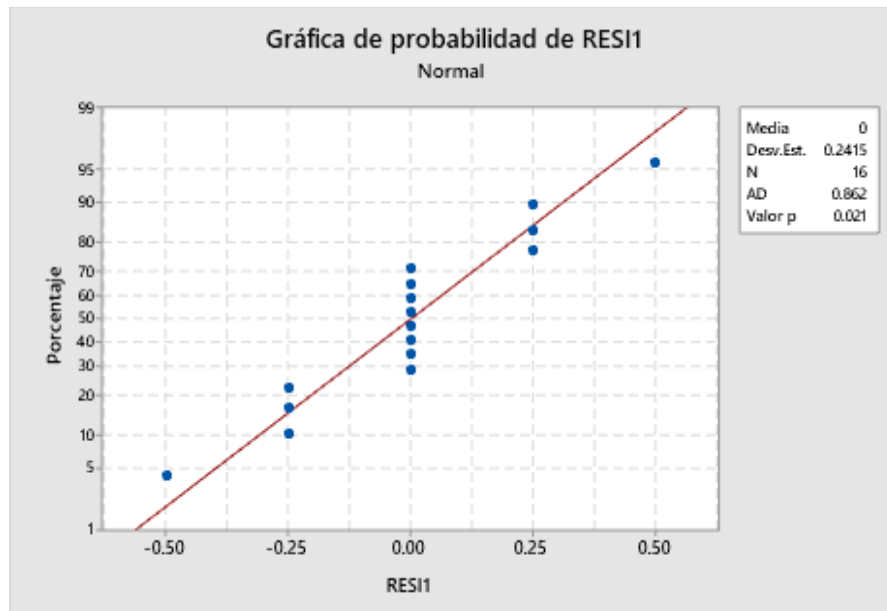


Figura 51. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez de color al lavado.

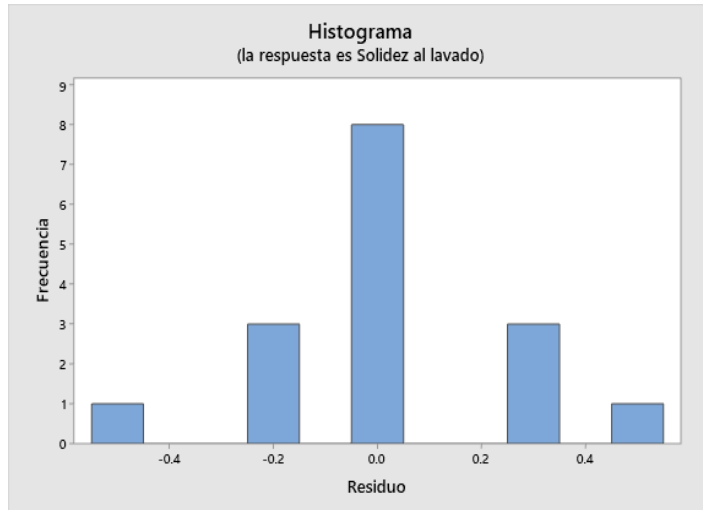


Figura 52. Histograma de la prueba de solidez de color al lavado.

Fuente: Elaboración propia.

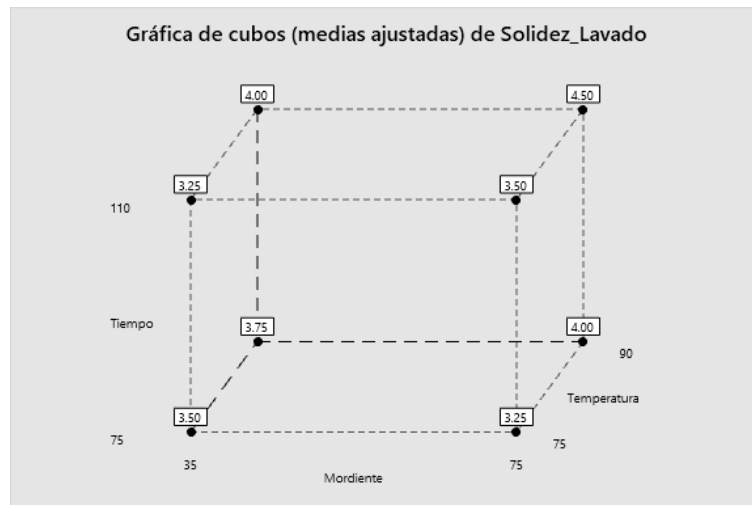


Figura 53. Gráfica de cubos medias ajustadas de solidez de color al lavado.

Fuente: Elaboración propia

4.1.13. Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*buddleja coriácea*) en la solidez de color a la luz de teñido de fibras de alpaca

Realizados aleatoriamente los 8 tratamientos diseñados con dos repeticiones, la evaluación de la solidez de color a la luz, se realizó basada según la NTP 231.183:1986 (revisada el 2020). TEXTILES. Método para determinar la solidez del color a la luz solar en tejidos artesanales, la Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de

Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light y usando la escala de grises como indica NTP 231.005:2014 (revisada el 2019), TEXTILES. Escala de grises para cambio de color muestra los siguientes resultados:

Para las pruebas experimentales se usaron patrones de tejidos de hilados teñidos con colorante natural inflorescencia de colli, tomando 8 muestras con 2 repeticiones, en total 16 muestras.

Tabla 28

Pruebas experimentales de solidez de color a la luz

N°	Tratamiento	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	Réplica N° 1	Réplica N° 2
1	(1)	3,5 g/l	75 min.	75°C	3	3
2	<i>a</i>	7,5 g/l	75 min.	75°C	3	2.5
3	<i>b</i>	3,5 g/l	110 min.	75°C	3.5	3
4	<i>ab</i>	7,5 g/l	110 min.	75°C	3	4
5	<i>c</i>	3,5 g/l	75 min.	90°C	4	4
6	<i>ac</i>	7,5 g/l	75 min.	90°C	4	4.5
7	<i>bc</i>	3,5 g/l	110 min.	90°C	4	4.5
8	<i>abc</i>	7,5 g/l	110 min.	90°C	4.5	5

Fuente: Elaboración propia

La prueba de solidez a la luz se realizó bajo la exposición del material teñido en la luz solar, a continuación, se describen los parámetros de frote.

Tabla 29

Parámetros para la prueba de solidez de color a la luz

Parámetros	Valores
Intensidad de calor	Muy intenso
Cantidad de días	3 días
Tiempo de exposición por día	4 horas
Tiempo total	12 horas

Nota. Los parámetros de la prueba fueron tomados de la NTP de solidez de color a la luz.

4.1.14. Análisis de varianza para la solidez de color a la luz

Tabla 30

Análisis de varianza para la solidez de color a la luz

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	6.85937	0.97991	6.97	0.007
Lineal	3	6.54687	2.18229	15.52	0.001
Mordiente	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Tiempo	1	0.76563	0.76563	5.44	0.048
Temperatura	1	5.64062	5.64062	40.11	0.000
Interacciones de 2 términos	3	0.29688	0.09896	0.70	0.576
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Mordiente*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Interacciones de 3 términos	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Error	8	1.12500	0.14063		
Total	15	7.98437			

Fuente: Elaboración propia.

Decimos que el análisis de la varianza nos informa que el modelo es significativo; es aplicable para los factores tiempo y temperatura por ser los únicos factores significativos con un P valor menor que 0.05, el factor mordiente y las interacciones no son significantes para el proceso. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los factores.

Factor Mordiente (A): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, *Valor F= 1* deja a su derecha un *p-valor de 0.347*, mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos de la cantidad de mordiente y tiene un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor concentración de mordiente en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color a la luz solar no depende de la concentración de la concentración de mordiente.

Factor Tiempo (B): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, *Valor F= 5.44* deja a su izquierda un *p-valor de 0.048*, menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño, si depende de los efectos del tiempo de teñido tiene un efecto significativo, por lo tanto, el diseño es eficaz, la inclusión del factor tiempo de

teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color a la luz solar depende del tiempo del teñido.

Factor Temperatura (C): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, $Valor F= 40.11$ deja a su izquierda un $p\text{-valor de } 0.000$, menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño, si depende de los efectos de la temperatura de teñido tiene un efecto significativo, por lo tanto, el diseño si es eficaz, la inclusión del factor temperatura de teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color a la luz solar depende altamente de la temperatura de teñido.

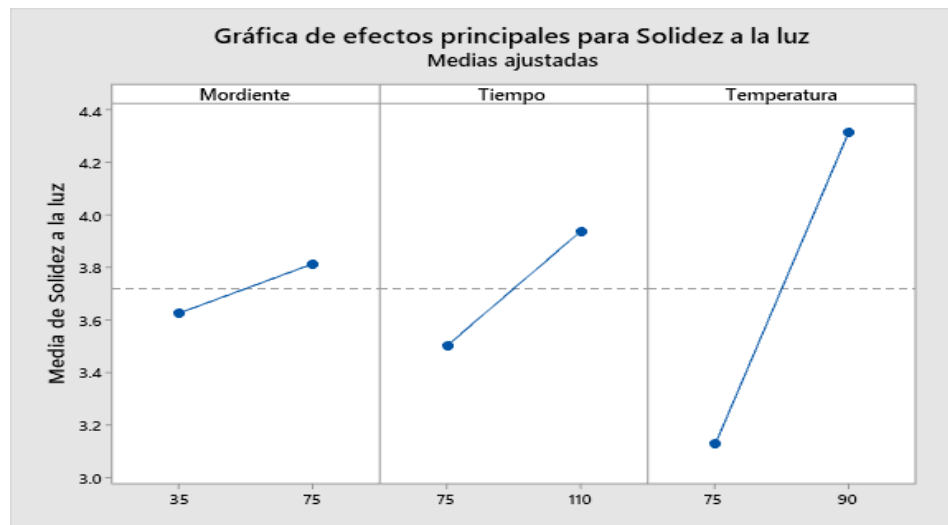


Figura 54. Gráfica de efectos principales para la prueba de solidez a la luz.

Interacción (AB): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y el tiempo de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el $Valor F= 1$, $p\text{ valor}-0.347$ resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir, los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (AC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el $Valor F= 1$, $p\text{-valor}= 0.347$ resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe

interacción entre la concentración de mordiente y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (BC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 el tiempo y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 0.11$, $p\text{-valor}= 0.747$ resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (ABC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de todas las interacciones de orden 3 de la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 0.11$, $p\text{ valor} =0.747$ resulta no significativo, debemos concluir que no tenemos suficientes evidencias de que existe interacción entre la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

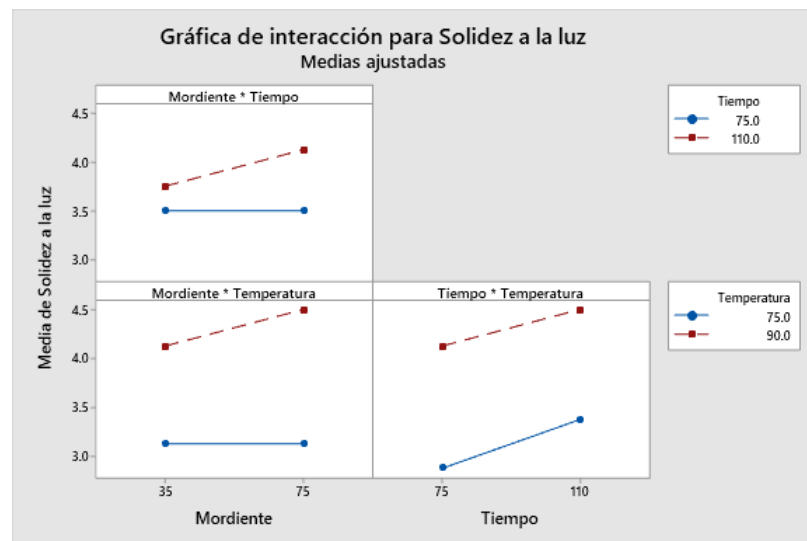


Figura 55. Gráfica de interacción para la solidez a la luz.

4.1.15. Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color a la luz

Tabla 31

Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color a la luz

Fuente	Cuadrados medios	Contribución porcentual
A: Mordiente	0.14063	2.009
B: Tiempo	0.76563	10.938
C: Temperatura	5.64062	80.580
AB: Mordiente*Tiempo	0.14063	2.009
AC: Mordiente*Temperatura	0.14063	2.009
BC: Tiempo *Temperatura	0.01562	0.223
ABC: Mordiente*Tiempo*Temperatura	0.01562	0.223
Error	0.14063	2.009
Total	7.0000	

El efecto principal C (Temperatura) y el efecto principal B (Tiempo) dominan el proceso, explicando el 91.52 % de la variabilidad total.

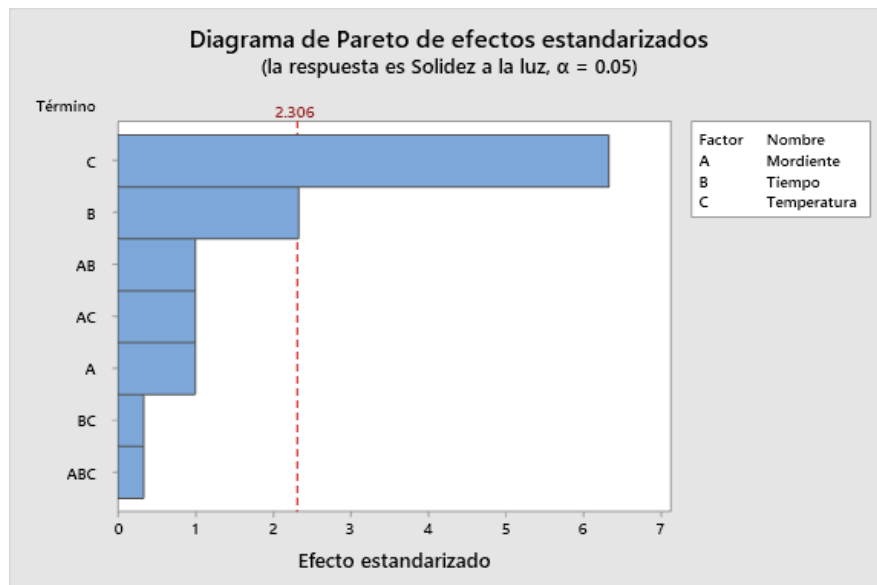


Figura 56. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la solidez a la luz.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.16. Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color a la luz

Nos planteamos los siguientes enunciados:

H_0 =Los datos proceden de una distribución normal.

H_1 =Los datos no proceden de una distribución normal.

Decimos si el $P_valor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, en cambio, si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

La prueba de normalidad de Anderson Darling para la solidez de color, nos indica un AD de 0.7002 y un $p_valor = 0.054$, por lo cual, se acepta la hipótesis nula, y podemos afirmar que los datos de la solidez de color proceden de una distribución normal, todo lo afirmado se muestra en la Figura 57.

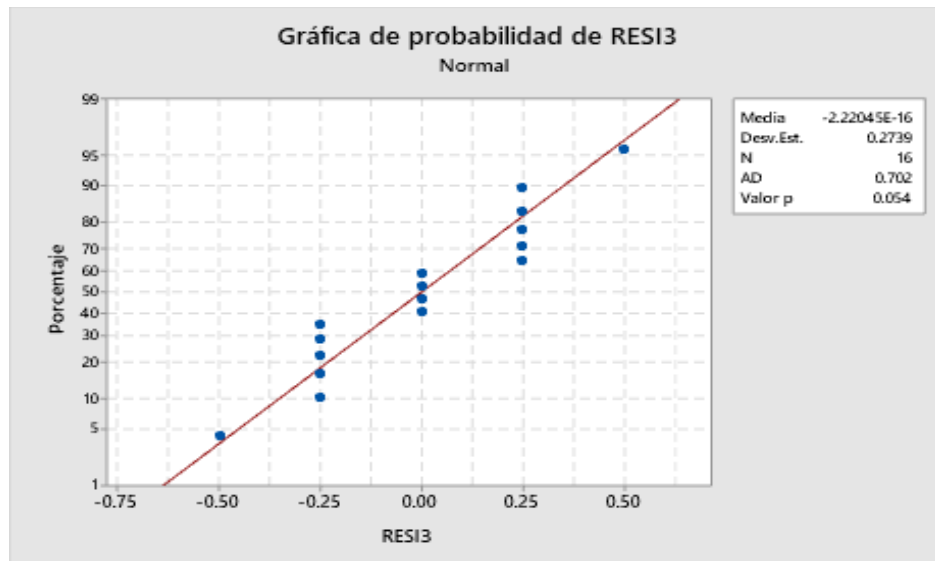


Figura 57. Gráfica de la prueba de normalidad de la solidez a la luz.

Fuente: Elaboración propia.

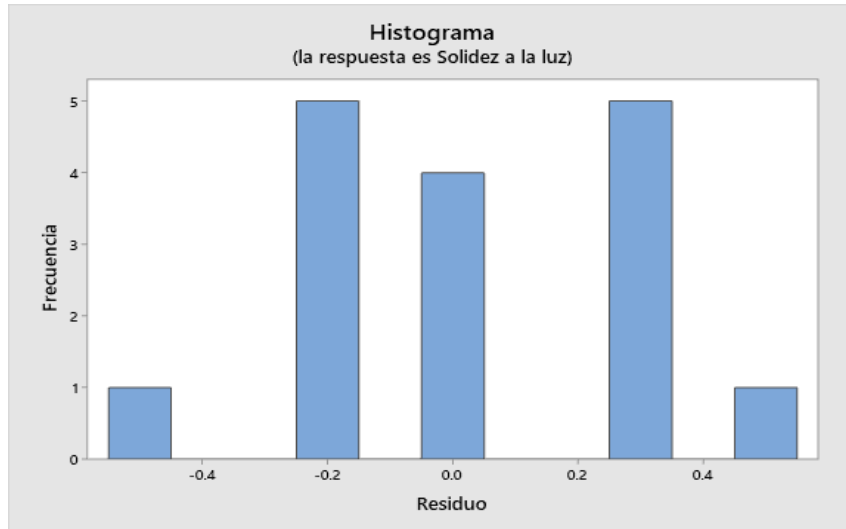


Figura 58. Histograma de la prueba de solidez de color a la luz.

Fuente: Elaboración propia.

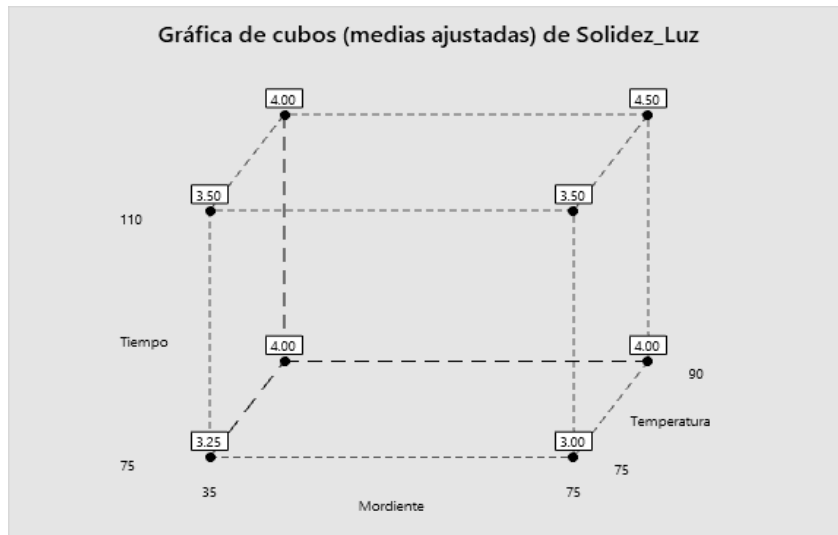


Figura 59. Gráfica de cubos de medias ajustadas de la prueba de solidez a la luz.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.17. Efecto del colorante natural inflorescencia de colli (*buddleja coriácea*) en la solidez de color al frote de teñido de fibras de alpaca

Realizados aleatoriamente los 8 tratamientos diseñados con dos repeticiones, la evaluación de la solidez de color al frote se realizó según la NTP 231.042:2009 (revisada el 2019). TEXTILES. Ensayos de solidez del color al frote y Norma Internacional de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas textiles AATCC Test Method 8

Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method y usando la escala de grises como indica la NTP 231.004:2014 (revisada el 2019), TEXTILES. Escala de grises para transferencia de color (manchado).

Para las pruebas experimentales se utilizaron patrones de tejidos de hilados teñidos con colorante natural inflorescencia de colli, tomando 8 muestras con 2 repeticiones, en total 16 muestras.

Tabla 32

Prueba experimental de solidez de color al frote

Fuente: Elaboración propia.

N°	Tratamiento	A: Mordiente	B: Tiempo	C: Temperatura	Réplica N°1	Réplica N°2
1	(1)	3,5 g/l	75 min.	75°C	3	3
2	<i>a</i>	7,5 g/l	75 min.	75°C	3.5	3
3	<i>b</i>	3,5 g/l	110 min.	75°C	4.5	4
4	<i>ab</i>	7,5 g/l	110 min.	75°C	3.5	3.5
5	<i>c</i>	3,5 g/l	75 min.	90°C	3	3
6	<i>ac</i>	7,5 g/l	75 min.	90°C	3.5	3.5
7	<i>bc</i>	3,5 g/l	110 min.	90°C	3.5	3
8	<i>abc</i>	7,5 g/l	110 min.	90°C	4	4

La prueba de solidez al frote se realizó bajo una máquina llamada Frictómetro, a continuación, se describen los parámetros de frote.

Tabla 33

Parámetros de solidez de color al frote

Parámetros	Valores
N° de Ciclos	10
Medida de placa frotadora	5 cm x 5 cm
Medida del espécimen	5cm x 14 cm

Nota. Los parámetros de la solidez al frote están establecidos por la NTP de solidez de color al frote.

4.1.18. Análisis de varianza para la solidez de color al frote

Tabla 34

Análisis de varianza para la solidez de color al frote

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.85938	0.40848	8.71	0.003
Lineal	3	1.42187	0.47396	10.11	0.004
Mordiente	1	0.14062	0.14062	3.00	0.122
Tiempo	1	1.26562	1.26562	27.00	0.001
Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.33	0.580
Interacciones de 2 términos	3	1.04688	0.34896	7.44	0.011
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	3.00	0.122
Mordiente*Temperatura	1	0.76563	0.76563	16.33	0.004
Tiempo*Temperatura	1	0.14063	0.14063	3.00	0.122
Interacciones de 3 términos	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Error	8	0.37500	0.04688		
Total	15	3.23438			

Fuente: Elaboración propia.

Decimos que el análisis de la varianza nos informa que el modelo es significativo; es aplicable para los factores de concentración de mordiente, tiempo y temperatura. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los factores.

Factor Mordiente (A): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, Valor F= 3 deja a su derecha un *p-valor de 0.122*, mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos de la cantidad de mordiente y tiene un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor concentración de mordiente en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color al frote en seco no depende de la concentración de la concentración de mordiente.

Factor Tiempo (B): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, Valor F= 27 deja a su izquierda un *p-valor de 0.001*, menor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño si depende de los efectos del tiempo de teñido tiene un

efecto significativo, por lo tanto, el diseño es eficaz, la inclusión del factor tiempo de teñido en el modelo es acertada. Así, la prueba de solidez de color al frote en seco depende del tiempo del teñido.

Factor Temperatura (C): El valor estadístico de contraste de igualdad de las muestras, Valor $F= 0.33$ deja a su izquierda un $p\text{-valor}=0.580$, mayor que el nivel de significancia del 5%. La eficiencia de este diseño no depende de los efectos de la temperatura de teñido, tiene un efecto no significativo, por lo tanto, el diseño no es eficaz, la inclusión del factor temperatura de teñido en el modelo no es acertada. Así, la prueba de solidez de color al frote en seco no depende altamente de la temperatura de teñido.

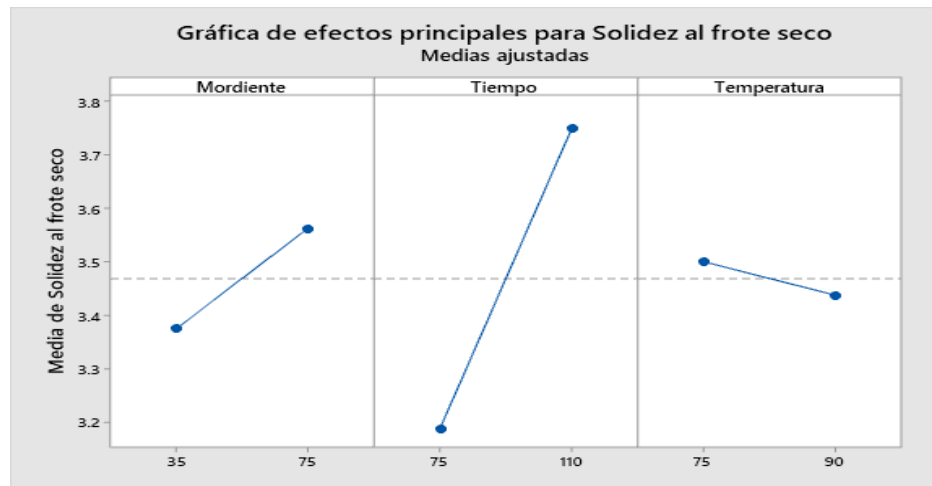


Figura 60. Gráfica de efectos principales para la solidez de color al frote.

Interacción (AB): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y el tiempo de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 3$, $p\text{-valor}= 0.122$ resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir, los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (AC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 de la concentración de mordiente y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 16.33$, $p\text{-valor} =0.004$, resulta significativo por ser menor que 0.05, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias

de que existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir, los factores del estudio son dependientes el uno al otro.

Interacción (BC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de dos interacciones de orden 2 el tiempo y la temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 3$, $P\text{-valor}=0.122$ resulta no significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que no existe interacción entre la concentración de mordiente y tiempo de teñido, es decir los factores del estudio no son dependientes el uno al otro.

Interacción (ABC): En esta fila se recoge, de forma conjunta, la influencia de todas las interacciones de orden 3 de la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido. La interacción de entre ambos factores, con el Valor $F= 8.33$, $p\text{-valor}=0.020$ resulta significativo, debemos concluir que tenemos suficientes evidencias de que existe interacción entre la concentración de mordiente, tiempo y temperatura de teñido, es decir los factores del estudio son dependientes el uno al otro.

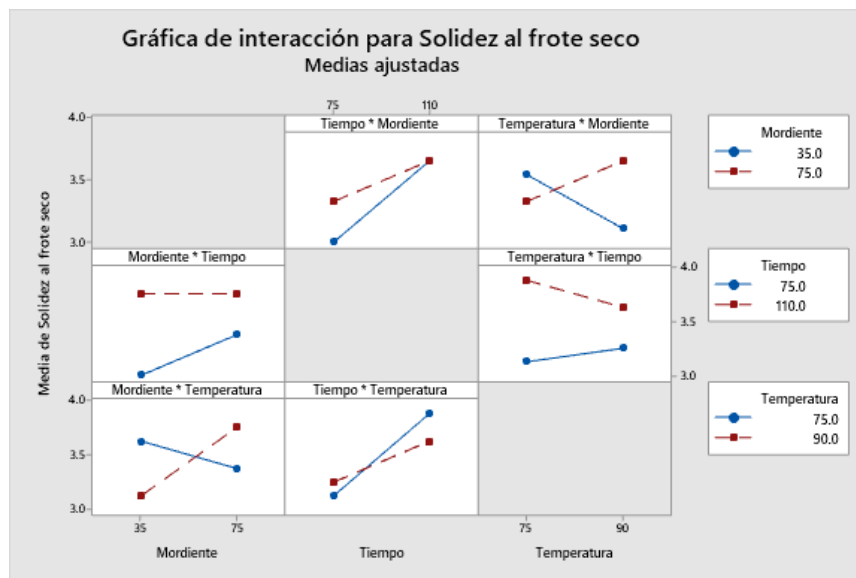


Figura 61. Gráfica de interacción para la solidez de color al frote en seco.

4.1.19. Análisis del efecto medio y significancia para la solidez de color al frote

Tabla 35

Análisis del efecto medio y significancia - Prueba de solidez de color al frote

Fuente	Cuadrados medios	Contribución porcentual
A: Mordiente	0.14062	4.839
B: Tiempo	1.26562	43.548
C: Temperatura	0.01562	0.537
AB: Mordiente*Tiempo	0.14063	4.839
AC: Mordiente*Temperatura	0.76563	26.344
BC: Tiempo *Temperatura	0.14063	4.839
ABC: Mordiente*Tiempo*Temperatura	0.39063	13.441
Error	0.04688	1.613
Total	2.9063	

Fuente: Elaboración propia.

El efecto principal B (Tiempo), la interacción AC (Concentración de mordiente y temperatura del proceso de teñido), la interacción ABC (Concentración de mordiente, tiempo y temperatura del proceso de teñido) dominan el proceso, explicando el 83,33 % de la variabilidad total.

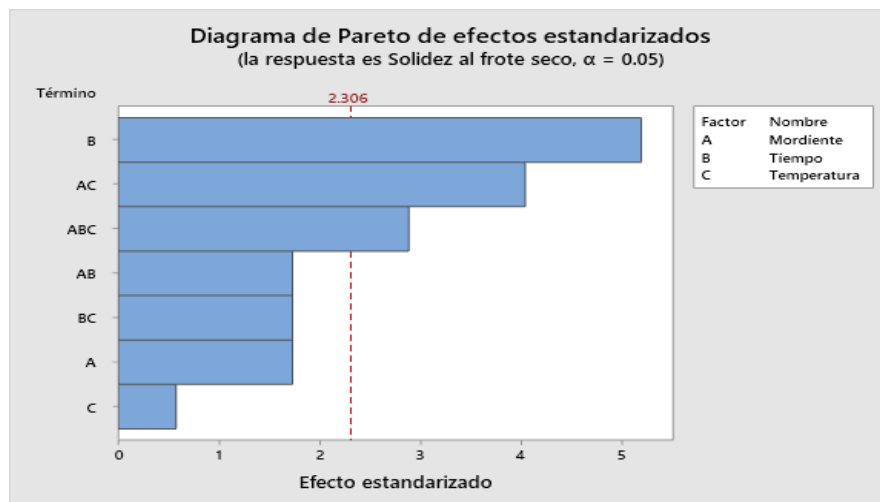


Figura 62. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en la prueba de solidez de color al frote.

4.1.20. Prueba de normalidad de los datos de la solidez de color al frote

Nos planteamos los siguientes enunciados:

H_0 = Los datos proceden de una distribución normal.

H_1 = Los datos no proceden de una distribución normal.

Decimos si el $P_valor \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, en cambio, si el $p_valor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

La prueba de normalidad de Anderson Darling para la solidez de color, nos indica un AD de 1.725 y un $p\text{-valor} < 0.05$, por lo cual, se acepta la hipótesis alterna, y podemos inferir que los datos de la solidez de color al frote, no siguen una distribución normal, los datos se muestra en la Figura 63.

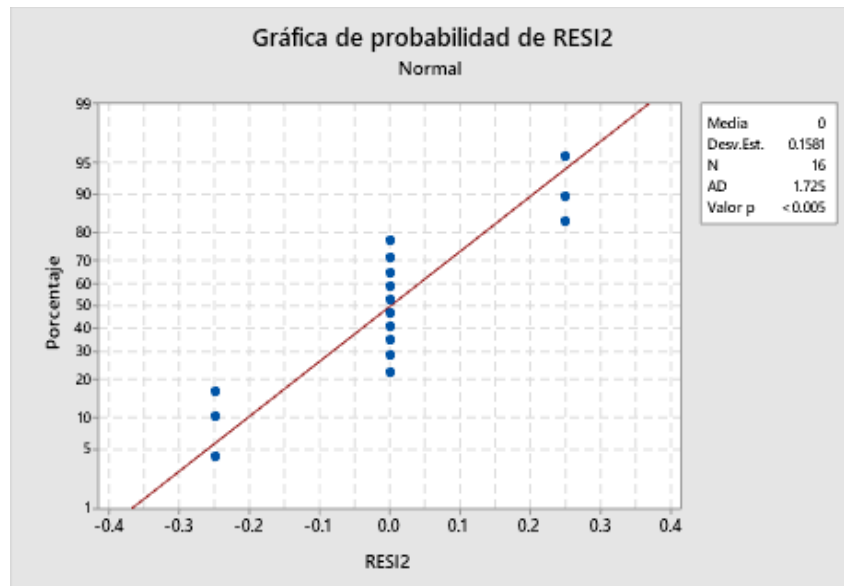


Figura 63. Gráfica de prueba de normalidad de la solidez al frote.

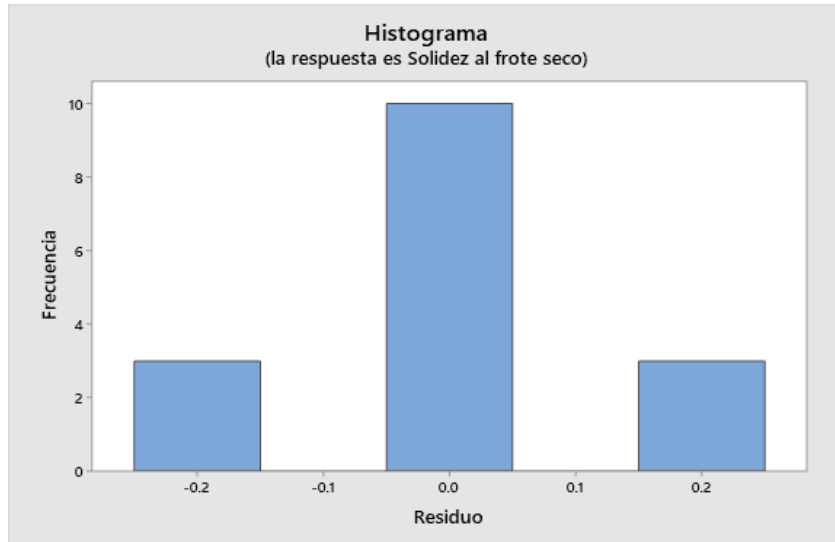


Figura 64. Histograma de la prueba de solidez de color al frote.

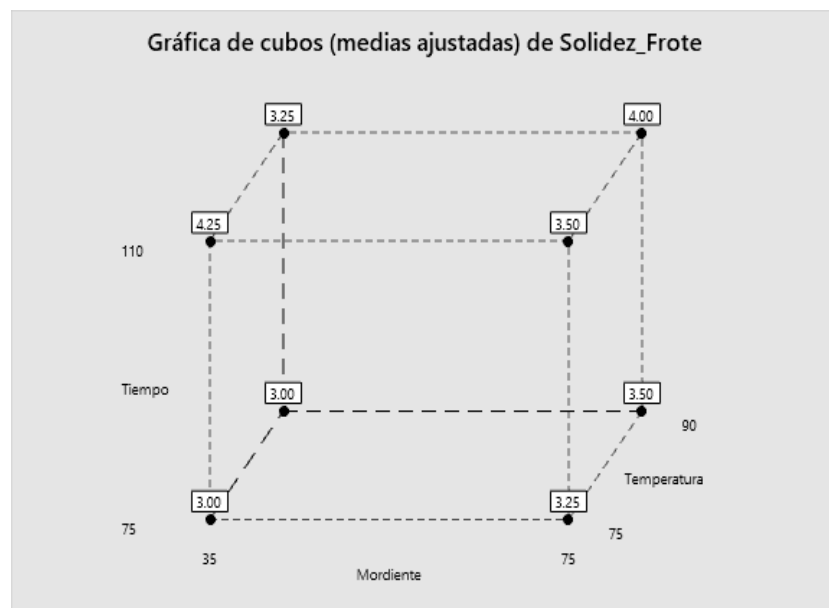


Figura 65. Gráfica de cubos de medias ajustadas de solidez al frote.

4.1.21. Parámetros recomendables del estudio

Después de haber realizado las pruebas experimentales del presente estudio, podemos afirmar que se obtuvo los parámetros aceptables de solidez de color para el proceso de teñido de fibra de alpaca con colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*), según las comparaciones múltiples de los resultados de la solidez de color, utilizando el método de Tukey, los parámetros recomendables son los siguientes:

Concentración de mordiente de 3,5 g/l, tiempo de teñido de 75 minutos y con temperatura de 90° C; que brinda una apariencia de color agradable y con buenas solidez de color.

Tabla 36

Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente al mordiente.

Mordiente	N	Media	Agrupación
7,5	8	3.72	A
3,5	8	3.54	A

Nota. En la tabla se muestra que, entre las dos concentraciones de mordiente, la diferencia es mínima, los dos resultados son considerados aceptables y en la escala de grises tienen una valorización de 3.5.

Tabla 37

Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente al tiempo

Tiempo	N	Media	Agrupación
110	8	3.833	A
75	8	3.438	A

Nota. En la tabla se muestra que, entre los dos tiempos diferentes, si existe diferencia trabajando a mayor tiempo de teñido se obtendrá mejores resultados de solidez de color.

Tabla 38

Comparaciones múltiples para la solidez de color en general referente a la temperatura

Temperatura	N	Media	Agrupación
90	8	3.938	A
75	8	3.333	B

Nota. En la tabla se muestra que entre las dos temperaturas si existe diferencia, trabajando a mayor tiempo de teñido se obtendrá mejores resultados de solidez de color.

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos altamente significativos en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.

- **Hipótesis Nula (H_0):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) no tiene efectos significativos en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez de color de teñido de fibras de alpaca.
- **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

Tabla 39

Análisis de varianza de prueba de solidez de color

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.55382	0.36483	7.25	0.006
Mordiente	1	0.14062	0.14062	2.79	0.133
Tiempo	1	0.62674	0.62674	12.45	0.008
Temperatura	1	1.46007	1.46007	29.00	0.001
Mordiente*Tiempo	1	0.01562	0.01562	0.31	0.593
Mordiente*Temperatura	1	0.29340	0.29340	5.83	0.042
Tiempo*Temperatura	1	0.00174	0.00174	0.03	0.857
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.31	0.593
Error	8	0.40278	0.05035		
Total	15	2.95660			

A. Interpretación: De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un p -valor = 0.006 por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color de teñido de fibras de alpaca.

B. Discusiones: Podemos afirmar que los resultados obtenidos de las solidez de color son iguales o mayores a los resultados obtenidos por Nina (2018); cabe mencionar que los métodos de extracción de colorante y el proceso de teñido, lo realizaron mediante la evaluación de los algunos factores como son: (tiempo, temperatura y pH) de la extracción y del teñido; la obtención de colorante fue desarrollada mediante el método de extracción sólido – líquido a 120 min. y a una temperatura de 240 °C, en el caso del proceso de teñido encontraron factores adecuados de agotamiento del pigmento en la estructura de la fibra a un pH de 4.5, temperatura de 84 °C y tiempo del proceso de

tintura de 60 minutos, donde se obtuvo fibras de alpaca teñidas con muy buena apariencia de color.

4.2.2. Hipótesis específica uno

A. Prueba de solidez de color al lavado

- **Hipótesis Nula (H_0):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) no tiene efectos significativos en la solidez al lavado del color de teñido de fibras de alpaca.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado de teñido de fibras de alpaca.
- **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

Tabla 40

Análisis de varianza de prueba de solidez del color al lavado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.60937	0.37277	3.41	0.054
Mordiente	1	0.14062	0.14062	1.29	0.290
Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Temperatura	1	1.89062	1.89062	17.29	0.003
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Mordiente*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Tiempo*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.29	0.290
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01563	0.01563	0.14	0.715
Error	8	0.87500	0.10938		
Total	15	3.48437			

Fuente: Elaboración propia.

- **Interpretación:** De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un $P\text{-valor} = 0.054$, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) no tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado de teñido de fibras de alpaca. Y no hay suficiente evidencia para concluir que el modelo explica la variación en la respuesta.

- **Discusión:** Según Nina (2018), para lograr una buena adherencia del colorante hacia la fibra de la fibra de alpaca, así como la resistencia a la luz solar, es recomendable trabajar a temperatura de 84 °C y tiempo de teñido de 60 min y un pH óptimo de 4.5, donde se obtuvieron solidez de 4. En otro estudio desarrollado por Tito et al., (2019), mencionan que realizaron teñidos de fibra de ovino, controlando parámetros de tiempo (40 y 60 min), concentración de mordiente (30 g/l y 10 g/l) y proporción de planta (100 y 200), los resultados obtenidos están dentro del rango de 2 y 2.5, en la solidez de color al lavado. En el presente estudio se consideró tres factores importantes: concentración de mordiente, tiempo y temperatura; finalmente se obtuvo solidez de color al lavado, dentro del rango de 4.5.

4.2.3. Hipótesis específica dos

A. Prueba de solidez de color a la luz

- **Hipótesis Nula (H_0):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) no tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz de teñido de fibras de alpaca.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz de teñido de fibras de alpaca.
- **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

Tabla 41*Análisis de varianza de prueba de solidez del color a la luz*

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	6.85937	0.97991	6.97	0.007
Lineal	3	6.54687	2.18229	15.52	0.001
Mordiente	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Tiempo	1	0.76563	0.76563	5.44	0.048
Temperatura	1	5.64062	5.64062	40.11	0.000
Interacciones de 2 términos	3	0.29688	0.09896	0.70	0.576
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Mordiente*Temperatura	1	0.14063	0.14063	1.00	0.347
Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Interacciones de 3 términos	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.11	0.747
Error	8	1.12500	0.14063		
Total	15	7.98437			

- **Interpretación:** De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un P valor de 0.007, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz de teñido de fibras de alpaca. El modelo explica la variación en la respuesta.
- **Discusión:** Illa y Tairo (2015), obtuvieron muy buenos resultados de solidez a la luz, al utilizar unos parámetros óptimos, con una temperatura de 98° C, tiempo de 60 minutos a una relación de baño de 1/50. Obando (2013), obtuvo buena resistencia a la luz, dentro de las variaciones de las solideces con un valor de 5, en comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio, en la prueba de solideces a la luz, los valores oscilan entre 4 y 4.5, lo cual es muy positivo.

4.2.4. Hipótesis específica tres

A. Prueba de solidez de color a la luz

- **Hipótesis Nula (H_0):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) no tiene efectos significativos en la solidez del color al frote de teñido de fibras de alpaca.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** El colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color al frote de teñido de fibras de alpaca.
- **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

Tabla 42

Análisis de varianza de prueba de solidez del color al frote

Fuente	G L	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	7	2.85938	0.40848	8.71	0.003
Mordiente	1	0.14062	0.14062	3.00	0.122
Tiempo	1	1.26562	1.26562	27.00	0.001
Temperatura	1	0.01562	0.01562	0.33	0.580
Mordiente*Tiempo	1	0.14063	0.14063	3.00	0.122
Mordiente*Temperatura	1	0.76563	0.76563	16.33	0.004
Tiempo*Temperatura	1	0.14063	0.14063	3.00	0.122
Mordiente*Tiempo*Temperatura	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Error	8	0.37500	0.04688		
Total	15	3.23438			

Fuente: Elaboración propia.

- **Interpretación:** De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un P valor de 0.003, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color al frote de teñido de fibras de alpaca. El modelo explica la variación en la respuesta.

- **Discusión:** Según los resultados de Obando (2013), la solidez al frote de sus muestras teñidas están dentro de los rangos de 3 a 3.5 (aceptable), mientras que en el presente estudio se consiguió solidez de 4. Cabe mencionar que la solidez de color al frote es uno de los controles de calidad en teñidos que más son considerados, juntamente con la solidez de color a la luz y al lavado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los resultados alcanzados en las pruebas experimentales nos permiten plantear las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un P valor de 0.006, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriácea*) tiene efectos significativos en la solidez del color de teñido de fibras de alpaca.
2. De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un p valor = 0.054 > 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, y es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) no tiene efectos significativos en la solidez del color al lavado de teñido de fibras de alpaca, porque no hay suficiente evidencia para concluir que el modelo explica la variación en la respuesta. Sin embargo, según el análisis del efecto medio y significancia de los factores del proceso de la prueba de solidez de color al lavado, se ha podido definir que el factor C (temperatura) tiene un efecto principal dominando el proceso, explicando el 69.54 % de la variabilidad total. Dentro del análisis podemos sostener que este factor es el más influyente en la solidez de color al lavado de teñidos de fibra de alpaca con colorante inflorescencia de colli.

3. De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un p valor = $0.007 < 0.05$ por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, y es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efectos significativos en la solidez del color a la luz de teñido de fibras de alpaca, porque el modelo explica la variación de la respuesta. Además, según el análisis del efecto medio y significancia de los factores del proceso de la prueba de solidez de color a la luz, se ha podido establecer que los factores C (temperatura) y B (tiempo) dominan el proceso, explicando el 91.52 % de la variabilidad total. Dentro del análisis podemos asegurar que estos factores son los más influyentes en la solidez de color a la luz solar de teñidos de fibra de alpaca con colorante inflorescencia de colli.
4. De acuerdo al análisis de regresión factorial general, encontramos un p valor = $0.003 < 0.05$ por lo cual se acepta la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, y es posible concluir que el colorante natural inflorescencia de colli (*Buddleja coriacea*) tiene efectos significativos en la solidez del color al frote de teñido de fibras de alpaca, porque el modelo explica la variación de la respuesta. Además, según el análisis del efecto medio y significancia de los factores del proceso de la prueba de solidez de color al frote, se ha podido analizar que los factores Tiempo, la interacción AC (concentración de mordiente y temperatura del proceso de teñido), la interacción ABC (concentración de mordiente, tiempo y temperatura del proceso de teñido) dominan el proceso, explicando el 83,33 % de la variabilidad total. Dentro del análisis podemos asegurar que estos factores e interacciones son los más influyentes en la solidez de color al frote de teñidos de fibra de alpaca con colorante inflorescencia de colli.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda que, a partir del estudio desarrollado, se puedan plantear nuevas investigaciones a mayor profundidad sobre la intensidad, estabilidad del color y el tiempo de vida útil de pigmentos extraídos de fuentes naturales, con la finalidad de obtener colorantes aptos para su uso en la industria textil.

Adicionalmente, debo recomendar que para alcanzar los valores estándares de calidad nacionales e internacionales en apariencia y solidez de color se debe utilizar concentración de

mordiente en proporciones mínimas dependiendo del tipo de mordiente. Así mismo, es importante tomar en consideración el tiempo de teñido, a mayor tiempo de tintura mejor impregnación del colorante, 75 minutos está dentro del tiempo permitido para teñir fibra de alpaca, la temperatura adecuada es a punto de ebullición en este caso se logró llegar a 90 °C con la máquina teñidora de muestras, obteniendo resultados óptimos con buena apariencia de color y con solidez de color al lavado, al frote en seco y a la luz.

Se recomienda desarrollar estudios sobre el desarrollo de tricromías, bicromías con colorantes naturales utilizando la cochinilla para el color rojo, la inflorescencia de collí para el color amarillo y la col morada, huito y/o añil para el color azul; con el fin de obtener una gama de colores diferenciados en el teñido de fibras textiles.

Se recomienda realizar proyecto de investigación en el diseño y prototipado de sistemas de transformación de fibra de alpaca, desde el escarmenado hasta la obtención de tops e hilados; de esa manera se estará aportando a dar valor agregado a las fibras de camélidos en la región de Puno y el Perú.

Realizar estudios de I+D+i que aporten a otros sectores productivos mediante la Ingeniería Textil y de Confecciones, y no necesariamente en la industria textil de indumentaria, un ejemplo claro podría ser el desarrollo de investigaciones experimentales en la reutilización de lana merina con mezclas de fibras de vidrio utilizado como no tejidos sostenibles para la aplicación en el sector de la construcción.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Adeel, S., Rehman, F. U., Rafi, S., Zia, K. M., & Zuber, M. (2019). Environmentally Friendly Plant-Based Natural Dyes: Extraction Methodology and Applications. In *Plant and Human Health* (Vol. 2). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_17.
- Adot, O. (2010). *Introducción a la industrialización de la lana y las fibras especiales*, Red SUPPRAD y Fundación Hábitat. [Universidad Católica de Córdoba, Argentina].
- Arias, F. (2017). *El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica* (7ma ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- AOCS (American Oil Chemists' Society, U. (1998). *Official methods and recommended practices of the American oil chemists' society* (5th ed.). AOCS Press.
- Barreda, F. (2020). *Características textiles y estructura medular de la fibra de alpaca huacaya de la provincia de Huancané 2019*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Juliaca, Puno]. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/119>.
- Carpio Valencia, Fortunato Edmundo. (2017). La cadena de valor para optimizar la producción de fibra de Alpaca en la empresa Sais Sollocota Ltda. N° 5 - Perú. *Comunicación*, 8(2), 125-136. Recuperado en 23 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S221971682017000200006&lng=es&tlng=es.
- Cavenago, M. F., & Córdova, A. (2014). *Estudio del efecto del pH y la concentración de mordiente en el teñido sobre sustrato de Alpaca Suri con colorantes naturales de estructura Curcuminoide, Xantófila y Antroquinónica*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3898>.
- Colindres, P. (2010). *Tratamiento de residuales líquidos textiles mediante oxidación con ozono*. [Tesis de doctor, Instituto Politécnico Nacional Cicata - Legaria, Ciudad de México]. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/9604>.
- Córdova, K. S. (2017). Optimización del proceso de hilatura cardada de fibra de alpaca, enfocado a la mejora de la calidad del tejido de punto de la empresa Inalpaca TPX S.A. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2996>.

- Cumba Cuestas, M. K. (2015). *Obtención de un tinte natural a partir de la Liana Bauhinia Macrostachya (Escalera de mono) y aplicación en la fibra de la Palma Astrocaryum Chambira Burret (Chambira) en la Provincia de Orellana, Cantón Francisco de Orellana, comunidad Miwaguno*. [Tesis de grado, Universidad Técnica del norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7948>.
- Dirlik, Ç. (2015). *Extracción de colorantes naturales de la piel y hoja de naranja para la tintura de algodones*. [Tesis de maestro, Universidad Politécnica de Valencia, Alcoy]. <http://hdl.handle.net/10251/59868>.
- Dutta, P., Mahjebin, S., Sufian, M. A., Rabbi, M. R., Chowdhury, S., & Imran, I. H. (2021). Impacts of natural and synthetic mordants on cotton knit fabric dyed with natural dye from onion skin in perspective of eco-friendly textile process. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2633–2640. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.229>.
- Enríquez, S. P. (2015). La Alpaca Suri, de la Extinción a la Conservación de la Biodiversidad de Colores y la Importancia de la Bioartesanía textil en el Distrito de Nuñoa (Melgar-Puno). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 17(3). <https://bit.ly/3oakCsg>.
- Fernández, W., & Saavedra, D. (2019). *Obtención y caracterización de colorante natural a partir de la baccharis salicifolia (chilca blanca) para el uso textil*. [Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3998>.
- Galarza, C. (2013). *Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sagorache (Amaranthus sp.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Recuperado de http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6635/1/BQ_44.pdf.
- Gonzales, A., & Hillpa, B. (2015). *Diseño, operación y aplicación de métodos analíticos en los hilados de fibras textiles naturales y sus mezclas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3978>.
- González G., Haydeé, León Velarde R., Carlos, Rosadio A., Raúl, García V., Wilber, & Gavidia Ch., César. (2008). *Evaluación de un método numérico de medición del diámetro de la fibra de alpaca*. *Revista de Investigación Veterinarias del Perú*, 19(1), 1-8. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S160991172008000100001&lng=es&tlng=es.

- Gutiérrez, J. M. (2005). *Utilización de colorantes naturales en el teñido de fibras de algodón en tejido de punto aplicados por el método de agotamiento*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Guatemala.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México: Mc Graw Hill.
- Hañari, A. (2018). *Extracción de colorante a partir de las hojas de la espinaca (spinacia oleracea)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11716>.
- Herrera, A., & Pacha, C. (2015). *Evaluación de la tintura en la mezcla de fibras alpaca/ seda con colorantes reactivo negro lanasol*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/229>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Huebla, W. K., & Rea, J. M. (2019). *Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13503>
- Illa, C. P., & Tairo, G. (2015). *Teñido de fibra de alpaca suri (vicugna pacos) con carmín de cochinilla (Dactylopius coccus)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Sicuani]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/180>.
- Laura, G. J. (2018). *Extracción y caracterización de flavonoides a partir de las flores de misiq'ó (Bidens andicola)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Puno, Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8534>.
- Lockuán, F. (2012a). *La industria textil y su control de calidad - Tintorería V*. Lima. Recuperado de <http://fidel-lockuan.webs.com>.
- Lockuán, F. (2012b). *La industria textil y su control de calidad - Hilandería III*, Lima. <http://fidel-lockuan.webs.com>.
- Lopez, A., & Di Sarli, A. R. (2016). El Modelo Cielab, Las Fórmulas De Diferencia De Color Hormigones Coloreados Cielab Model , Color-Difference Formulas and Use of the

European En 12878 Standard in Colored Mortars and Concretes. *Ciencia Y Tecnología De Los Materiales*, 6, 43

Luna, C. (2015). *Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/1057>

Mamani, P. (2020). *Caracterización física de la fibra de alpaca en base a la finura. longitud e índice de confort de las provincias de Lampa y Puno*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Juliaca, Puno]. Recuperado de <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080>.

Mendoza, C. (2018). *Evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado de teñido de fibra de alpaca (vicugna pacos) con Aliso (Alnus acuminata H.B.K)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2581>.

Moldovan, S. (2016). *Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micros y macros algas: Arthrospira platensis, Synechococcus sp.; Ulvas sp.* [Proyecto I+D+i, Universidad Politécnica de Valencia]. Tomado de <https://riunet.upv.es/>

Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2ª ed). España: Editorial Limusa Wiley .

Nina, Y. (2018). *Obtención y caracterización del colorante natural a partir de la inflorescencia de colli (Buddleja coriacea) para su aplicación en teñido de fibra de alpaca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8369>.

NTP 231.008. (2016). INACAL. Método acelerado de ensayo de solidez del color al lavado. 2ª Edición.

NTP 231.042. (2009). INACAL. TEXTILES. Ensayos de solidez del color. Solidez del color al frote.


NTP 231.183. (2010). INACAL. TEXTILES. Método para determinar la solidez del color. Solidez del color a la luz solar en tejidos artesanales.

- Obando, R. E. (2013). *Tintura alternativa en Hilos de lana con colorantes naturales*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2300>.
- Ojeda, G. (2012). *Teñido de fibra de abacá (musa textillis) utilizando colorante extraído del carmín de cochinilla*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Técnica Particular de Loja]. <https://bit.ly/3AZWNH5>.
- Palomino, E. S. (2007). *Tintura de fibras de alpaca y su cinética con colorantes ácidos*. [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1013>.
- Paredes, B. (2002). *Análisis y obtención de colorante natural a partir de la baccharis latifolia (chilca)*. [Tesis de ingeniero, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/639>.
- Parodi-Núñez, N. M. (2011). San Martín Emprendedor, (2)2, 20-28. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/1609>.
- Ponce de León, M., & Valdivia, M. (2014). *Optimización de los parámetros para la curva de teñido con colorantes ácidos, reactivos y complejos metálicos en la fibra de alpaca*. Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4007>.
- Raimondo, M. (1990). “*El análisis de los productos químicos y auxiliares textiles*”, Química Textil Vol. V, Lima, Perú.
- Raimondo, M. (2010). *Las fibras textiles y su tintura*. Química Textil Vol. II, Lima, Perú.
- Ramos, B. (2020). *Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa) para el teñido de fibra de ovino*. Tesis de ingeniero, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13309>.
- Rojas, P., & Yangali, E. (2019). *Aplicación de fluido supercrítico de CO2 en el teñido de fibras textiles para la disminución de consumo de H2O*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/40254>.
- Sánchez, M. (2020). *Obtención de tonalidades azules a partir de la experimentación en el tinturado natural de lana de oveja y fibra de alpaca*. [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Cuenca]. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/>.

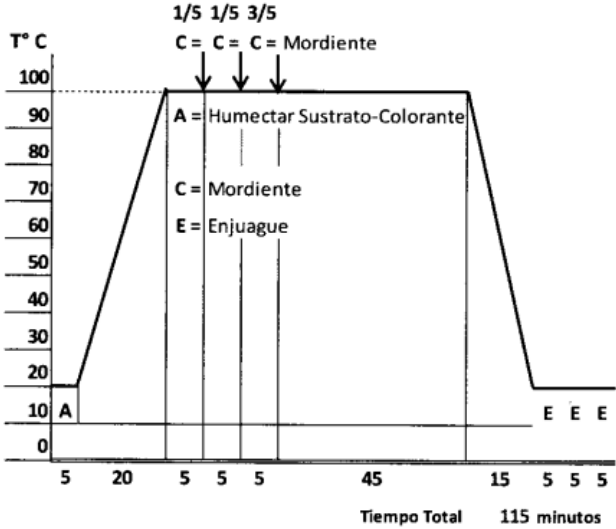

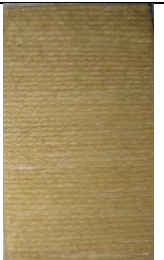
- Sánchez, M., & Cáceres, J. (2006). *Desarrollo Tecnológico del proceso de teñido de la fibra de vicuña con colorante de complejo metálico 1:2*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Sarco, L. M. (2014). *Optimización del control automático e implementación de un scada para el proceso de teñido en un autoclave - Fábrica inca tops*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2867>
- Shabbir, M., Rather, L. J., Bukhari, M. N., Ul-Islam, S., Shahid, M., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2019). Light Fastness and Shade Variability of Tannin Colorant Dyed Wool with the Effect of Mordanting Methods. *Journal of Natural Fibers*, 16(1), 100–113. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1408521>.
- Soto, S. (2017). *Evaluación del tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino (ovis aries) con ayrampo (berbeis sp)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1082>.
- Ticona, C., & Urquiza, G. (2017). *Evaluación de la influencia del alquil poliglicol eter sulfato de amina en el proceso de desorción de colorante ácido azul Selmacid N- BLN y color rojo Selmacid N- ABF utilizados en el hilado Huacayo tinturado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4619>.
- Tito, J., Soto, P., & Castillo, L. (2019). *Plantas andinas como colorantes en el teñido de lana*. [Artículo científico, Universidad Nacional de Juliaca]. Recuperado de <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/73>.
- Trujillo, S., & López, W. (2010). *Obtención de colorantes naturales a partir de la cáscara allium cepa (cebolla blanca y morada) y de raíz de Beta vulgaris (remolacha) para su aplicación en la industria textil*. [Tesis de pregrado, Universidad del Salvador]. Recuperado de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/474>.
- Wang, X., Wang, L., & Liu, X. (2003). The quality and processing performance of alpaca fibers. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia., (03), 119.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de observación e instrumentación de recolección de datos

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA						
MUESTRA N° 1						
MATERIAL:	Fibra de alpaca			CURVA DE TEÑIDO:		
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada					
PESO DE LA MUESTRA:	14.83 gramos					
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)					
VOLUMEN DE AGUA:						
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO						
1. Disolver el colorante para el hilado de alpaca						
2. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10´ a una temperatura ambiente (20 °C)						
3. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10´ y mordiente						
4. Elevar la temperatura hasta un punto establecido						
MUESTRA TEÑIDO						
5. Hervir durante un tiempo determinado			RÉPLICA 1	RÉPLICA 2		
6. Enfriar a 60 °C						
7. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5´ por vez) y suavizado						
8. Secado de la muestra en sombra						
PROCESO DE TEÑIDO			RESULTADOS RÉPLICA 1			
COLORANTE	Inflorescencia de colli			SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l				
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l	7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l		RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l				
TIEMPO	Minutos	75 m.	110 m.	LABORATORIO TEXTIL		
TEMPERATURA:	°C	75°C	90°C	 ING. FREDY BARRERA ALVAREZ DNI 72820229		

Anexo 2. Ficha de recolección de datos de la primera muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA						
MUESTRA N° 1						
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:  <p>1/5 1/5 3/5 C = C = C = Mordiente A = Humectar Sustrato-Colorante C = Mordiente E = Enjuague</p> <p>Tiempo Total 115 minutos</p>			
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada					
PESO DE LA MUESTRA:	14.83 gramos					
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)					
VOLUMEN DE AGUA:	296.6 ml					
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO						
9. Disolver el colorante para el hilado de alpaca						
10. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)						
11. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente						
12. Elevar la temperatura hasta un punto establecido						
13. Hervir durante un tiempo determinado						
14. Enfriar a 60 °C						
15. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado						
16. Secado de la muestra en sombra						
MUESTRA TEÑIDO						
		RÉPLICA 1		RÉPLICA 2		
						
PROCESO DE TEÑIDO						
RESULTADOS RÉPLICA 1						
COLORANTE	Inflorescencia de colli			SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l		3.5	3.0	3.0
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l	7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l		RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l		3.5	3.0	3.0
TIEMPO	Minutos	75 m.	110 m.	LABORATORIO TEXTIL <i>Fredy Barreda Alvarez</i> ING. FREDY BARREDA ALVAREZ /DNI 72880229		
TEMPERATURA:	°C	75°C	90°C			

Anexo 3. Ficha de recolección de datos de la segunda muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA																
MUESTRA N°: 2																
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:													
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada															
PESO DE LA MUESTRA:	14.609 gramos															
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)															
VOLUMEN DE AGUA:	292.18 ml															
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO																
17. Disolver el colorante para el hilado de alpaca			<p style="text-align: center;">MUESTRA TEÑIDO</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">RÉPLICA 1</th> <th style="width: 50%;">RÉPLICA 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		RÉPLICA 1	RÉPLICA 2										
RÉPLICA 1	RÉPLICA 2															
18. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)																
19. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente																
20. Elevar la temperatura hasta un punto establecido																
21. Hervir durante un tiempo determinado																
22. Enfriar a 60 °C			<p style="text-align: center;">RESULTADOS RÉPLICA 1</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL LAVADO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL FROTE EN SECO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ LA LUZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.5</td> <td>3.5</td> <td>3.0</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">RESULTADOS RÉPLICA 2</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL LAVADO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL FROTE EN SECO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ LA LUZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>2.5</td> </tr> </tbody> </table>		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ	3.5	3.5	3.0	SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ	3.0	3.0	2.5
SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ														
3.5	3.5	3.0														
SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ														
3.0	3.0	2.5														
23. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado																
24. Secado de la muestra en sombra																
PROCESO DE TEÑIDO																
COLORANTE	Inflorescencia de colli			<p style="text-align: center;">LABORATORIO TEXTIL</p> <p style="text-align: center;"><i>Ing. Fredy Barreda Alvarez</i> ING. FREDY BARREDA ALVAREZ / DNI 72880229</p>												
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l														
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l	7,5 g/l													
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l		<p style="text-align: center;">RESULTADOS RÉPLICA 2</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL LAVADO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL FROTE EN SECO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ LA LUZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>2.5</td> </tr> </tbody> </table>		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ	3.0	3.0	2.5					
SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ														
3.0	3.0	2.5														
FIJADOR	Albafix eco	3%														
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l														
TIEMPO	Minutos	75 m.	110 m.													
TEMPERATURA:	°C	75°C	90°C													

Anexo 4. Ficha de recolección de datos de la tercera muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA						
MUESTRA N°: 3						
MATERIAL:	Fibra de alpaca			CURVA DE TEÑIDO:		
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada					
PESO DE LA MUESTRA:	14.691 gramos					
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)					
VOLUMEN DE AGUA:	293.82 ml					
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO						
25. Disolver el colorante para el hilado de alpaca						
26. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)						
27. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente						
28. Elevar la temperatura hasta un punto establecido						
29. Hervir durante un tiempo determinado						
30. Enfriar a 60 °C						
31. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado						
32. Secado de la muestra en sombra						
MUESTRA TEÑIDO						
		RÉPLICA 1	RÉPLICA 2			
PROCESO DE TEÑIDO						
RESULTADOS RÉPLICA 1						
COLORANTE	Inflorescencia de colli			SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l		3.0	4.5	3.5
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l	7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l		RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l		3.5	4.0	3.0
TIEMPO	Minutos	75 m.	110 m.	LABORATORIO TEXTIL		
TEMPERATURA:	°C	75°C	90°C	 ING. FREDY BARREDA ALVAREZ DNI 72280229		

Anexo 5. Ficha de recolección de datos de la cuarta muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA										
MUESTRA N°: 4										
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:							
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada									
PESO DE LA MUESTRA:	14.689 gramos									
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)									
VOLUMEN DE AGUA:	293.78 ml.									
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO										
33. Disolver el colorante para el hilado de alpaca			<p style="text-align: center;">MUESTRA TEÑIDO</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">RÉPLICA 1</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">RÉPLICA 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>		RÉPLICA 1	RÉPLICA 2				
RÉPLICA 1	RÉPLICA 2									
34. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)										
35. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente										
36. Elevar la temperatura hasta un punto establecido										
37. Hervir durante un tiempo determinado										
38. Enfriar a 60 °C			<p style="text-align: center;">RESULTADOS RÉPLICA 1</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL LAVADO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ AL FROTE EN SECO</th> <th style="width: 33%;">SOLIDEZ LA LUZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">3.0</td> <td style="text-align: center;">3.5</td> <td style="text-align: center;">3.0</td> </tr> </tbody> </table>		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ	3.0	3.5	3.0
SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ								
3.0	3.5	3.0								
39. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado										
40. Secado de la muestra en sombra										
PROCESO DE TEÑIDO			RESULTADOS RÉPLICA 2							
COLORANTE	Inflorescencia de colli		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ					
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l	3.0	3.5	3.0					
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l 7,5 g/l								
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l	RESULTADOS RÉPLICA 2							
FIJADOR	Albafix eco	3%	SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ					
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l	4.0	3.5	4.0					
TIEMPO	Minutos	75 m. 110 m.	LABORATORIO TEXTIL ING. FREDY BARRERA ALVAREZ DNI 72880229							
TEMPERATURA:	°C	75°C 90°C								

Anexo 6. Ficha de recolección de datos de la quinta muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA						
MUESTRA N°: 5						
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:			
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada					
PESO DE LA MUESTRA:	14.53 gramos					
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)					
VOLUMEN DE AGUA:	290.6 ml.					
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO						
41. Disolver el colorante para el hilado de alpaca						
42. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)						
43. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente						
44. Elevar la temperatura hasta un punto establecido						
MUESTRA TEÑIDO						
45. Hervir durante un tiempo determinado		RÉPLICA 1		RÉPLICA 2		
46. Enfriar a 60 °C						
47. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado						
48. Secado de la muestra en sombra						
PROCESO DE TEÑIDO						
RESULTADOS RÉPLICA 1						
COLORANTE	Inflorescencia de colli			SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l		3.5	3.0	4.0
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l	7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l		RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l		4.0	3.0	4.0
TIEMPO	Minutos	75 m.	110 m.	LABORATORIO TEXTIL ING. FREDY BARREDA ALVAREZ DNI 72880229		
TEMPERATURA:	°C	75°C	90°C			

Anexo 7. Ficha de recolección de datos de la sexta muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA					
MUESTRA N°: 6					
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:		
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada		<p style="text-align: center;">1/5 1/5 3/5 C = C = C = Mordiente</p> <p>A = Humectar Sustrato-Colorante C = Mordiente E = Enjuague</p> <p style="text-align: right;">Tiempo Total 115 minutos</p>		
PESO DE LA MUESTRA:	14.968 gramos				
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)				
VOLUMEN DE AGUA:	299.36 ml				
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO					
49. Disolver el colorante para el hilado de alpaca					
50. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)					
51. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente					
52. Elevar la temperatura hasta un punto establecido			MUESTRA TEÑIDO		
53. Hervir durante un tiempo determinado			RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	
54. Enfriar a 60 °C					
55. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado					
56. Secado de la muestra en sombra			RESULTADOS RÉPLICA 1		
PROCESO DE TEÑIDO					
COLORANTE	Inflorescencia de colli		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l	4.0	3.5	4.0
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l 7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l	RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%	SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l	4.0	3.5	4.5
TIEMPO	Minutos	75 m.	LABORATORIO TEXTIL		
TEMPERATURA:	°C	75°C 90°C	 ING. FREDY BARREDA ALVAREZ DNI 72820229		

Anexo 8. Ficha de recolección de datos de la séptima muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA					
MUESTRA N° :7					
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:		
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada				
PESO DE LA MUESTRA:	14.833 gramos				
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)				
VOLUMEN DE AGUA:	296.66 ml.				
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO					
57. Disolver el colorante para el hilado de alpaca					
58. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)					
59. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente					
60. Elevar la temperatura hasta un punto establecido			MUESTRA TEÑIDO		
61. Hervir durante un tiempo determinado			RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	
62. Enfriar a 60 °C					
63. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado					
64. Secado de la muestra en sombra					
PROCESO DE TEÑIDO			RESULTADOS RÉPLICA 1		
COLORANTE	Inflorescencia de colli		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l	4.0	3.5	4.0
MORDIENTE:	Cremer tartaro	3,5 g/l 7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l	RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%	SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l	4.0	3.0	4.5
TIEMPO	Minutos	75 m.	LABORATORIO TEXTIL ING. FREDY BARREDA ALVAREZ DNI 72880229		
TEMPERATURA:	°C	75°C 90°C			

Anexo 9. Ficha de recolección de datos de la octava muestra y su repetición

TEÑIDO DE HILADO DE ALPACA					
MUESTRA N°: 8					
MATERIAL:	Fibra de alpaca		CURVA DE TEÑIDO:		
MUESTRA:	Hilado de alpaca 3/10 - Pretratada				
PESO DE LA MUESTRA:	14.456 gramos				
RELACIÓN DE BAÑO:	1:20 (1 gramo: 20 ml)				
VOLUMEN DE AGUA:	289.12 ml.				
PROCEDIMIENTO DE TEÑIDO					
65. Disolver el colorante para el hilado de alpaca					
66. Remojar la muestra con el colorante disuelto durante 10' a una temperatura ambiente (20 °C)					
67. Agregar los auxiliares textiles de teñido durante 10' y mordiente					
68. Elevar la temperatura hasta un punto establecido					
69. Hervir durante un tiempo determinado					
70. Enfriar a 60 °C					
71. Enjuagar estructurado la muestra 3 veces (5' por vez) y suavizado					
72. Secado de la muestra en sombra					
MUESTRA TEÑIDO					
RÉPLICA 1					
RÉPLICA 2					
RESULTADOS RÉPLICA 1					
COLORANTE	Inflorescencia de colli		SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
IGUALANTE	Albegal Set	0.3 gr/l	4.5	4.0	4.5
MORDIENTE:	Cremor tártaro	3,5 g/l 7,5 g/l			
ANTIQUIEBRE	Albafluid cd	2.0 g/l	RESULTADOS RÉPLICA 2		
FIJADOR	Albafix eco	3%	SOLIDEZ AL LAVADO	SOLIDEZ AL FROTE EN SECO	SOLIDEZ LA LUZ
SUAVIZANTE	Helpawet p-da	1 g/l	4.5	4.0	5.0
TIEMPO	Minutos	75 m.	LABORATORIO TEXTIL <i>ING. FREDY BARRERA ALVAREZ</i> DNI 72880229		
TEMPERATURA:	°C	75°C 90°C			

Anexo 10. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color al lavado

FICHA DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS INFORMATIVOS: PRUEBAS DE SOLIDEZ DE COLOR AL LAVADO	
Asunto:	Pruebas de solidez al lavado doméstico e industrial
Procedencia:	Universidad Nacional de Juliaca
Interesado:	Alexander Sucasaca Quispe
Muestras:	Muestras teñidas de fibra de alpaca
Fecha de recepción:	02/02/2021
Fecha de análisis:	05/02/2021

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD				
MATERIAL: Hilado de alpaca teñido con colorante natural inflorescencia de colli.			Título: 3/10 Color: Amarillo	
PRUEBA: Solidez de color al lavado – Basado en las Normas AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering y Normas Técnica Peruana NTP 231.181:1986 (revisada el 2020).				
RESULTADOS: Evaluación de transferencia de color del espécimen teñido.				
Equipo	Replica N° 1		Replica N° 2	
Lauderometro	Solidez de color al lavado		Solidez de color al lavado	
	Muestra	Solidez al lavado	Muestra	Solidez al lavado
	Muestra 1	3.5	Muestra 1	3.5
	Muestra 2	3.5	Muestra 2	3.0
	Muestra 3	3.0	Muestra 3	3.5
	Muestra 4	3.0	Muestra 4	4.0
	Muestra 5	3.5	Muestra 5	4.0
	Muestra 6	4.0	Muestra 6	4.0
	Muestra 7	4.0	Muestra 7	4.0
	Muestra 8	4.5	Muestra 8	4.0



Juliaca, febrero del 2021

MVZ. Eusebio Disederio Guevara Garnica
Analista en Innovación y Transferencia Tecnológica
CITE Textil Camélidos Puno - ITP

Anexo 11. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color al frote

FICHA DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS INFORMATIVOS: PRUEBAS DE SOLIDEZ DE COLOR AL FROTE EN SECO	
Asunto:	Pruebas de solidez al frote en seco
Procedencia:	Universidad Nacional de Juliaca
Interesado:	Alexander Sucasaca Quispe
Muestras:	Muestras teñidas de fibra de alpaca
Fecha de recepción:	02/02/2021
Fecha de análisis	10/02/2021

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD				
MATERIAL: Hilado de alpaca teñido con colorante natural inflorescencia de colli.			Título: 3/10 Color: Amarillo	
PRUEBA: Solidez al frote en seco – AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method y Normas Técnica Peruana NTP 231.042:2009 (revisada el 2019). Ensayo de solidez del color al frote.				
RESULTADOS: Evaluación de transferencia de color del espécimen teñido				
Equipo	Réplica N° 1		Réplica N° 2	
Crockmeter	Solidez de color al frote		Solidez de color al frote	
	Muestra	Solidez al frote	Muestra	Solidez al frote
	Muestra 1	3.0	Muestra 1	3.0
	Muestra 2	3.5	Muestra 2	3.0
	Muestra 3	4.5	Muestra 3	4.0
	Muestra 4	3.5	Muestra 4	3.5
	Muestra 5	3.0	Muestra 5	3.0
	Muestra 6	3.5	Muestra 6	3.5
	Muestra 7	3.5	Muestra 7	3.0
	Muestra 8	4.0	Muestra 8	4.0



Juliaca, febrero del 2021

MVZ. Eusebio Disederio Guevara Garnica
Analista en Innovación y Transferencia Tecnológica
CITE Textil Camélidos Puno - ITP

Anexo 12. Ficha técnica de recolección de datos de solidez de color a la luz

FICHA DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS INFORMATIVOS: PRUEBAS DE SOLIDEZ DE COLOR A LA LUZ SOLAR	
Asunto:	Pruebas de solidez a la luz solar
Procedencia:	Universidad Nacional de Juliaca
Interesado:	Alexander Sucasaca Quispe
Muestras:	Sustratos de fibra de alpaca teñida con colorante inflorescencia de colli
Fecha de recepción:	02/02/2021
Fecha de análisis	15/02/2021

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD				
MATERIAL: Hilado de alpaca teñido con colorante natural inflorescencia de colli			Título: 3/10 Color: Amarillo	
PRUEBA: Solidez a la luz – AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light y Normas Técnica Peruana NTP 231.193:1986 (revisada el 2020). Método para determinar la solidez de color a la luz solar en tejidos artesanales				
RESULTADOS: Evaluación de cambio de color del espécimen teñido				
Equipo	Réplica N° 1		Réplica N° 2	
Exposición a la luz solar	Solidez de color a la luz solar		Solidez de color a la luz solar	
	Muestra	Solidez a la luz	Muestra	Solidez a la luz
	Muestra 1	3.0	Muestra 1	3.0
	Muestra 2	3.0	Muestra 2	2.5
	Muestra 3	3.5	Muestra 3	3.0
	Muestra 4	3.0	Muestra 4	4.0
	Muestra 5	4.0	Muestra 5	4.0
	Muestra 6	4.0	Muestra 6	4.5
	Muestra 7	4.0	Muestra 7	4.5
	Muestra 8	4.5	Muestra 8	5.0



Juliaca, febrero del 2021

MVZ. Eusebio Disederio Guevara Garnica
Analista en Innovación y Transferencia Tecnológica
CITE Textil Camélidos Puno - ITP

Anexo 13. Evidencias Fotográficas de la investigación



Figura 66. Pigmento acuoso extraído de la inflorescencia de colli.



Figura 67. Medición del pH del pigmento.



Figura 68. Almacenamiento del pigmento para su aplicación en la tintura.



Figura 69. Madejado de hilado de alpaca.



Figura 70. Preparación del mordiente y auxiliares textiles



Figura 71. Pesado de los materiales e insumos



Figura 72. Pipeteado de los auxiliares textiles



Figura 73. Introduciendo el colorante en los tubos de la máquina de teñido.



Figura 74. Programando máquina de tinte para muestras



Figura 75. Fotografía del tesista con la máquina de teñidora.

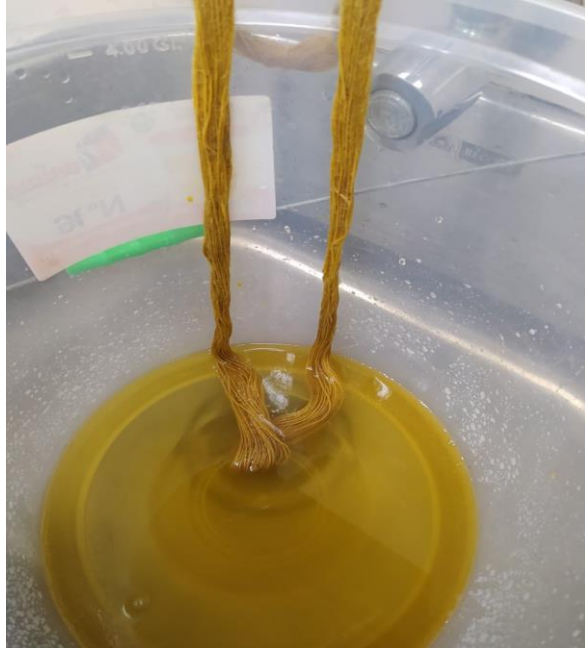


Figura 76. Lavado y enjuague del hilado teñido.

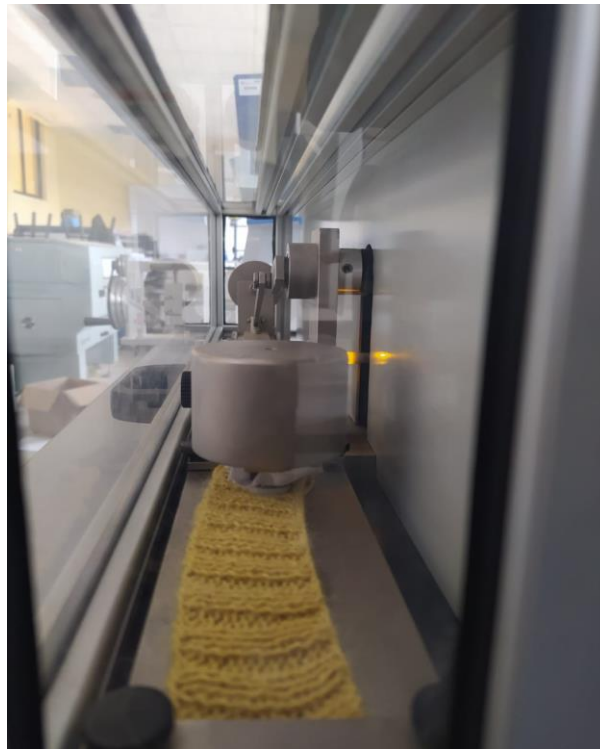


Figura 77. Prueba de solidez de color al frote.



Figura 78. Muestras testigo de material algodón para evaluar la transferencia de color.



Figura 79. Evaluación de la solidez de color al frote con la escala de grises a la transferencia de color.



Figura 80. Tubos de ensayo con billas para el lavado de muestras teñidas.



Figura 81. Máquina lauderometro para prueba de lavado.



Figura 82. Evaluación en la cabina de luz la solidez de color.

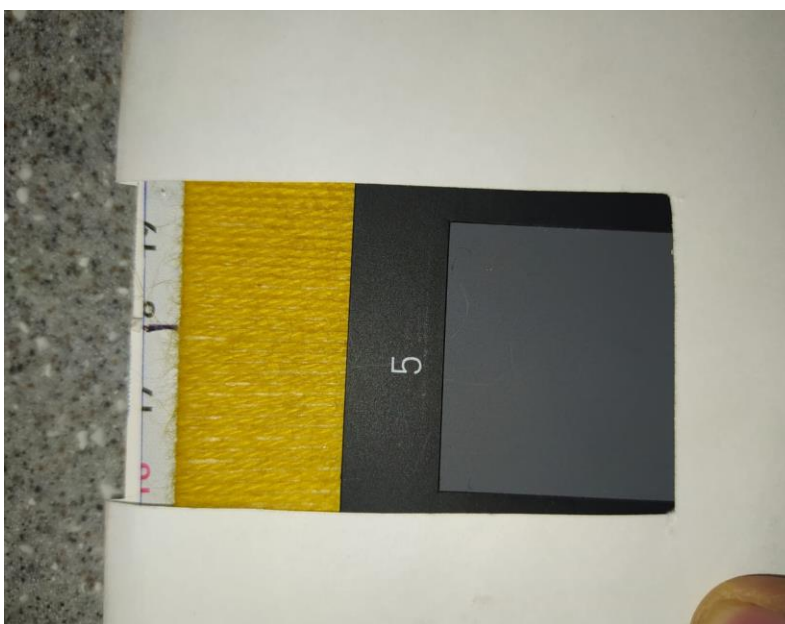


Figura 83. Evaluación de solidez de color al cambio de color

Anexo 14. Matriz de consistencia

EFFECTOS DEL COLORANTE NATURAL INFLORESCENCIA DE COLLI (*Buddleja coriacea*) EN LA SOLIDEZ DE COLOR DE TEÑIDO DE FIBRAS DE ALPACA, PUNO 2021

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Variable independiente (I)	Mordiente	g/l (gramos por litro)	TIPO: Según enfoque cuantitativo NIVEL: Explicativo DISEÑO: Experimental POBLACIÓN: 16 sustratos teñidos MUESTRA: 16 sustratos teñidos TÉCNICAS: Observación y análisis de laboratorio INSTRUMENTOS: Ficha técnica de experimentación PROCEDIMIENTOS: Tablas y figuras estadísticas Anova. Diagrama de Pareto
¿Cuáles son los efectos del colorante natural de inflorescencia de colli (<i>Buddleja coriacea</i>) en la solidez del color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021?	Determinar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (<i>Buddleja coriacea</i>) en la solidez del color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.	El colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efectos significativos en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021	Colorante natural extraído de la inflorescencia de colli (<i>Buddleja coriacea</i>)	Temperatura	° C (grados centígrados)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Variable dependiente (II)	Solidez del color al lavado	El grado de transferencia de color	
¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez al lavado del color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021?	Identificar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) en la solidez de color al lavado de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.	El colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez de color al lavado del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.		Solidez de color a la luz solar	El grado de cambio de color	
¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez a la luz del color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021?	Establecer los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) en la solidez de color a la luz del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.	El colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez del color a la luz del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.		Solidez de color al frote	Grado de transferencia de color o manchado de la tela testigo	
¿Cuál es el efecto del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez al frote del color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021?	Analizar los efectos del colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) en la solidez de color al frote de teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.	El colorante natural inflorescencia de colli (<i>buddleja coriacea</i>) tiene efecto significativo en la solidez de color al frote del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021.				

Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

“Universidad Pública de Calidad”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"