

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis

Efecto del teñido de tinte de “cochinilla” (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos sobre las propiedades de colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*)

Presentado por:

Liz Nerida Huamani Navarro

Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2024



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



TESIS

Efecto del teñido de tinte de “cochinilla” (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos sobre las propiedades de colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*)

Presentado por **Huamani Navarro Liz Nerida**, para optar el título de: Ingeniero agroindustrial

Sustentado y aprobado 16 de setiembre del 2024, ante el jurado evaluador:

Presidente:

Ing. Abel Enrique Jesús Mujica Paredes

Primer miembro:

Mg. Luis Ricardo Paredes Quiroz

Segundo miembro:

Dr. Anderson Nuñez Fernández

Asesores:

Ing. Ruth Mery Ccopa Flores

Mg. Arturo Quispe Quispe

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 175-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **“Efecto del teñido de tinte de Cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos sobre las propiedades de colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*)”** presentado por la Bach. **Liz Nerida Huamani Navarro**, Para optar el Título de **Ingeniero Agroindustrial**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (13%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 12 de setiembre del 2024


Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA

C. c.
Archivo
REG. N° 666

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por haberme dado la vida, por darme muchas fuerzas y energía en el transcurso de mi trabajo de tesis.

Como también agradezco a mis padres Nemecio Huamani Cahuana y N. Irma Navarro Pacco y hermanos, quienes fueron mi apoyo incondicional en toda la trayectoria de mi vida, gracias por sus buenos valores y sus motivaciones que me han inculcado, déjenme decirles que los amo y son mi pilar fundamental.

A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por haberme brindado muchas oportunidades y enriquecerme en conocimientos, de igual forma a mis asesores: Ing. Ruth M. Ccopa F. y Mg. Arturo Quispe Q, jurados y docentes, que gracias a sus consejos y correcciones han hecho que la tesis se realice con éxito.



Dedicatoria

A mi padre por ser un hombre humilde, honesto y trabajador que quiere el bien para sus hijos, por su sacrificio infinito para no hacer falta a su familia, por sus valores, motivaciones y correcciones por su amor infinito que me brinda. A mi madre por ser la madre más linda del mundo por dar lo mejor para sus hijos por sus orientaciones y por su amor infinito que me brinda.

A mis hermanos Edwin, Nemecio, Alexander y Daira por su apoyo moral que me ofrecieron en todos estos años de mi vida.

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



Efecto del teñido de tinte de “cochinilla” (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos sobre las propiedades de colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca

Huacaya (*Vicugna pacos*)

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 Descripción del problema	7
1.2 Enunciado del problema	8
1.2.1 Problema general.....	8
1.2.2 Problemas específicos	8
1.3 Justificación de la investigación.....	8
CAPÍTULO II	10
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
2.1 Objetivos de la investigación.....	10
2.1.1 Objetivo general	10
2.1.2 Objetivos específicos.....	10
2.2 Hipótesis de la investigación	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis específicas	11
2.3 Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III	13
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	13
3.1 Antecedentes	13
3.2 Marco teórico	17
3.2.1 Alpaca Huacaya.....	17
3.2.1.1 Características	17
3.2.2 Fibras naturales	18
3.2.3 Fibra de alpaca	18
3.2.3.1 Estructura de la fibra de alpaca Huacaya	19
3.2.3.2 Clasificación por grupos de calidades.....	20
3.2.4 Propiedades físicas de la fibra de alpaca Huacaya.....	20

3.2.5	Propiedades químicas de la fibra de alpaca Huacaya.....	22
3.2.6	Tintes naturales	23
3.2.6.1	Tinte de la cochinilla	23
3.2.7	Colorantes	24
3.2.8	Teñido.....	25
3.2.8.1	Aplicación en el teñido.....	25
3.2.9	Parámetros que influyen en el teñido	25
3.2.10	Los mordientes	26
3.2.11	Propiedades de solidez de color	27
3.2.12	Colorimetría	27
3.3	Marco conceptual.....	30
CAPÍTULO IV.....		31
METODOLOGÍA.....		31
4.1	Tipo y nivel de investigación	31
4.1.1	Tipo de investigación:.....	31
4.1.2	Nivel de investigación:.....	31
4.2	Diseño de la investigación	31
4.3	Población y muestra.....	33
4.3.1	Población.....	33
4.3.2	Muestra.....	34
4.4	Procedimiento de la investigación	34
4.4.1	Obtención de la cochinilla.....	34
4.4.2	Proceso para el teñido de fibra.....	34
4.4.3	Teñido de la fibra con mordientes	35
4.5	Técnica e instrumento	36
4.5.1	Determinación de parámetros de colorimetría	36
4.5.2	Características textiles.....	37
4.5.3	Bandas químicas.....	37
4.5.4	Solidez de la fibra teñida.....	38
4.5.5	Materiales e insumos.....	38
4.6	Análisis estadístico.....	39
CAPÍTULO V		40
RESULTADOS Y DISCUSIONES		40
5.1	Análisis de resultados	40
5.1.1	Análisis de colorimetría de la fibra de alpaca Huacaya teñida con tinte de cochinilla	40
5.1.2	Análisis de las características textiles de muestras del hilo de fibra de alpaca Huacaya.	45

5.1.3	Bandas químicas.....	51
5.1.5	Análisis de propiedades de solidez.....	53
5.2	Contrastación de hipótesis	55
5.3	Discusión	55
CAPÍTULO VI.....		58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
6.1	Conclusiones.....	58
6.2	Recomendaciones	59
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		60
ANEXOS		66



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	12
Tabla 2 — Taxonomía de la alpaca Huacaya (Vicugna pacos).....	18
Tabla 3 — Composición elemental de la fibra natural proteica	19
Tabla 4 — Taxonomía de la cochinilla	23
Tabla 5 — Región del espectro IR.....	29
Tabla 6 — Diseño estadístico de la investigación	32
Tabla 7 — Diseño de los tratamientos de las propiedades colorimétricas.....	32
Tabla 8 — Diseño de los tratamientos para las características textiles	33
Tabla 9 — Parámetros de color obtenidos de la muestra de fibra teñida con tinte de cochinilla.	40
Tabla 10 — ANOVA para determinar luminosidad (L*)	41
Tabla 11 — ANOVA para determinar coordenada (a*)	42
Tabla 12 — ANOVA para determinar coordina (b*)	43
Tabla 13 — ANOVA para determinar el croma (C*).....	44
Tabla 14 — ANOVA para determinar el ángulo de matiz (h°)	45
Tabla 15 — Parámetros de características textiles de la muestra de fibra teñida con tinte de cochinilla.....	46
Tabla 16 — ANOVA para determinar el diámetro medio de fibra.	47
Tabla 17 — ANOVA para determinar el coeficiente de variación de DMF	48
Tabla 18 — ANOVA para determinar el factor de confort (CF).....	49
Tabla 19 — ANOVA para determinar el índice de curvatura (CU)	50
Tabla 20 — ANOVA para determinar la finura al hilado (SF)	51
Tabla 21 — Prueba de solidez en fibra de alpaca teñido con tinte de cochinilla con aplicación de mordientes.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Estructura de la fibra de alpaca	20
Figura 2 — Longitud de mecha.....	21
Figura 3 — Colores en alpaca Huacaya	22
Figura 4 — La cochinilla.....	24
Figura 5 — Estructura química de la grana cochinilla.....	24
Figura 6 — Esquema del proceso de mordentado.....	27
Figura 7 — El espacio de color CIE L*A*B*	28
Figura 8 — Diagrama de flujo del teñido de la fibra de alpaca con tinte de cochinilla	36
Figura 9 — Diagrama de luminosidad (L*)	42
Figura 10 — Diagrama de barra para la coordinada (a*)	42
Figura 11 — Diagrama de barra para la coordinada (b*).....	43
Figura 12 — Diagrama de barra para el croma (C*).....	44
Figura 13 — Diagrama de barra para el tono de matiz (h°).....	45
Figura 14 — Diámetro medio de fibra	47
Figura 15 — Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra	48
Figura 16 — Diagrama de factor de confort	49
Figura 17 — Diagrama de índice de curvatura	50
Figura 18 — Diagrama de finura al hilado.....	51
Figura 19 — Análisis de FTIR en fibra de alpaca teñido con tinte de cochinilla con aplicación de mordientes.	53

INTRODUCCIÓN

La industria textil ha buscado constantemente mejorar la calidad y durabilidad de sus productos, manteniendo al mismo tiempo prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Dentro de este contexto, la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) destaca por sus excepcionales cualidades, como su suavidad, resistencia térmica y versatilidad. Sin embargo, uno de los desafíos más significativos para dar valor agregado a la fibra es el desarrollo de métodos de teñido que no solo realcen su belleza natural, sino que también contribuyan a la sostenibilidad del sector alpaquero. El tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*), conocido por su color rojo intenso llamado ácido carmínico y su historia de uso ancestral, ofrece una alternativa natural a los colorantes sintéticos dominantes en la industria de textiles y artesanal. Por otro lado, los mordientes metálicos, son compuestos que ayudan a fijar y estabilizar los colores en las fibras, reduciendo el impacto ambiental y la alteración de las propiedades de la fibra. Por lo tanto, es crucial investigar métodos de teñido con tintes naturales y ecológicos. Esta investigación se centra en el efecto del teñido de tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos sobre las propiedades colorimétricas, bandas químicas y de solidez de color en fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*). Siendo el objetivo principal de la tesis determinar el efecto de las propiedades colorimétricas, bandas químicas y solidez del color de tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en el teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*). Este estudio se centra en la fibra de alpaca Huacaya obtenida de productores locales en la región de Apurímac, tinte natural (cochinilla) obtenido del Distrito de Caraybamba y mordientes metálicos natural de la ciudad de Cusco.

La tesis está organizada en capítulos. En el Capítulo I, se aborda el problema de investigación, destacando las cuestiones actuales relacionadas con la caracterización de fibras teñidas. El Capítulo II define los objetivos y plantea las hipótesis, detallando los elementos clave que serán examinados. El Capítulo III construye un marco teórico basado en estudios previos tanto locales como internacionales. La metodología adoptada se describe en el Capítulo IV, explicando las técnicas y herramientas seleccionadas para la recolección de datos significativos, así como los procedimientos específicos y la muestra investigada. En el Capítulo V, para el análisis de los resultados se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (A*B) obteniendo 16 tratamientos con 3



repeticiones, se consideraron significativos los valores $P < 0.05$ para la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Como resultado se obtuvo que el análisis de varianza para la colorimetría luminosidad (L^*), coordenada (a^* y b^*), croma (C^*) y el ángulo de matiz (h°) y características textiles diámetro medio de fibra (DMF), factor de confort (CF), índice de curvatura (CU) y finura al hilado (SF) presentó diferencia significativa con valores menores, como mejor tratamiento (T11) mordiente collpa con 6g de tinte de cochinilla, con excepción del coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (CV-DMF) que no presentó diferencia significativa en cuanto al mordiente, tinte y la interacción. La solidez al lavado y al frote se determinó con 8 tratamientos con 4g y 6g de tinte de cochinilla, con una puntuación de (4-5) muy buena para el lavado y (3-4) con respecto a la solidez al frote en seco, la evaluación se realizó en cabina de luces usando luz D65 con la escala de grises para la transferencia de color y para el cambio de color. Con el uso de la espectroscopia FT-IR se determinó las bandas químicas con 2g, 4g, 6g y 10g de tinte de cochinilla, finalmente, se verificó que la absorbancia de los enlaces químicos presentes en el espectro (FT-IR) se muestra que los enlaces de N-H y O-H presentan mayor intensidad en relación con el número de onda, con 4g de tinte de cochinilla sin mordiente.

Finalmente, el Capítulo VI de la investigación se concluyó que el análisis de la colorimetría y características textiles presentaron un valor de ($p < 0.05$), por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que indica que el mordiente, tinte y la interacción influyen en el teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*).



RESUMEN

La investigación de tesis se centra en el teñido con tintes naturales que mejoren la calidad y variedad de tonos en fibras de alpaca Huacaya. Se justifica por la necesidad de reducir el impacto ambiental negativo generado por los colorantes sintéticos. El objetivo principal de la investigación de tesis fue utilizar colorantes naturales y mordientes metálicos para mejorar las propiedades textiles y colorimetría, contribuyendo a prácticas más sostenibles en la industria textil y artesanal. Se investigó el uso de tinte obtenido de la cochinilla y mordientes metálicos (alumbre, collpa y sal de limón). Para el baño de tinte se requirió 250ml con tinte de cochinilla (2, 4, 6 y 10g) a una temperatura 85°C y un tiempo de 10min, seguidamente se usó el método de teñido de posmordentado con 0.4g de mordiente metálico a una temperatura de 85°C por un tiempo de 5min. Para obtener los resultados se midió el color de las fibras teñidas con la ayuda de un colorímetro, con la escala de CIEL ab en las coordenadas *L, *a, *b, *C y °h, también las características textiles en donde se determinó el diámetro medio de fibra (DMF μm), coeficiente de variación (CV-DMF μm), factor de confort (CF%), índice de curvatura (CU%) y finura al hilado (SF μm), las bandas químicas con la ayuda de la espectroscopia FT-IR y la solidez de color con la escala de grises. Como resultado en la colorimetría de la fibra teñida con tinte de cochinilla el tratamiento 11 (6g de tinte de cochinilla con collpa) presento el mejor teñido con un color oscuro, con respecto a las características textiles se determinó el tratamiento 16 (10g de tinte con sal de limón) presentó una mejor calidad de fibra. Para las bandas químicas el tratamiento 2 (tinte de cochinilla sin mordiente) presenta una mayor intensidad en el espectro con respecto a los picos y con una longitud de onda de 3288cm^{-1} y finalmente la solidez de color obtuvo un mejor resultado con una puntuación de (5) con el tratamiento 10 (4g de tinte de cochinilla con collpa) en cuanto a la solidez al lavado y también la solidez al frote en seco y húmedo presento el tratamiento 15(6g de tinte de cochinilla con sal de limón) con resultados mejores en cuanto al frote en húmedo con una puntuación de (4). En conclusión, el uso de mordientes metálicos en el teñido de fibras de alpaca con tinte de cochinilla tiene efecto en la fijación del colorante y la



formación de una gama más amplia de tonos, mejorando así la calidad del teñido con cochinilla.

Palabra clave: *Tinte de cochinilla, fibra; alpaca Huacaya, mordientes metálicos, solidez de color.*



ABSTRACT

The thesis research focuses on dyeing with natural dyes that improve the quality and variety of tones in Huacaya alpaca fibers. It is justified by the need to reduce the negative environmental impact generated by synthetic dyes. The main objective of the thesis research was to use natural dyes and metallic mordants to improve textile properties and colorimetry, contributing to more sustainable practices in the textile and craft industry. The use of dye obtained from cochineal and metallic mordants (alum, clay lick and lemon salt) was investigated. For the dye bath, 250ml with cochineal dye (2, 4, 6 and 10g) was required at a temperature of 85°C and a time of 10min, then the post-etching dyeing method was used with 0.4g of metallic mordant at a temperature of 85°C for a time of 5min. To obtain the results, the color of the dyed fibers was measured with the help of a colorimeter, with the CIEL ab scale at the coordinates *L,*a,*b,*C and °h, also the textile characteristics where the average fiber diameter (DMF μm), coefficient of variation (CV-DMF μm), comfort factor (CF%), curvature index (CU%) and yarn fineness (SF μm) were determined chemical bands with the help of FT-IR spectroscopy and color fastness with gray scale. As a result, in the colorimetry of the fiber dyed with cochineal dye, treatment 11 (6g of cochineal dye with clay lick) presented the best dyeing with a dark color, with respect to the textile characteristics, treatment 16 (10g of dye with lemon salt) was determined to have better fiber quality. For the chemical bands, treatment 2 (cochineal dye without mordant) presents a greater intensity in the spectrum with respect to the peaks and with a wavelength of 3288cm^{-1} and finally the color fastness obtained a best result with a score of (5) with treatment 10 (4g of cochineal dye with clay lick) Regarding fastness to washing and also fastness to dry and wet rubbing, I present treatment 15 (6g of cochineal dye with lemon salt) with better results in terms of wet rubbing with a score of (4). In conclusion, the use of metallic mordants in the dyeing of alpaca fibers with cochineal dye has an effect on the fixation of the dye and the formation of a wider range of shades, thus improving the quality of cochineal dyeing.



Keywords: *Cochineal dye, fiber; Huacaya nickel silver, metallic mordants, color fastness.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la industria textil, el uso de colorantes sintéticos ha aumentado significativamente. Durante el proceso de teñido, entre el 10% y el 20% de estos colorantes se convierten en contaminantes, lo que resulta en la producción de 0.7 millones de toneladas de tintes sintéticos a nivel mundial (Sánchez *et al.*, 2024). Estos colorantes afectan a la contaminación ambiental debido a sus contenidos tóxicos y la dificultad para degradarse, afectando el agua y el suelo, y generando emisiones de carbono que impactan el cambio climático y el calentamiento global (Silvia, 2024). Además, representan un riesgo para la salud de las especies vegetales, animales y los seres humanos.

La cochinilla sigue siendo relevante en la industria textil por sus propiedades como tinte natural. Según AGROPERÚ (2024), produce tinturas rojas y púrpuras con un grado de pureza del 18% al 20% de ácido carmínico, siendo Perú el mayor productor y exportador del mundo. Sin embargo, existen problemas como la demanda alta de cochinilla ha llevado a la sobrepoblación y explotación de estos insectos, en cuanto al problema social las condiciones laborales precarias, los trabajadores pueden enfrentar condiciones laborales peligrosas y salarios bajos. Por lo tanto, es necesario las practicas sostenibles y recolección y producción (Garcia, 2024).

Por otra parte, la alpaca Huacaya es reconocida internacionalmente por la calidad y durabilidad de su fibra, la variedad de colores y su sostenibilidad en comparación con otros animales, los productores de alpaca Huacaya en Perú enfrentan dificultades para acceder a mercados más amplios y obtener un precio justo por su fibra. Sin embargo, son comercializados por los intermediarios y la falta de tecnologías adecuada para el procesamiento y transformación de la fibra de alpaca Huacaya limitan su valor agregado (Aguilar y torres, 2023).

Por ello, esta investigación busca reducir el uso de colorantes sintéticos reemplazándolos con colorantes naturales, utilizando el teñido natural de la fibra de alpaca con tinte de cochinilla y mordientes metálicos. Esta solución podría mejorar las propiedades de las fibras textiles, ofreciendo una gama de colores diversa y de alta calidad.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez del color?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las propiedades colorimétricas?
- ¿Cuál será el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las características textiles?
- ¿Cuál será el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las bandas químicas?
- ¿Cuál será el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en la solidez de color?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación de tesis es de importancia tanto para la industria textil como para el ecosistema. Se justifica por la necesidad de reducir el impacto ambiental negativo generado por los colorantes sintéticos en la industria textil y artesanal, los

cuales producen efluentes textiles que son una fuente significativa de contaminación a los cuerpos de agua y degradación ecológica.

Por otra parte, esta investigación es relevante por varias razones:

- **Sostenibilidad ambiental:** Los tintes naturales se descomponen fácilmente en el medio ambiente, lo que reduce la dependencia de productos químicos y sintéticos que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.
- **Salud y seguridad:** los tintes naturales no contienen sustancias químicas tóxicas, menos probabilidad de causar alergias o irritaciones en la piel.
- **Conservación cultural:** El uso de tintes naturales preserva las tradiciones de diversas comunidades y su patrimonio cultural, transmitido de generación en generación.

Al evaluar el tinte de cochinilla y los mordientes metálicos como opciones viables, se abre la posibilidad de ofrecer una solución que no solo sea menos perjudicial para el ambiente, sino que también proporcione beneficios económicos y sociales al mejorar la calidad y la resistencia del color en textiles de alto valor, como la fibra de alpaca Huacaya. Asimismo, la investigación tiene el potencial de promover el uso responsable y sostenible de recursos naturales como la cochinilla, fortaleciendo las comunidades locales que dependen de estos recursos y fomentando prácticas de comercio justo y desarrollo sostenible (Gupta et al., 1981).

Los resultados de este estudio podrían contribuir significativamente al conocimiento científico y técnico en el campo del teñido natural, ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones industriales. La posibilidad de mejorar las propiedades textiles, colorimétricas y de solidez de color de la fibra de alpaca Huacaya con métodos ecológicos podría revolucionar la sostenibilidad ambiental, reducir el uso de productos químicos nocivos y disminuir la contaminación del agua y del suelo. Además, podría resultar en productos de mayor calidad, más duraderos y con colores vibrantes, impulsando la innovación en la industria textil y atrayendo a consumidores conscientes del medio ambiente dispuestos a pagar más por productos sostenibles.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez del color.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las propiedades colorimétricas.
- Determinar el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las características textiles.
- Determinar el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en las bandas químicas.
- Determinar el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos en la solidez del color.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

El efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos influirá en las

propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez del color.

2.2.2 Hipótesis específicas

- El efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos influirá en las propiedades colorimétricas.
- El efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos influirá en las características textiles.
- El efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos influirá en las bandas químicas.
- El efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos influirá en la solidez del color.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Mediciones	Indicadores	Índice
Variables Independientes	Cantidad de tinte	<ul style="list-style-type: none"> • 2 • 4 • 6 • 10 	Gramos
	Tipos de mordientes	<ul style="list-style-type: none"> • Cochinilla • Cochinilla + collpa • Cochinilla + alumbre • Cochinilla + sal de limón 	Adimensional
Variables Dependientes	Propiedades colorimétricas	Color (L^* , a^* , b^* , C^* y h°) y espectro de reflectancia R (%)	Adimensional
	Características textiles	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro medio de la fibra (MDF) • Factor de confort (FC) • Finura al hilado (SF) • Índice de curvatura (CU) • Coeficiente de variación (CV-DMF) 	<ul style="list-style-type: none"> • μm • $>30\mu\text{m}$ • μm • % • μm
	Bandas químicas	Espectroscopia infrarroja transformada por Fourier (FT-IR)	nm
	Solidez	<ul style="list-style-type: none"> • Solidez al frote 4g de tinte • Solidez al lavado 6g de tinte 	Escala de grises

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) Lozano *et al.*, (2024). En su estudio efecto de mordiente sobre la variación de diámetro y tono de color en hilo de fibra de alpaca, tiene como objetivo determinar el efecto de los 3 mordientes (collpa, alumbre y sal de limón) en la fibra de alpaca teñida con flores de collí (*Buddleja caribaea*) para determinar el color, diámetro medio de fibra (DMF), finura al hilado (SF) y el coeficiente de variación (CV), donde mostro el incremento de diámetro con (CV:0.44 μ m) en fibra teñida sin mordiente, la finura al hilado obtuvo como resultado a la fibra sin teñir con (SF:24.7 μ m). Según al tono de color se cuantifican en el espacio CIEL a*b* lo cual, la luminosidad presento una disminución significativamente después del teñido con mordiente collpa (L*:51.42), que tiende al color negro, el valor de la coordenada (a*: -0.48) generando un color verde oscuro con mordiente collpa, la coordenada b* incrementó con la muestra teñida con collí (b*:64.36) que tiende al color amarillo, para el croma (C*) la fibra teñida sin mordiente presento con (C*:64.43) saturado y la tonalidad (h°) sufre variaciones respecto a la fibra con valor de (h°: 92.03), lo cual al someter con diferentes mordientes las propiedades colorimétricas de las fibras se modifican. Por lo tanto, las moléculas del colorante y los mordientes al fijarse sobre la superficie de la fibra modifican las propiedades colorimétricas de las fibras, así también presentan las bandas químicas con fibra teñida sin mordiente con mayor intensidad de enlace N-H y menor intensidad en hilos teñidos y mordentados con collpa.
- b) Hurtado y Arroyo (2016). En su investigación denominado teñido de fibras naturales con colorantes naturales, realizaron pruebas de teñido de fibras naturales (lana y algodón) con colorantes naturales (cebolla, girasol, cacao y la grana cochinilla) y medir el color de cada una de las fibras teñidas. Se usó el método de teñido de premordentado, además se aplicaron en diferentes concentraciones del

extracto del colorante (50,75 y 100%) sobre el peso de la fibra. Para obtener los resultados se midió el color de las fibras teñidas con ayuda de un colorímetro CR-400 HEAD, la escala de CIEL ab en las coordenadas $L^*:20.23$, $a^*: 43.81$ y $b^*: -4.51$ Como resultado en la lana y algodón teñido con la grana cochinilla tonos rojizos, con valores óptimos se observaron los cambios de coloración para las diferentes concentraciones de los extractos usados.

- c) Arroyo (2011). En su investigación "caracterización fisicoquímica de una fibra de algodón teñida con grana carmín (*Dactylopius coccus* Costa) y tratabilidad biológica de las aguas residuales generadas en el proceso", para el proceso de teñido de algodón con grana carmín, se realizaron ocho experimentos, en donde se cambió la concentración de los mordientes usados en cada etapa. De los ocho experimentos se tomaron los cuatro más representativos para su análisis en la tela teñida. Se determinó que el mejor experimento de teñido fue el que obtuvo los valores promedio de ($L^*: 43.81$), ($a^*: 44.64$), y ($b^*: -4.03$), con el cual se logró el tono rojo más oscuro. Todos los experimentos se sometieron a pruebas de solidez. Con lo que se encontró una tendencia decreciente de la diferencia promedio de dichas pruebas, para todos los experimentos, en el siguiente orden: luz artificial frote en seco, ácidos y álcalis, lavado doméstico y temperaturas altas.
- d) Ochoa y Ullauri (2020). El objetivo de este estudio fue revalorizar las técnicas ancestrales de tintura natural y contribuir a la viabilidad de este importante patrimonio cultural. Para ello se identificaron los lugares en Ecuador en donde se practica actualmente. Se recuperaron las técnicas y optimizaron en función de factores como temperatura ($T: 80^{\circ}\text{C}$), tiempo ($t: 30\text{min}$), pH, clase de mordiente con diferentes tintes de killuyuyo (*Brachyotum confertum*), nogal (*Junglas neotrópica*) y cochinilla (*Dactylopius coccus*) con los mordientes de alumbre y sal de limón donde usaron 21 tratamientos para una encuesta de los pobladores artesanos y 50 tratamientos con la variación de los factores influyentes. Finalmente determinó la solidez a la luz, solidez al lavado y al frote en húmedo y seco con valores de (5-5) presentaron satisfactorios debido a que los mordientes como el alumbre tiene la capacidad de fijar de mejor manera el colorante por la

reacción con la estructura química de la fibra y el colorante, mejorando su tono en cuanto a luminosidad.

- e) Miranda (2022). En su estudio denominado efecto del diámetro medular en el teñido en fibras de alpaca Huacaya busca determinar el porcentaje de medulación de la fibra de alpaca teñida con tinte de cochinilla, con 109 muestras de vellones entre ellas mayores de 2 años de la provincia de Caylloma de la región de Arequipa. Así mismo determino el diámetro de fibra con valores de (DMF: 10.15um), diámetro medular de (DM: 27.53um) y porcentaje de modulación (FC: 42.56%), mediante el Analizador óptico del diámetro de fibras y microscopía óptica, seguidamente controló el tiempo de teñido, temperatura, pH, relación de baño y fijación de solidez a la luz en las muestras teñidas con colorímetro, finalmente se ha obtenido con una buena solidez y resistencia a la luz por lo que las fibras teñidas son consideradas aceptables, ya que a estos parámetros presenta buena adherencia de color en la fibra de alpaca Huacaya, así como un buen resistencia al lavado de la fibra que ha sido teñido.
- f) Figueroa (2022). En su investigación comparación de la solidez del color de fibras teñidas con colorantes naturales contra colorantes sintéticos, por lo cual el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis estadístico comparativo de las pruebas de solidez aplicadas en las fibras naturales teñidas con colorantes naturales (cochinilla, cebolla, cacao, girasol y añil) contra las fibras teñidas con colorantes sintéticos. La metodología consistió en comparar cada extracto hidrosoluble con el colorante sintético por medio de un análisis estadístico (ANOVA simple) en el programa STATGRAPHICS plus 5.1. Resultó que la prueba de solidez al frote en seco existe diferencia significativa en todos los colorantes naturales en confrontación con el colorante sintético, resultando ser más viable el colorante natural en cuanto a la solidez del color. Para la solidez del color en la fibra teñida con extracto hidrosoluble de grana cochinilla fue mejor respecto a la solidez del color en comparación con el colorante sintético únicamente en las pruebas de solidez al frote en seco con ambos mordientes y a la luz artificial con el mordiente de bicarbonato.

- g) Mamani (2021). En su estudio efectos del teñido natural con cúrcuma (*Cúrcuma longa*) en la solidez del color del hilado de alpaca para la artesanía textil, puno 2020, lo cual como objetivo fue determinar el efecto del teñido natural con cúrcuma (cúrcuma longa) en la solidez del color del hilado de alpaca para la artesanía textil, Puno 2020, su objetivo fue evaluar el efecto en la solidez del color al lavado, al frote en seco y a la luz. Se consideró cuatro factores de teñido, 9% de colorante de cúrcuma, concentración de mordiente de alumbre 10% y crémor tártaro 2%, temperatura de teñido (T: 85C°) y un tiempo de teñido (t: 30min). En el cual se logra observar claramente que el tratamiento 16 (hilo de alpaca teñido con una relación planta/sustrato de 9 %, concentración de mordiente 3g, a una temperatura de teñido de T: 98°C y 30 minutos en el tiempo de teñido) tiene una alta solidez del color al lavado del hilado teñido con cúrcuma, en conclusión los resultados del tinte con los mordientes presentaron varias tonalidades en el teñido respectivamente se obtiene una alta solidez al frote en seco con un resultado de 4.5, lo cual es muy buena y aceptable según la escala de grises.
- h) Figueroa y Beltran (2022). En su estudio de investigación sobre el teñido efecto de mordiente y tiempo en la solidez del teñido de hilo de oveja y fibra de alpaca con flores de manzanilla, la metodología se aplicó con la técnica de mordentado directo con diferentes cantidades de mordiente de alumbre (2g, 3g y 4g) a diferentes tiempos de 20min, 40min y 60min. Con la finalidad de evaluar la resistencia en la solidez de la luz, solidez al lavado y al frote. Para los resultados se sometieron al equipo espectrofotómetro, para visualizar si hubo degradación de color, así mismo se obtuvo con una buena resistencia a la luz al lavado y al frote en el hilo de ovino con 20 % de mordiente y con un tiempo de 40 min y para el hilo de alpaca se mostró una buena resistencia con 30 % de mordiente alumbre a un tiempo de teñido de 60min. Concluyendo que el hilo de oveja con la fibra de alpaca debido respecto a los tipos y cantidades de mordiente muestran diferentes solidez en cuanto a la luz, lavado y frote.
- i) Tapia (2023). En su investigación evaluación en la fibra de alpaca teñida con tallo de tankar a distintos mordientes y parámetros, con la finalidad de evaluar la solidez y resistencia del teñido a diferentes mordientes (alumbre y sulfato ferroso)



y tiempo de teñido (30 y 60 min), con 8 tratamientos, el cual se obtuvieron como resultados la solidez a la luz con calificación de excelente (5), para la resistencia al lavado, para los T2,T3 Y T4 con mordiente alumbre al 20 % y T8 al 3% de sulfato ferroso lograron una calificación de (5) y un tiempo de 60min con una T: 86°C, quiere decir q no presento transferencia de color a la luz y al lavado concluyendo que el teñido con mordiente alumbre es más óptimo y muestra la fibra con buena resistencia y calidad de color.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Alpaca Huacaya

Es una especie doméstica de mamífero, que vive en los andes, este animal tiene un tamaño mediano en comparación con otros camélidos, tiene el cuello largo y cabeza pequeña, orejas pequeñas y su hocico termina en una punta roma, está cubierta de lana y pelos e interiormente de pelos finos, tienen un copete de pelos que llegan hasta el ojo y cubre la frente generalmente en las hembras este animal llega con un peso de 70 kg y una estatura promedio de 80-90cm, huye ante la presencia de desconocidos o sonidos extraños y lanzan escupos cuando se sienten agredidos durante el pastoreo se desplazan en grupos (Bonacic, 1991).

3.2.1.1 Características

- Las alpacas de esta raza, presentan figuras curvadas y armoniosas.
- Tiene una talla más grande que la alpaca suri, por la disposición de sus mechales.
- El vellón es esponjoso y crece en el cuerpo, donde se puede ver los rizos en la fibra que son indicadores de finura.
- El 90% de las alpacas del Perú es de raza Huacaya y son más resistentes al frío.

Tabla 2 — Taxonomía de la alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*)

Reino	Animalia
División	Chordata
Clase	Mamalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Camelidae
Tribu	Lamini
Genero	Vicugna
Especie	Vicugna pacos
FUENTE: Burgos (2020).	

3.2.2 Fibras naturales

Las fibras naturales son materiales que provienen de fuentes vegetales, animales o minerales y son utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, desde textiles hasta materiales compuestos. Según (Marín *et al.*, 2013) las fibras naturales sustentables están ganando popularidad debido a su menor impacto ambiental y su papel en la creación de nuevos hábitos de consumo. (Espinoza *et al.*, 2019) destacan las fibras naturales como una alternativa de refuerzo en materiales compuestos, resaltando su bajo costo, menor peso y consumo energético reducido durante la producción en comparación con las fibras sintéticas.

3.2.3 Fibra de alpaca

Es la fibra natural obtenida de la alpaca Huacaya, se destaca por las cualidades como la textura, suavidad, brillo distintivo, durabilidad y su capacidad para proporcionar calor. A través de una colección organizada de material genético de alpacas, se encuentran 20 tonalidades de alpaca de rasas Huacaya y suri a nivel mundial (INIA, 2020).

Es reconocida mundialmente por su calidad superior, fue proclamada como la mejor fibra del mundo por el libro Guinness World Records en 2017. Además de ser agradable al tacto y de aspecto lustroso, la fibra de alpaca es conocida por su capacidad para mantener el calor, lo que la hace indispensable en regiones con climas fríos. Tradicionalmente, se ha utilizado para confeccionar ponchos, mantas, trajes, chaquetas, faldas y abrigos.

La fibra de la alpaca Huacaya se aprecia por su composición elemental según datos de la Tabla 3, a pesar de la competencia de fibras como el cachemir, el mohair y el Qiviuk, la fibra de alpaca mantiene un alto nivel de aceptación y está bien valorada en el mercado de la moda invernal. Es especialmente estimada por su gama de colores, que va desde los clásicos hasta los más modernos, adaptándose perfectamente a las visiones creativas de los diseñadores de moda, como señala (Contreras, 2019).

Tabla 3 — Composición elemental de la fibra natural proteica

Componente	%
Carbono	50
Nitrógeno	16
Azufre	37
Hidrogeno	7
Oxigeno	23

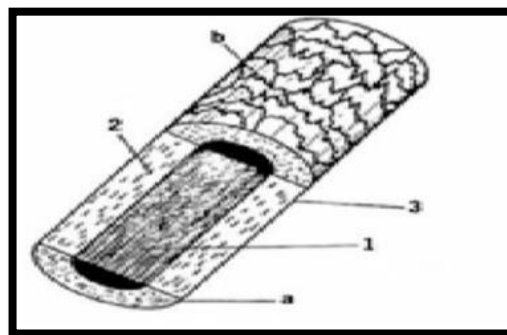
FUENTE: Eyzaguirre (2002).

3.2.3.1 Estructura de la fibra de alpaca Huacaya

La fibra de la alpaca es similar a los animales de origen animal, el cual está orientada conformando tres partes, cutícula, corteza y medula (Rodríguez, 2003).

- **Cutícula:** se encuentra constituida por la parte externa de la fibra, formada por un conjunto de células planas, las cuales están superpuestas (Wang, 2005).
- **Corteza:** presenta la parte de mayor proporción en las fibras, siempre y cuando sean demasiado gruesas (Bustinza, 2017).
- **Medula:** son partes más internas de la fibra (Wang, 2005).





FUENTE: Rodríguez (2003).

Figura 1 — Estructura de la fibra de alpaca

3.2.3.2 Clasificación por grupos de calidades

Presentan diferentes grupos de calidades de la fibra según la (NTP 231.301 2014).

- **Baby alpaca:** Por lo general, esta fibra presenta la estructura más fina, variando entre 20.1 a 23 μ m. Se obtiene generalmente del primer corte de animal.
- **Alpaca fleece:** Esta fibra posee un diámetro entre 23.1 y 26.5 μ m y una longitud mínima promedio de 70mm.
- **Alpaca médium fleece:** Fibra cuyo diámetro está comprendido entre 26.6 y 29 μ m y con una longitud mínima promedio de 70mm.
- **Alpaca huarizo:** Esta fibra determina entre 29.1 y 31.5 μ m y una longitud mínima promedio de 70mm.
- **Alpaca gruesa:** Esta fibra es gruesa por tanto su diámetro se encuentra sobre los 31.5 μ m, con una longitud mínima promedio de 70mm.
- **Alpaca corta:** Grupo de calidades de fibra cuya longitud promedio es menor a 50mm.

3.2.4 Propiedades físicas de la fibra de alpaca Huacaya

En cuanto a las propiedades se caracteriza mediante la longitud, mecha, suavidad al tacto, la resistencia, propiedad térmica, lustre o brillo, higroscopicidad, durabilidad y color, entre ellos se demuestra a continuación.

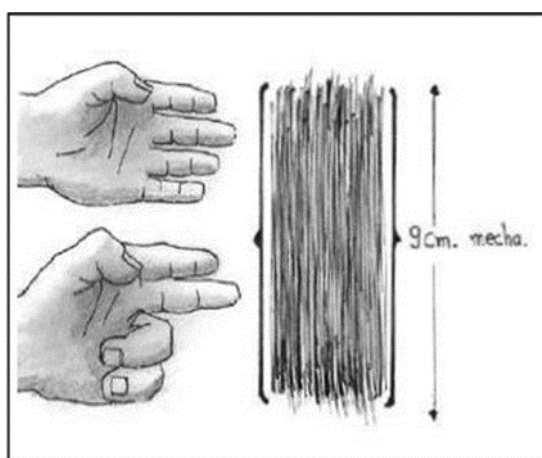


- **Diámetro**

Es una medida del grosor promedio de las fibras donde es de mucha importancia en la industria textil, además el rendimiento de velocidad y procesamiento se incrementa con la mayor finura. El diámetro es el principal determinante del precio en el mercado (Aliaga, 2012).

- **Longitud de mecha**

Se refiere a la longitud de las fibras individual cuando se agrupan en una mecha o hebra con un diámetro de 9cm, de acuerdo a la Figura 2. Es importante para mejorar la calidad y características de la fibra.



FUENTE: Aguilar (2012).

Figura 2 — Longitud de mecha

- **Resistencia y tenacidad**

Se refiere a la fibra que al ser estirada sea resistente sin que esta se rompa, se estima que en promedio de fibra debe tolerar sin mayores riesgos de ruptura como cardado peinado hilado y es medible con instrumentos de precisión. Existen factores o deficiencias en las cuales afecta en la resistencia de la fibra como enfermedades, parásitos, gestación, déficit alimentario y la edad (Zarate, 2012).

- **Suavidad o tacto**

Presenta aquella fibra que al manipularlo siente la suavidad al tacto y a la mano, este aspecto depende de la alimentación y limpieza del animal (Liun *et al.*, 2004).

- **Higroscopicidad**



Se refiere a su capacidad para absorber y retener humedad del ambiente, la humedad también ayuda en la resistencia y elasticidad como también en el peso de la fibra (De Gea, 2007).

- **Propiedad térmica**

Fibra de alpaca que actúa como un aislante térmico (mantiene el calor en invierno y fresca en verano). Esta propiedad térmica es debida al aire vacío que se encuentra en la fibra (De Gea, 2007).

- **Durabilidad**

Es la capacidad para resistir el desgaste y mantener su calidad y estructura a lo largo del tiempo. En este sentido, la fibra de la alpaca no tiene fecha de vencimiento y al pasar el tiempo no se malogra y tampoco sufre de ningún daño como los hongos microorganismos (De Gea, 2007).

- **Color**

Según a la Figura 3 se observan las alpacas de distintos colores, en el cual (Pinto, 2010), indica que se encuentra más de 22 colores naturales reconocidos por la Asociación internacional de alpacas (AIA), tonos que van desde blanco, gris, negro, marrón y etc.



FUENTE: MINAGRI (2019).

Figura 3 — Colores en alpaca Huacaya

3.2.5 Propiedades químicas de la fibra de alpaca Huacaya

Se refiere a su composición y estructura molecular, lo cual presenta como la Propiedades químicas a la resistencia a la degradación el cual se refiere a su capacidad para mantener su estructura y propiedades físicas y químicas frente a factores que pueden causar su deterioro o descomposición. Así mismo se encuentra la composición química como la proteína, grasas, humedad y

minerales (De Gea, 2007). La fibra contiene aminoácidos arginina que le proporciona un mayor fortalecimiento de la fibra, elasticidad y flexibilidad (Canal, 2005).

3.2.6 Tintes naturales

Son colorantes orgánicos extraídos de las plantas, hojas, tallos, insectos y minerales se obtienen pulverizándolos o triturándolos, aquellos que no necesitan mordientes tóxicos, pero si mordientes naturales de bajo o nulo impacto ecológico (Rojas *et al.*, 2011).

3.2.6.1 Tinte de la cochinilla

La cochinilla es un insecto de color rojo que se alimenta de la penca de la tuna, de acuerdo a la Figura 4, su cuerpo esta desecado de tintes generalmente de las hembras. El principal tinte es el ácido carmínico, que se extrae con el agua y se cristaliza en agujas de color rojo brillante. Antiguamente la cochinilla era un tinte importante para teñir lana y seda con mordiente. Se puede obtener diferentes tonos como carmín, escarlata y violeta según el mordiente a utilizar y su fórmula es $C_{22}H_{20}O_{13}$ (Salaverry, 1998).

- **Taxonomía de la cochinilla**

Tabla 4 — Taxonomía de la cochinilla

Clase	Insecta orden
Homóptera	Suborden
Sternonyncha	Superfamilia
Coccoidea	Familia
Dactylopii	Genero
Dactylopius specie	Coccus

FUENTE: Salaverry (1998).

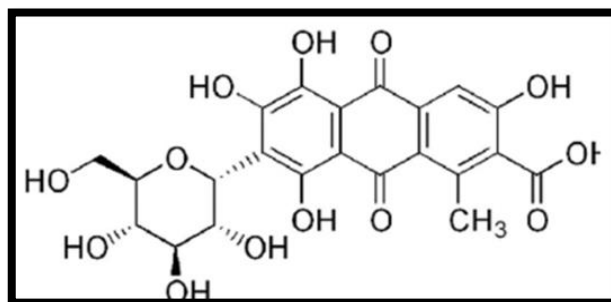




FUENTE: ADEX (2011).

Figura 4 — La cochinilla

- **Estructura química**



FUENTE: Marmion (1992).

Figura 5 — Estructura química de la grana cochinilla.

3.2.7 Colorantes

Los colorantes suelen ser sustancias orgánicas, naturales o sintéticos, transparente y soluble en dispersión tienen color, pero no tienen un cuerpo que da su color por adición, absorción o unión sobre un sustrato teñible químicamente (Maier, 2015).

- **Colorantes naturales**

Los colorantes naturales son sustancias que son obtenidas de los diferentes recursos naturales, incluyendo algas, insectos, hongos y líquenes que son utilizadas como fuente de alimentos, bebidas y teñido y tinción de las fibras (Sin De Ugaz, 1997).

- **Colorantes sintéticos**

Los colorantes sintéticos son sustancias obtenidas, compuestos químicos obtenidos por síntesis, en productos no identificados de origen vegetal que

presentan confieren y arreglan el color de un alimento, estos colorantes son más utilizados en materiales cosméticas, medicamentos, etc. En los últimos cinco años 356 patentes están referidas a colorantes naturales y 71 a colorantes sintéticos (Sin De Ugaz, 1997).

3.2.8 Teñido

Es la interacción de la fibra con el medio acuoso del tinte, en la cual producen iones y reacciones químicas, además son esparcidos en la fibra, este proceso es sumamente correcta lo cual hace que se impregnan, así mismo por enlaces covalentes a las moléculas alargadas de la fibra construyendo nuevas derivaciones de colores en la fibra (Ojeda, 2019).

3.2.8.1 Aplicación en el teñido

Es un proceso que puede realizarse de varias maneras o técnicas, dependiendo del tipo de fibra y el resultado al cual se espera, las cuales existen tres procesos importantes, el posmordentado, premordentado y el método directo, los cuales son procesos que ayuda a fijar y modificar la tonalidad.

- **Posmordentado**

Es una técnica que el mordiente se aplica después de que la fibra ha sido teñida. Este proceso tiene la finalidad de fijar y cambiar de tonalidad o reforzar la solidez al lavado (Vigueras *et al.*, 1997).

3.2.9 Parámetros que influyen en el teñido

- **Influencia del tiempo de contacto fibra y baño**

El tiempo adecuado permite una absorción uniforme por ello el tiempo de contacto en la fibra es importante para presentar teñidos óptimos (Costa, 1990).

- **Efecto de temperatura**

La temperatura es un factor elemental en el teñido, ya que puede afectar la calidad y estabilidad del color, un aumento de temperatura acelera el proceso de teñido, porque la fibra en los segmentos de cadena de las regiones amorfas aumenta la movilidad y por lo tanto la absorción del tinte (Costa, 1990).

- **Influencia del tiempo de contacto fibra y baño**



Un tiempo adecuado permite una absorción uniforme por ello el tiempo de contacto en la fibra es importante para presentar teñidos óptimos (Costa, 1990).

- **Relación de baño**

Es la relación del volumen de líquido entre la masa del sustrato es importante para asegurar una distribución uniforme del colorante líquido (Sánchez *et al.*, 1981).

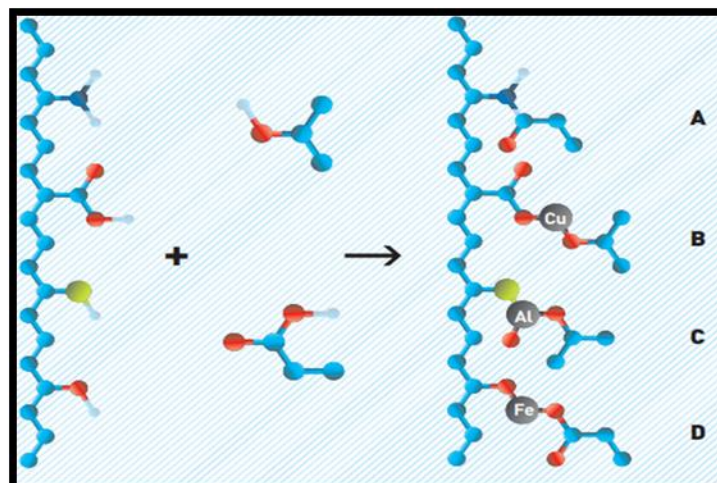
3.2.10 Los mordientes

- **Mordentado**

El mordentado implica el uso llamado mordiente, que son compuestos químicos capaces de formar enlaces entre las fibras textiles y los pigmentos de tintes, estos mordientes actúan como agentes de fijación, ayudando a que el color se adhiera la fibra y resista mejor al lavado y a la exposición de la luz (Paredes, 2002).

- **Mordiente**

Es una sustancia natural o sintética que ayuda a capturar y fijar el color de las fibras o prendas, dando solidez a la luz, lavado y frote, siguiendo su necesidad de uso en el procedimiento, que al disolverse con agua caliente ocurre la separación de sal y metal, uniéndose a los puentes de hidrogeno de la fibra (Maldonado *et al.*, 2006).



NOTA: En la figura, se observa el proceso de mordentado en cuatro etapas. A: colorante unido a la fibra sin teñir, B, C Y D: son colorantes unificados a la fibra con mordiente de sales de Cu, Al o Fe a través de grupo carboxilo, sulfuro u oxidrilo.



FUENTE: Maldonado et al., (2006)

Figura 6 — Esquema del proceso de mordentado.

3.2.11 Propiedades de solidez de color

- **Solidez de lavado**

Se refiere a la capacidad de un tejido teñido para mantener su color original después. Es la resistencia del colorante a desvanecerse al ser lavado (Vaughn, 2022).

- **Solidez de frote**

Se refiere al grado de decoloración de la fibra al ser frotada decido al frote en húmedo o frote en seco de la fibra teñida (Vaughn, 2022).

3.2.12 Colorimetría

La colorimetría es la ciencia que estudia el color, que permite observar las propiedades física que lo producen, utilizan modelos matemáticos y sistemas de media para describir las características de color como la luminosidad, la saturación y la tonalidad.

- **Espacio de color CIE L*a* b***

La luminancia está representada a lo largo del eje z en el sistema cartesiano de coordenadas, con valores de 0 a100 para la Luminosidad con tonalidad que van de negro a blanco, el eje positivo a* representa la cantidad de rojo purpúreo, mientras que el eje negativo de a* representa la cantidad de verde. El eje positivo b* representa la cantidad de amarillo y el eje negativo b* representa la cantidad de azul. La máxima magnitud posible de los valores de estos ejes está en función de la luminancia entre ± 100 y ± 200 para a* y b* respectivamente (Lindon *et al.*, 2000).

Las ecuaciones de transformación usadas para pasar del sistema CIE XYZ al sistema CIE L*a*b, según Konica Minolta (2007) son:

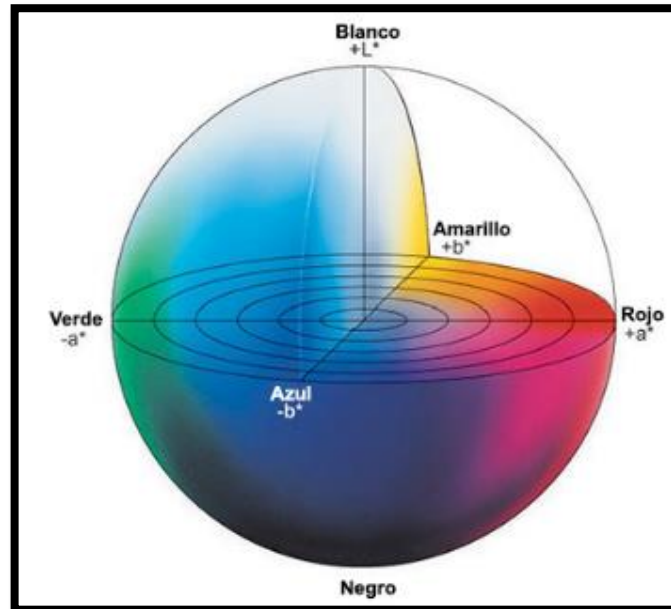
$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$



Donde X , Y , Z son los valores triestímulo del color del objeto de prueba y los valores triestímulo X_n , Y_n y Z_n corresponden a los valores triestímulo de un perfecto difusor cuando es iluminado con el iluminante y observador estándar seleccionado (Lindon *et al.*, 2000).



FUENTE: Bolaños (2012).

Figura 7 — El espacio de color CIE L*A*B*

- **Fuente de luz**

La luz es una fuente principal del color, es una forma de energía y se detecta en forma de ondas electromagnéticas el cual varía de (1nm = 10-7cm) hasta kilómetros. Las ondas plasmadas son dominadas por el ojo e interpretadas como colores según las longitudes de ondas correspondientes (Bolaños, 2012).

- **Características textiles**

Las características textiles de fibras naturales pueden verse afectadas por el proceso de teñido aplicado a las fibras (Naffa *et al.*, 2020), Por lo tanto, es importante los efectos del teñido, como el diámetro de la fibra (DMF), el coeficiente de variación (CV), el factor de confort (FC) y el índice de curvatura (CU). El DMF es una medida del grosor promedio de las fibras del vellón y se expresa en micras. El CV indica la variabilidad del DMF y se expresa en porcentaje. El FC es el porcentaje de fibras con un DMF menor o igual a 30 micras que no causan picazón al contacto con la piel humana. El IC es el número de curvas o rizos por centímetro lineal de fibra



y se relaciona con su capacidad para retener aire y generar calor (Miao *et al.*, 2018).

- **Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)**

La espectroscopia FTIR es una técnica muy utilizada y conocida que proporciona información cuantitativa y cualitativa sobre la estructura de un compuesto (grupos funcionales presentes). Cada molécula presenta una serie de bandas de absorción y ellas a su vez corresponden a un movimiento de vibración de un enlace específico; este grupo de bandas es conocido como la región del espectro infrarrojo (huella dactilar). La región del infrarrojo del espectro comprende números de onda que varía entre 12800 cm^{-1} y 10 cm^{-1} , esto corresponde a longitud de onda que van desde 0.78 hasta 1000 micras. De acuerdo a las técnicas y aplicación, se ve conveniente dividir el espectro infrarrojo en tres regiones: infrarrojo cercano, medio y lejano, como indica la Tabla 5.

Tabla 5 — Región del espectro IR

Región	Transición	Longitud de onda (nm)	Numero de onda (cm^{-1})
Infrarrojo cercano	Sobretonos y combinaciones	700-2500	14,300-4,000
Infrarrojo medio	Vibraciones fundamentales	2500- 5×10^4	4,000-200
Infrarrojo lejano	Rotaciones	$5 \times 10^4 - 10^6$	200 - 10

FUENTE: Barraza *et al.*, (2013).

La espectroscopia FTIR se basa en los movimientos vibracionales de los enlaces. Estos se originan a partir de la excitación de los grupos moleculares pueden ser de tensión o flexión; los movimientos vibracionales de tensión generan un estrechamiento o estiramiento del enlace, mientras que los movimientos vibracionales de flexión generan una deformación en el enlace Barraza *et al.*, (2013).



3.3 Marco conceptual

- **Alumbre:** Es un mineral de color blanco que se encuentra en zonas rocosas.
- **Bandas químicas:** son picos en un espectro FT-IR que representa la absorción de la luz infrarroja a distintos enlaces químicos en una molécula.
- **Colorimétricas:** Es la ciencia que estudia la medida y cuantificación del color.
- **Cochinilla:** Es un insecto de color rojo, se encuentran en los mantos de la tuna, están rodeados con una capa blanquecina que los cubren de los rayos solares, generalmente son hembras.
- **Collpa:** llamado también sulfato de sodio es de color verde oscuro una sustancia salina especialmente que surge en tierras y paredes.
- **Fibra:** La fibra es el vellón que proviene de la alpaca se aprecia por su finura, calidad y función térmica.
- **Mordiente:** son sustancias fijadoras en el teñido que ayudan a mejorar el color y en el cambio de colores.
- **Sal de limón:** Es una sustancia química de color blanquecino con partículas pequeñas.
- **Teñido:** el teñido es un proceso químico, donde se añade un colorante a textiles para cambiar su color original.
- **Textil:** es un material que se confecciona hilos o fibras y se utiliza para fabricación de prendas o productos textiles.

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación:

El desarrollo de la presente investigación, es de tipo aplicada lo cual se centra en resolver problemas y encontrar soluciones, se desarrolla en entornos reales, no solo en laboratorio (Ezequiel, 2011). El objetivo principal es aplicar los conocimientos y resultados obtenidos, mejorando los procesos de esta investigación (Hernández *et al.*, 2014).

Por otro lado, en cuanto al nivel o también considerando alcance, se tomó el explicativo, ya que Hernández Sampieri y Mendoza (2018) indican que los últimos estudios de este nivel, se enfrasan en explicar relaciones de causalidad u efecto de factores sobre algún fenómeno específico, llamado variable.

4.1.2 Nivel de investigación:

Explicativo: Según (Hernández S. *et al.*, 2014), este nivel de investigación busca identificar las causas y mecanismos que explican los resultados observados. En este contexto, en la tesis se pretende explicar cómo y por qué los mordientes metálicos y el tinte de cochinilla afectan las propiedades colorimétricas, las bandas químicas y la solidez del color de las fibras de alpaca.

4.2 Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental, según (Arias, 2021) se caracteriza en el experimento puro, debido a que busca evaluar los efectos de los factores de tipo de mordientes y cantidades de tinte de cochinilla sobre el teñido de fibra de alpaca Huacaya (Ezequiel, 2011), dentro de este diseño se realiza la manipulación intencional y deliberada de las variables, a fin de alcanzar el cambio de su comportamiento.

Tabla 6 — Diseño estadístico de la investigación

		Factor A (Mordientes)			
		A1	A2	A3	A4
Factor B (Tinte de cochinilla)	B1	A1xB1	A2xB1	A3xB1	A4xB1
	B2	A1xB2	A2xB2	A3xB2	A4xB2
	B3	A1xB3	A2xB3	A3xB3	A4xB3
	B4	A1xB4	A2xB4	A3xB4	B4xB4

NOTA En la tabla se observa los factores A y B los cuales A1: Sin mordiente, A2: Alumbre, A3: Collpa, A4: Sal de limón, B1: 2g, B2: 4g, B3: 6g, B4: 10g.

Tabla 7 — Diseño de los tratamientos de las propiedades colorimétricas

Tratamiento	Factor A Mordiente (gr)	Factor B Tinte de cochinilla (gr)	Propiedades colorimétricas				
			L*	a*	b*	C*	h°
T1	SM	2					
T2	SM	4					
T3	SM	6					
T4	SM	10					
T5	AL	2					
T6	AL	4					
T7	AL	6					
T8	AL	10					
T9	CO	2					
T10	CO	4					
T11	CO	6					
T12	CO	10					
T13	SL	2					
T14	SL	4					
T15	SL	6					
T16	SL	10					

NOTA Las propiedades colorimétricas son la luminosidad (L*), coordenada (a* y b*), croma C* y el ángulo de matiz (h°).



Tabla 8 — Diseño de los tratamientos para las características textiles

Tratamiento	Factor A Mordientes (gr)	Factor B Tinte de cochinilla (gr)	Características textiles				
			DMF μm	CV_DMFB μm	CF %	CU %/mm	SF μm
T1	SM	2					
T2	SM	4					
T3	SM	6					
T4	SM	10					
T5	AL	2					
T6	AL	4					
T7	AL	6					
T8	AL	10					
T9	CO	2					
T10	CO	4					
T11	CO	6					
T12	CO	10					
T13	SL	2					
T14	SL	4					
T15	SL	6					
T16	SL	10					

NOTA Diámetro medio de fibra (DMF); Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (CV-DMF); Factor de confort (CF); Índice de curvatura (CU); Finura al hilado (SF).

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

El lugar de estudio se desarrolló en Casaywa del Distrito de Caraybamba provincia de Aymaraes Departamento de Apurímac, ubicada sobre los 4200 m.s.n.m. Se seleccionó un rebaño de alpaca Huacaya color blanco de 200 alpacas, para efectuar la muestra se seleccionó una alpaca al cuál se esquila y se obtiene un vellón.

La evaluación experimental se realizó en el laboratorio de industria textil de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastida de Apurímac.

4.3.2 Muestra

La muestra de fibra fue por conveniencia, es de tipo no probabilístico, por que define a criterio del investigador. Se tomó un vellón de 6 kg, del cual se tomó 4 Kg de la parte del lomo, costilla y grupa. Para cada ensayo de la presente investigación se tomó como muestra 25g de fibra.

4.4 Procedimiento de la investigación

El procedimiento se desarrolló según (Arroyo, 2011) en la presente investigación se obtuvo el teñido de fibra de alpaca Huacaya con tinte de cochinilla a distintos mordientes como son el alumbre, Collpa y sal de limón para determinar el efecto de las propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez de lavado y frote del color.

4.4.1 Obtención de la cochinilla

La recolección de cochinilla se realiza en el mes de agosto, ya que en esa época se encuentra los arbustos secos, obteniendo un total de 2 kilos, se recolectó para eliminar restos de materias extrañas como espinas, palos, piedras, etc. Para el proceso de secado se considera el tiempo de 5 días, seguido se procede al molido hasta obtener un polvo fino (Arroyo, 2011) en un molino de cuchillas por 3 minutos a una densidad de 900 w (GRINDOMIX GM200 – RETSCH), en el cual el tinte de cochinilla se tamiza a un diámetro de 8mm.

4.4.2. Proceso para el teñido de fibra

- **Lavado de la fibra:** Antes de iniciar el teñido, las fibras de alpaca Huacaya fueron lavadas perfectamente con agua tibia a una temperatura 30°C y detergente con 0.5g y líquido de 1Lt, para quitar residuos ajenos a éstas, después sin exprimir, se pusieron a secar a una temperatura ambiente con ausencia de luz (Hurtado y Arroyo, 2016). Finalmente, se lleva al proceso de hilado que consiste en obtener hilo con una rueca manual de tamaño uniforme.
- **Teñido de la fibra:** Para el teñido con tinte de cochinilla, se le agrego agua destilada hasta cubrir la fibra a teñir, en todos los casos fueron 250ml; después de esto el tinte con diferentes cantidades de 2g, 4g, 6g y 10g estaba listo para su uso, por lo que se sumergió el hilo de fibra y se mantuvo en este baño durante 10 minutos manteniendo a una temperatura de 85°

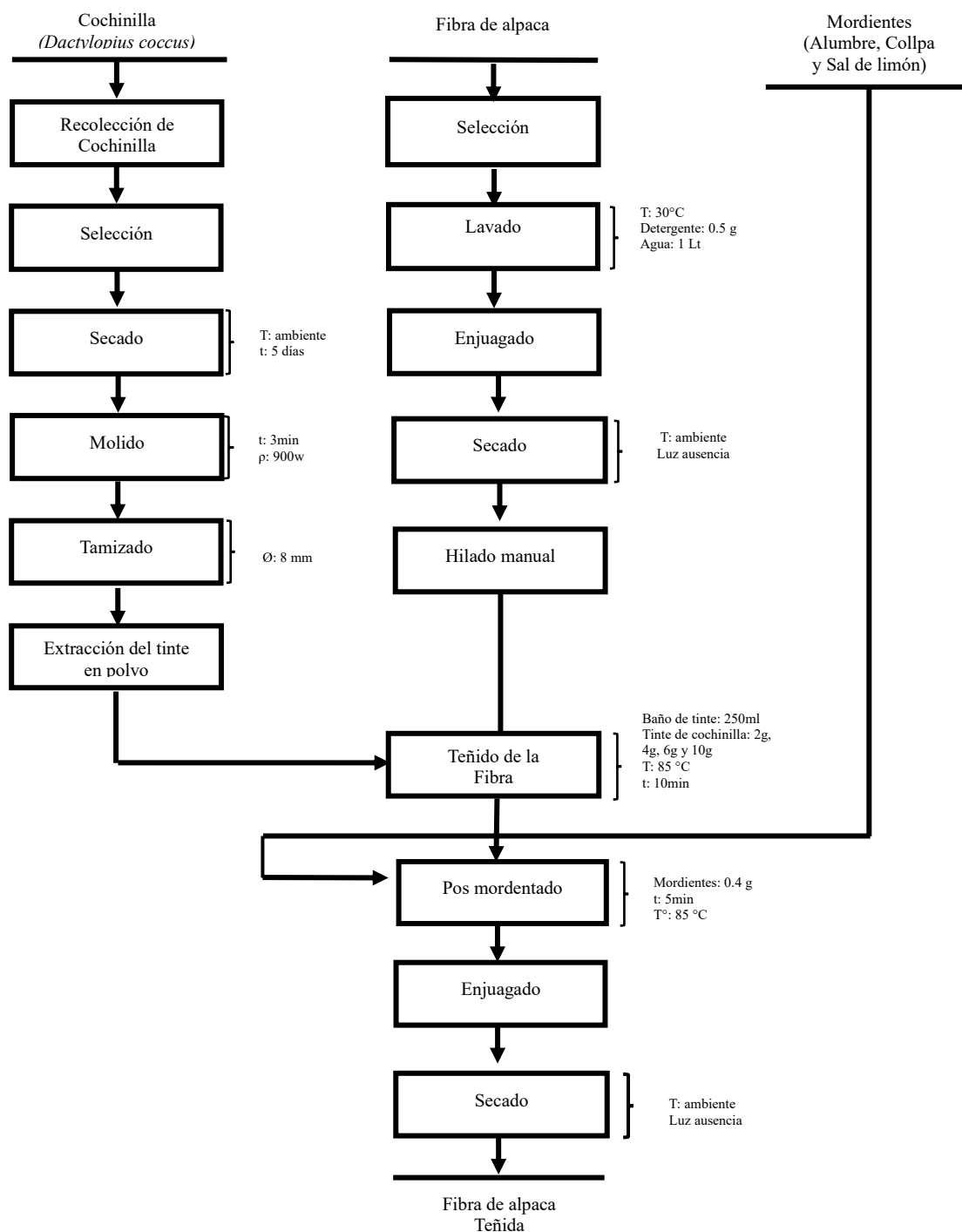


realizando las 3 repeticiones de cada concentración (Hurtado y Arroyo, 2016).

4.4.3. Teñido de la fibra con mordientes

- **Posmordentado:**

El posmordentado de la fibra se llevó a cabo para tres muestras: la primera se agregó 0.4g de alumbre, la segunda 0.4g de collpa y la tercera 0.4g de sal de limón. La cantidad de cada uno de los mordientes fueron de acuerdo a la fibra teñida; en cada uno de las muestras la mezcla se calentó hasta que alcanzo a una temperatura de 85°C por un tiempo de 5 minutos. Finalmente, la tela se movió constantemente de arriba hacia abajo, después de esto se dejó reposar por 24 horas (Arroyo, 2011) para luego hacer el lavado y llevar al respectivo secado.



FUENTE: Arroyo (2011)

Figura 8 — Diagrama de flujo del teñido de la fibra de alpaca con tinte de cochinilla

4.5 Técnica e instrumento

4.5.1 Determinación de parámetros de colorimetría

Para la determinación de parámetros colorimétricos se toma la referencia descrito por (Capilla *et al.*, 2002), para evaluar los cambios de color y matiz

de los 16 tratamientos de fibras teñidas con tinte de cochinilla y mordientes metálicos, se utilizó el sistema de coordenada de colores CIEL*a*b* luminosidad (L*), coordenada cromáticas a* y b*, saturación (C*) y ángulo de matiz (h*) y la fuerza de color (K/S), que permite cuantificar los colores mediante las ternas L*a*b*, C* y h° y los parámetros colorimétricos de las muestras según distintas condiciones. Los valores de luminosidad varía de 0 (negro) a 100 (blanco), la coordena a* varía de -100 (verde) a +150 (rojo), y coordena b* -170 (azul) a +100 amarillo. Para determinar los parámetros de colorimetrías descritas se utilizó un espectrofotómetro ULS2048CL-RS-EVO (AVANTES) conectado a una esfera de integración con una fuente de luz halógena 50mm, y un ángulo de observación de 10° e iluminantes D65.

4.5.2 Características textiles

Para los 16 tratamientos de fibras teñidas con tinte de cochinilla y mordientes metálicos, se determina mediciones precisas en forma de mecha para obtener una mejor calidad según el equipo OFDA 2000, donde capta las imágenes la cual se realizó en el laboratorio de fibras textiles (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Los parámetros que se determinaron fueron el diámetro medio de fibra (DMF), factor de confort (FC) e índice de curvatura (IC), además se determinaron la finura al hilado (SH) usando la siguiente ecuación.

$$SH = 0.881 * DMF * [1 + 5 * (CV\%/100)^2]^{0.5}$$

Donde CV, es el coeficiente de variación del diámetro de fibra.

4.5.3 Bandas químicas

Para la caracterización de las bandas químicas y las variaciones en la intensidad se determinan usando la espectroscopia FT-IR, se determinó los 16 tratamientos de fibras teñidas con tinte de cochinilla y mordientes metálicos, con el uso del equipo espectrofotómetro (Thermo NICOLET is50, EEUU) en el rango de 400 a 4000 cm^{-1} . Este análisis se realizó siguiendo la metodología propuesta por McGregor, con algunas modificaciones, cada espectro registrado fue el resultado de 64 escaneos medidos con FT-IR. Para realizar las medidas de mejor manera a partir de los hilos teñidos se elaboraron pequeñas telas textiles de 5cm x 5cm de ancho, lo que permite la mejor manera de medir. Según (Gregor et al., 2017), la espectroscopia infrarroja por



transformada de Fourier identifica las bandas químicas vinculadas con los enlaces químicos y los grupos de aminoácidos.

4.5.4 Solidez de la fibra teñida

Las pruebas de solidez de color: lavado y frote en seco y húmedo, se realizaron con los quipos del laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. Estas pruebas de solidez se realizaron usando la norma internacional para el lavado (ISO, 2010) y para el frote (ISO, 2016). La evaluación se realizó en cabina de luces usando luz D65 con la escala de grises para la transferencia de color y para el cambio de color, y se corroboró con la espectrofotometría midiendo las muestras antes y después del ensayo, obteniendo la diferencia de color y luego el valor de la escala de grises respectiva del software Datacolor Tools.

- **Evaluación de la solidez al lavado**

Para el ensayo de solidez al lavado se realizaron cuatro pruebas, fibras teñidas con 4g de tinte de cochinilla con diferentes mordientes (sin mordiente, alumbre, Collpa y sal de limón), para ello se cortaron trozos del tamaño 4x10cm, para cada uno. Finalmente, realizo dos enjuagues en 100ml de agua destilada.

- **Evaluación de la solidez al frote**

Para el ensayo de solidez al frote en húmedo y en seco se realizaron cuatro pruebas, fibras teñidas con 6g de tinte de cochinilla con diferentes mordientes (sin mordiente, alumbre, Collpa y sal de limón), para ello los hilos fueron unidos sobre una cartulina para frotar 10 veces, con el frotometro a lo largo de los hilos.

4.5.5 Materiales e insumos

Materia prima

- Cochinilla
- Fibra de alpaca Huacaya

Materiales y equipos

- Vaso precipitado de 250ml, 500ml y 1000ml
- Bagueta
- Espátula
- Tijera
- Olla de acero inoxidable



- Guantes
- Balanza analítica
- Cocina
- Baldes de 500ml y 5l
- Termómetro
- Cronómetro
- Colorímetro CSM7

Insumos

- Collpa (Sulfato de Sodio)
- Alumbre (Sulfato de Aluminio)
- Sal de limón (Ácido Oxálico)
- Detergente líquido (Sapolio)

4.6 Análisis estadístico

Diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B, donde el factor A: tipo de mordiente con 4 niveles (sin mordiente, alumbre, Collpa y sal de limón), factor B: cantidad de tinte de cochinilla (2gr, 4gr, 6gr y 10 gr), obteniéndose 16 tratamientos con 3 repeticiones (n=3), y un total de 48 observaciones para cada evaluación. Se consideraron significativos los valores $p < 0.05$ para la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software INFOSTAT.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Propiedades colorimétricas

μ = Efecto del teñido en fibra de alpaca

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Tipo de mordiente)

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Tinte de cochinilla)

AB_{ij} = Efecto de la interacción en la combinación de ij

ε_{ijk} = Error



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis de colorimetría de la fibra de alpaca Huacaya teñida con tinte de cochinilla

En la Tabla 9, se muestran los resultados de los 16 tratamientos con sus dos factores (Mordiente y Tinte de cochinilla) con sus diferentes niveles, referente a las propiedades colorimétricas (L^* , a^* , b^* , C^* y h°), el promedio con su respectiva desviación estándar.

Tabla 9 — Parámetros de color obtenidos de la muestra de fibra teñida con tinte de cochinilla.

Tratamiento	Factor A Mordiente (g)	Factor B Tinte de cochinilla (g)	Propiedades colorimétricas				
			L^*	a^*	b^*	C^*	h°
T1	SM	2	53.14±0.67	27.55±0.61	-2.40±0.05	27.66±0.61	355.01±0.02
T2	SM	4	44.29±1.02	18.66±0.52	-3.81±0.36	19.04±0.56	348.48±0.82
T3	SM	6	42.01±0.20	11.90±0.09	2.26±0.06	12.12±0.10	10.77±0.20
T4	SM	10	42.31±0.45	27.66±0.80	15.07±0.45	31.50±0.91	28.58±0.05
T5	AL	2	50.06±1.08	25.18±0.68	1.56±0.11	25.22±0.67	3.55±0.35
T6	AL	4	54.65±1.57	23.97±0.65	3.92±0.22	24.29±0.67	9.28±0.29
T7	AL	6	51.95±0.48	11.28±0.15	0.81±0.05	11.31±0.15	4.13±0.23
T8	AL	10	48.71±0.88	31.84±0.80	16.31±0.56	35.77±0.96	27.12±0.24
T9	CO	2	37.59±0.58	19.62±0.57	0.20±0.09	19.62±0.57	0.57±0.26
T10	CO	4	36.83±0.34	19.34±0.21	4.08±0.11	19.77±0.21	11.90±0.26
T11	CO	6	33.86±0.20	4.46±1.70	0.79±0.32	4.53±1.74	9.89±0.16
T12	CO	10	47.09±0.48	25.48±0.78	10.98±0.40	27.74±0.87	23.31±0.16
T13	SL	2	47.48±0.77	19.99±1.26	2.30±0.20	20.12±1.27	6.56±0.19
T14	SL	4	48.15±0.45	29.11±0.41	10.32±0.42	30.89±0.36	19.52±0.87
T15	SL	6	59.60±0.93	16.97±0.65	3.39±0.37	17.30±0.71	11.27±0.81
T16	SL	10	47.02±0.15	28.15±0.25	11.86±0.15	30.55±0.29	22.85±0.08

NOTA Factor A: tipos de mordientes (alumbre, Collpa, sal de limón y sin mordiente) Factor b: cantidad de tinte de cochinilla (2g, 4g, 6g y 10g), mediante la interacción se evalúa las propiedades colorimétricas. Luminosidad (L^*); Coordenada cromática (a^* , b^*); saturación (C^*); Ángulo de matiz (h°), En donde: Sin mordiente (SM); Alumbre (AL); Collpa (CO) y Sal de limón (SL).

- **Luminosidad:**

El análisis de varianza para determinar la luminosidad, (L^*), los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial ($A*B$) con $p < 0.05$ (Tabla 10), se observa que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a mordiente, tinte y la interacciones.

Al efectuar la prueba de comparación de promedio de Tukey Ver (Anexo 1.1) referente a la Interacción Mordiente*Tinte, se observan valores que reportan en cuanto a luminosidad. Por lo tanto, el T11 (mordiente collpa con 6gr de cochinilla) presenta un valor menor de luminosidad (33.86), indicando oscurecimiento en cuanto al color, como se observa en la Figura 9.

Tabla 10 — ANOVA para determinar luminosidad (L^*)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	2126.32	15	141.75	258.83	<0.0001
Mordiente (g)	1195.80	3	398.60	727.80	<0.0001
Tinte (g)	9.09	3	3.03	5.53	<0.0001
Mordiente (g) * Tinte (g)	921.44	9	102.38	186.94	<0.0001
Error	17.53	32	0.55		
Total	2143.85	47			

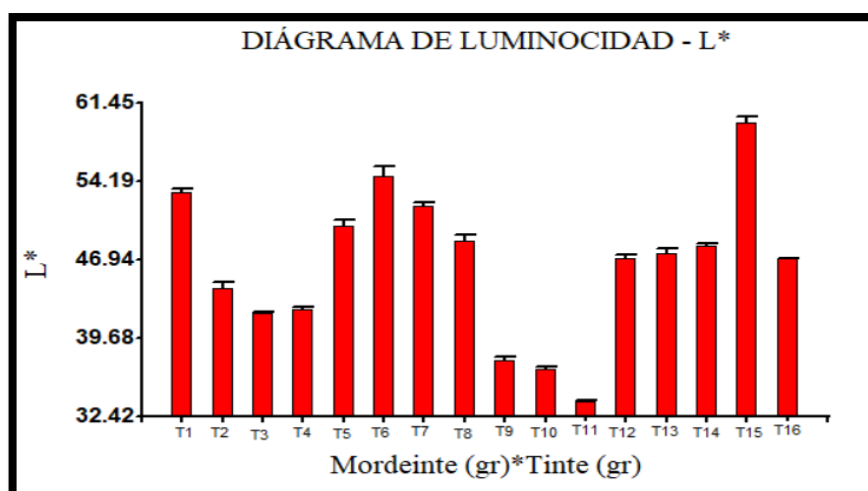


Figura 9 — Diagrama de luminosidad (L*)

- **Coordenada (a*):**

De acuerdo a la Tabla 11, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los factores mordiente, tinte y la interacciones respecto a la luminosidad (a*). Al efectuar la prueba de comparación de promedio de Tukey Ver (Anexo 1.2) referente a la Interacción Mordiente*Tinte, se observan valores que reportan en cuanto a la coordenada (a*). Por lo tanto, el T11 (mordiente collpa con 6gr de cochinilla) presenta un valor menor de coordenada (a*) (4.46), indicando el color verde, como se observa en la Figura 10.

Tabla 11 — ANOVA para determinar coordenada (a*)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	2533.72	15	168.91	302.57	<0.0001
Mordiente (g)	297.80	3	99.27	177.82	<0.0001
Tinte (g)	1884.87	3	628.29	1125.45	<0.0001
Mordiente (g) x Tinte (g)	351.04	9	39.00	69.87	<0.0001
Error	17.86	32	0.56		
Total	2551.58	47			

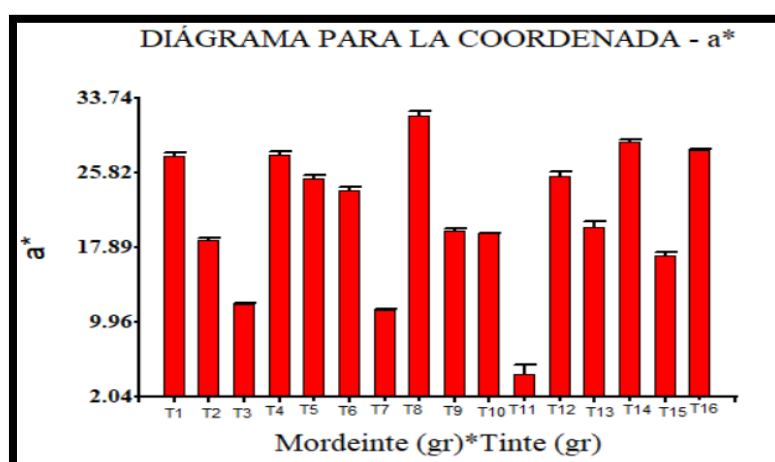


Figura 10 — Diagrama de barra para la coordinada (a*)

- **Coordenada (b*):**

De acuerdo a la Tabla 12, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los factores mordiente, tinte y la interacciones respecto a la luminosidad (b*).

Al efectuar la prueba de comparación de promedio de Tukey Ver (Anexo 1.3) referente a la Interacción Mordiente*Tinte, se observan valores que reportan en cuanto a la coordenada (b*). Por lo tanto, el T2 (sin mordiente con 4gr de cochinilla) presenta un valor menor de coordenada (b*) (-3.81), indicando el color azul, como se observa en la Figura 11.

Tabla 12 — ANOVA para determinar coordina (b*)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	1686.24	15	112.42	1307.07	<0.0001
Mordiente (g)	121.35	3	40.45	470.30	<0.0001
Tinte (g)	1274.24	3	424.75	4938.57	<0.0001
Mordiente (g) x Tinte (g)	290.65	9	32.29	375.49	<0.0001
Error	2.75	32	0.09		
Total	1688.99	47			

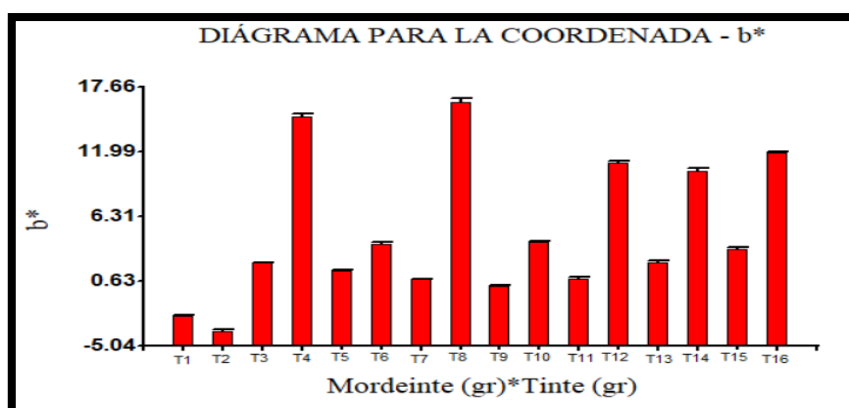


Figura 11 — Diagrama de barra para la coordenada (b*)

- **Croma (C*):**

De acuerdo a la Tabla 13, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con



arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los factores mordiente, tinte y la interacciones respecto al croma(C*).

Al efectuar la prueba de comparación de promedio de Tukey Ver (Anexo 1.4) referente a la Interacción Mordiente*Tinte, se observan valores que reportan en cuanto a la croma (C*). Por lo tanto, el T11 (mordiente collpa con 6gr de cochinilla) presenta un valor menor de croma (C*: 4.53), indicando tonalidades menos saturados, como se observa en la Figura 12.

Tabla 13 — ANOVA para determinar el croma (C*)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	3219.28	15	214.62	348.29	<0.0001
Mordiente (g)	342.55	3	114.18	185.30	<0.0001
Tinte (g)	2466.11	3	822.04	1334.01	<0.0001
Mordiente (g) x Tinte (g)	410.62	9	45.62	74.04	<0.0001
Error	19.72	32	0.62		
Total	3239.00	47			

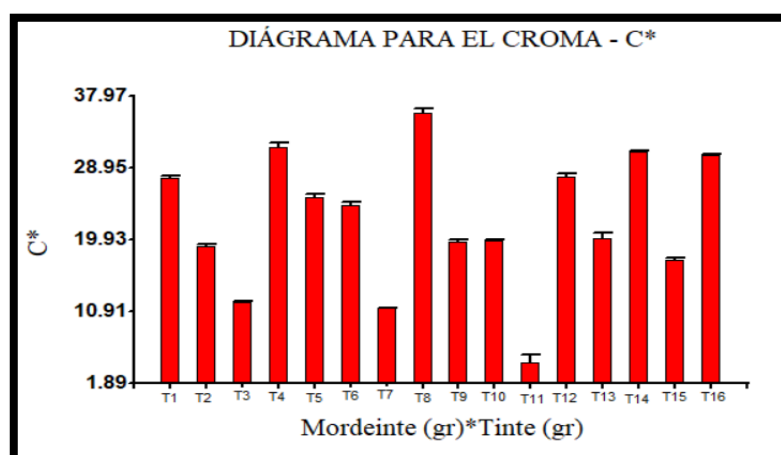


Figura 12 — Diagrama de barra para el croma (C*)

- **Tono (h°):**

De acuerdo a la Tabla 14, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los

factores mordiente, tinte y la interacciones respecto al tono de matiz (h°). Ver (Anexo 1.5).

Al efectuar la prueba de comparación de promedio de Tukey Ver (Anexo 1.5) referente a la Interacción Mordiente*Tinte, se observan valores que reportan en cuanto a la tonalidad (h°). Por lo tanto, el T9 (mordiente Collpa con 2gr de cochinilla) presenta un valor menor de tonalidad (0.57), indicando menos saturados en el ángulo de matiz, como se observa en la Figura 13.

Tabla 14 — ANOVA para determinar el ángulo de matiz (h°)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	603881.45	15	40258.76	219483.51	<0.0001
Mordiente (g)	270143.13	3	90047.71	490923.86	<0.0001
Tinte (g)	73203.33	3	24401.11	133030.45	<0.0001
Mordiente (g) x Tinte (g)	260534.99	9	28948.33	157821.08	<0.0001
Error	5.87	32	0.18		
Total	603887.32	47			

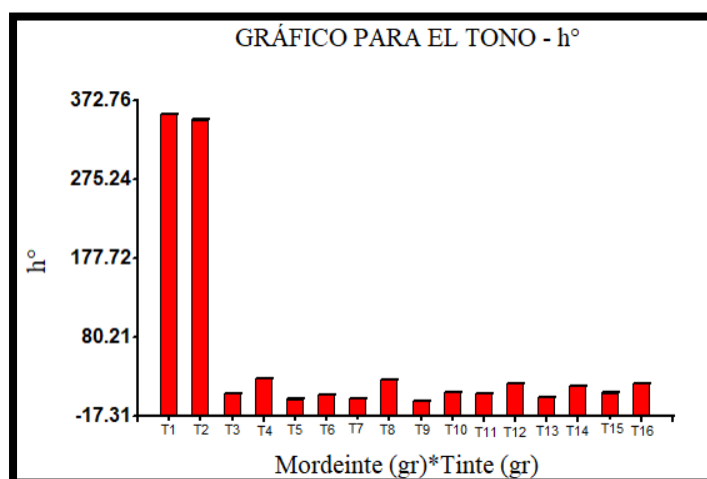


Figura 13 — Diagrama de barra para el tono de matiz (h°)

5.1.2 Análisis de las características textiles de muestras del hilo de fibra de alpaca Huacaya.

En la Tabla 15, se presenta los resultados de las características textiles del hilo de fibra de alpaca Huacaya para los 16 tratamientos, con sus dos factores

(Mordiente y Tinte de cochinilla) con sus diferentes niveles, referente a las características textiles (DMF, DV-DMF, CF, CU, SF), y el promedio con su respectiva desviación estándar.

Tabla 15 — Parámetros de características textiles de la muestra de fibra teñida con tinte de cochinilla.

Tratamiento	Factor A Mordientes (g)	Factor B Tinte de cochinilla (g)	Características textiles				
			DMF μm	CV_DMF μm	CF %	CU %/mm	SF μm
T1	SM	2	22.50±0.95	21.83±1.22	92.43±2.60	49.67±6.82	21.83±1.00
T2	SM	4	22.20±0.10	24.67±5.74	93.97±1.05	56.20±1.91	21.13±0.86
T3	SM	6	22.70±0.70	21.23±0.57	93.20±2.50	50.73±2.63	21.80±0.53
T4	SM	10	21.93±0.35	21.70±1.59	93.83±1.71	51.47±2.29	21.60±0.82
T5	AL	2	21.83±0.38	22.10±0.70	94.83±1.42	48.93±3.19	21.73±0.35
T6	AL	4	22.43±0.31	21.77±0.50	93.13±0.49	59.83±9.60	21.53±1.00
T7	AL	6	22.93±0.47	21.53±0.98	92.10±1.51	49.77±4.37	22.23±0.68
T8	AL	10	21.83±0.06	22.20±0.17	93.80±1.04	46.03±2.76	20.97±0.56
T9	CO	2	22.13±0.12	21.27±0.74	94.70±0.92	45.30±2.94	22.57±0.85
T10	CO	4	23.10±0.66	21.17±0.68	91.43±2.56	55.40±2.94	22.57±0.85
T11	CO	6	21.80±0.40	20.50±1.56	96.00±1.31	51.10±4.57	20.83±0.47
T12	CO	10	21.23±0.35	19.87±1.85	97.10±2.15	60.67±3.17	20.87±0.42
T13	SL	2	23.30±0.66	20.57±0.68	91.73±1.89	53.23±5.00	23.23±0.59
T14	SL	4	23.10±0.52	20.90±2.02	92.67±3.33	48.87±4.88	22.37±0.65
T15	SL	6	23.60±1.39	21.53±1.36	89.33±4.95	42.00±1.77	22.63±1.02
T16	SL	10	20.83±0.76	19.80±2.17	96.67±2.19	50.00±2.88	20.67±0.31

NOTA Diámetro medio de fibra (DMF); Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (CV-DMF); Factor de confort (CF); Índice de curvatura (CU); Finura al hilado (SF), En donde: Muestra blanca (M.B); cochinilla (COCH); Sin mordiente (SM); Alumbre (AL); Collpa (CO); Sal de limón (SL).

- **Diámetro medio de fibra (DMF):**

De acuerdo a la Tabla 15, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los factores tinte y la interacciones respecto al diámetro medio de fibra (DMF). Ver (Anexo 2.1).

Al efectuar la prueba de Tukey para la comparación de promedios (Ver Anexo 2.1), observamos que la interacción mordiente* tinte, se observan



valores que reportan en cuanto al diámetro medio de la fibra (DMF). Por lo tanto, el T16 (sal de limón y 10 g de tinte de cochinilla) presenta un valor menor de DMF (20.83 μm), como se observa en la Figura 14.

Tabla 16 — ANOVA para determinar el diámetro medio de fibra.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p-valor
Modelo	26.12	15	1.74	4.69	0.0001
Mordiente (g)	2.61	3	0.87	2.34	0.0919
Tinte (g)	13.18	3	4.39	11.84	<0.0001
Mordiente (g) x Tinte (g)	10.34	9	1.15	3.10	0.0087
Error	11.87	32	0.37		
Total	38.00	47			

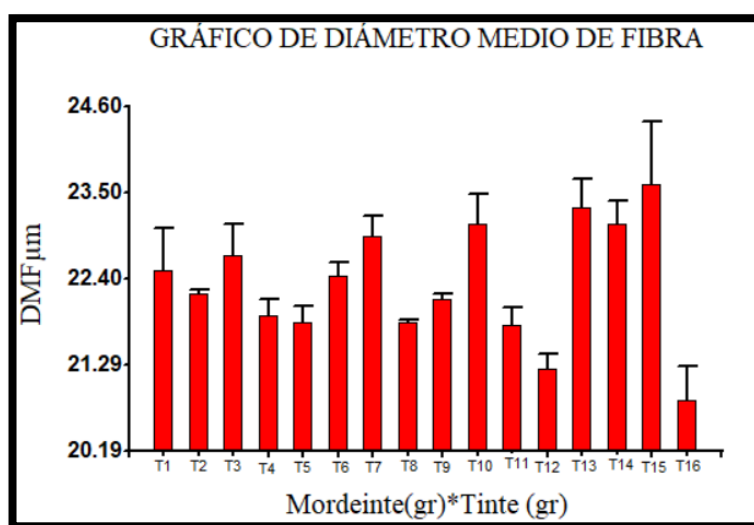


Figura 14 — Diámetro medio de fibra

- **Diagrama de coeficiente de variación del diámetro medio de fibra (CV-DMF)**

Al efectuar la prueba de Tukey (Ver Anexo 2.1), observamos que los mordientes, tintes y la interacción no tuvieron diferencias significativas, así mismo son iguales todos los tratamientos estadísticamente. Como se observa en la Figura 17.

Se observan valores que reportan en cuanto al Coeficiente de variación de diámetro medio de la fibra (CV-DMF). Como se observa en la Figura 15.

Tabla 17 — ANOVA para determinar el coeficiente de variación de DMF

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	57.03	15	3.80	1.07	0.4215
Mordiente (g)	25.77	3	8.59	2.41	0.0852
Tinte (g)	9.90	3	3.30	0.93	0.4396
Mordiente (g) x Tinte (g)	21.36	9	2.37	0.67	0.7330
Error	114.09	32	3.57		
Total	171.12	47			

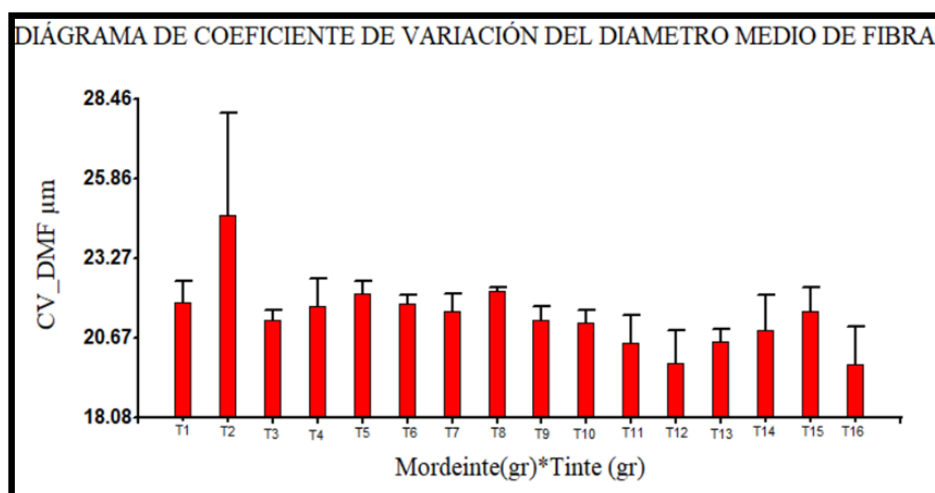


Figura 15 — Coeficiente de variación del diámetro medio de fibra

- **Diagrama de factor de confort (CF):**

De acuerdo a la Tabla 18, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los factores, tinte y la interacciones respecto al coeficiente de variación de diámetro medio de fibra (CF). Ver (Anexo 2.3).

Al efectuar la prueba de Tukey para la comparación de promedios (Ver Anexo 2.1), se observan valores que reportan en cuanto al factor de confort (CF). Por lo tanto, el T16 (sal de limón y 10 g de tinte de cochinilla) presenta un valor menor de CF (89.33%), como se observa en la Figura 16.

Tabla 18 — ANOVA para determinar el factor de confort (CF)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	184.77	15	12.32	2.45	0.0163
Mordiente (g)	30.35	3	10.12	2.01	0.1317
Tinte (g)	55.36	3	18.45	3.67	0.0222
Mordiente (g) * Tinte (g)	99.06	9	11.01	2.19	0.0498
Error	160.75	32	5.02		
Total	345.52	47			

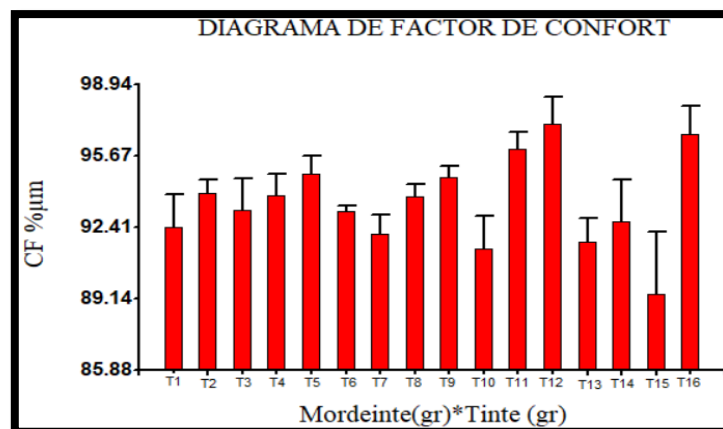


Figura 16 — Diagrama de factor de confort

- **Diagrama de índice de curvatura (CU):**

De acuerdo a la Tabla 19, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (AXB) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos, referente a los

factores, tinte y la interacciones respecto al índice de curvatura (CU% mm). Ver (Anexo 2.4).

Al efectuar la prueba de Tukey para la comparación de promedios (Ver Anexo 2.4), se observan valores que reportan en cuanto al índice de curvatura (CU). Por lo tanto, el T15 (sal de limón y 6g de tinte de cochinilla) presenta un valor menor de CU (42.00%mm), como se observa en la Figura 17.

Tabla 19 — ANOVA para determinar el índice de curvatura (CU)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	1121.39	15	74.76	4.05	0.0004
Mordiente (gr)	138.00	3	46.00	2.49	0.0778
Tinte (gr)	326.85	3	108.95	5.90	0.0025
Mordiente (gr) x Tinte (gr)	656.55	9	72.95	3.95	0.0018
Error	590.55	32	18.45		
Total	1711.94	47			

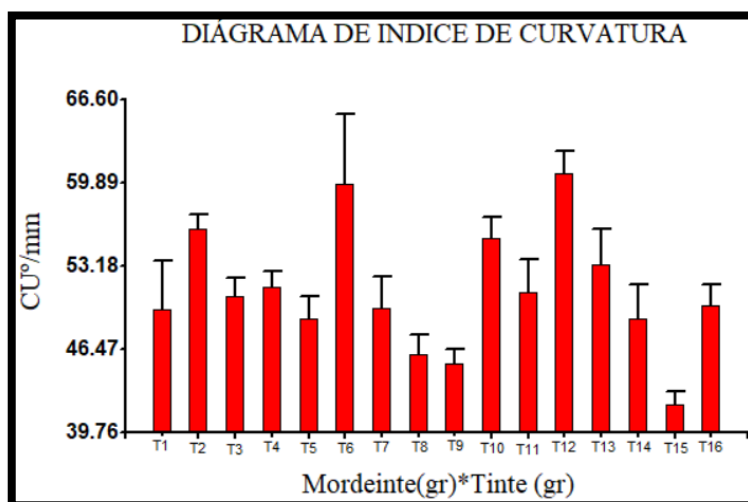


Figura 17 — Diagrama de índice de curvatura

- **Diagrama de finura al hilado (SF):**

De acuerdo a la Tabla 20, de análisis de varianza, mostraron los resultados referentes al diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial (A*B) con $p < 0.05$, observando que estadísticamente existe diferencias significativas, entre los tratamientos referente a los



factores mordiente, tinte y la interacciones respecto a la finura al hilado (SF). Ver (Anexo 2.5).

Al efectuar la prueba de tukey para la comparación de promedios (Ver Anexo 2.5), se observan valores que reportan en cuanto a la finura al hilado (SF%). Por lo tanto, el T16 (sal de limón y 10g de tinte de cochinilla) presenta un valor menor de SF (20.67%), como se observa en la Figura 18.

Tabla 20 — ANOVA para determinar la finura al hilado (SF)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	p- valor
Modelo	26.33	15	1.76	3.53	0.0013
Mordiente (g)	5.52	3	1.84	3.69	0.0217
Tinte (g)	6.91	3	2.30	4.62	0.0085
Mordiente (g) x Tinte (g)	13.91	9	1.55	3.10	0.0085
Error	15.93	32	0.50		
Total	42.25	47			

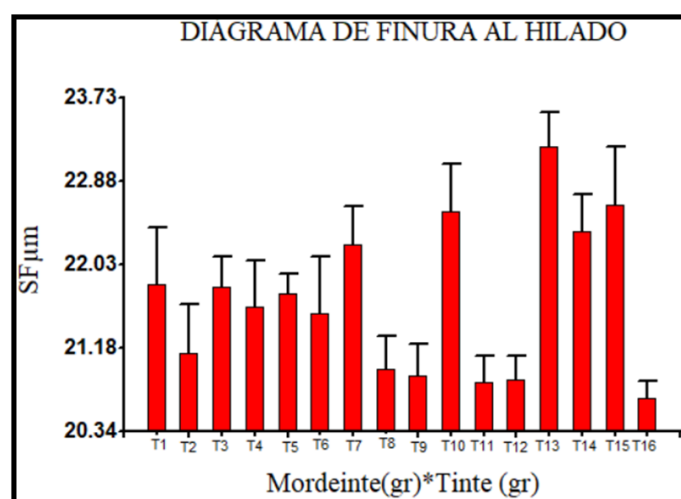


Figura 18 — Diagrama de finura al hilado

5.1.3 Bandas químicas

En la Fig. 22, se observan las bandas químicas en los espectros de FTIR de la muestra de alpaca teñida con tinte de cochinilla a distintas concentraciones (2g, 4g, 6g y 10g), teñidas con distintos mordientes como (alumbre, collpa, sal



de limón y sin mordiente). Donde, todas las muestras presentan una intensidad diferente en el espectro FTIR. Así mismo, los tratamientos del teñido de fibra sin mordientes presentan una longitud de onda 3288cm^{-1} con mayor intensidad. Seguidamente se encuentran los siguientes picos con menores longitud de onda 2924cm^{-1} (C=H), 1633cm^{-1} (C=O) hasta el pico 1014cm^{-1} (S-O).

Las diferentes intensidades en las bandas (**N-H y OH**), **C=O**, **C=H**, **C-H** y **C=O**. Según Gregor *et al.*, (2017) en su estudio menciona el cambio en la intensidad de las bandas en el espectro FTIR y refleja los cambios en las propiedades ópticas de las muestras.

Finalmente, las fibras de alpaca contienen grupos amidas A (I, II y III), que son características comunes de las fibras proteicas. La banda amida **AI**, se encuentra alrededor de $3100\text{-}3500\text{cm}^{-1}$ en el espectro FTIR, lo que muestra el número de onda con 3288cm^{-1} , la cual está asociada con la vibración del enlace nitrógeno- hidrógeno y oxígeno hidrogeno **N-H** y **O-H**, indicando que se encuentra dentro del rango.

La banda amida **AII** se encuentra en el rango de 1540cm^{-1} en el espectro FTIR, la cual está asociada con la vibración del enlace carbono – hidrogeno **C-H**, indicando que el número de onda es 1415cm^{-1} demostrando que se encuentra dentro del rango.

La banda amida **AIII** se encuentra en el rango de $1250\text{-}1350\text{cm}^{-1}$ en el espectro FTIR, lo que muestra el número de onda con 1230cm^{-1} , la cual está asociada con la vibración del enlace carbono- oxígeno **C=O** que corresponde a la región de enlace químico presentes en la proteína.

Finalmente, se verifica que la absorbancia de los enlaces químicos presentes en el espectro (FT- IR) se muestra que los enlaces de **N-H** y **O-H** presentan mayor intensidad en relación con el número de onda.

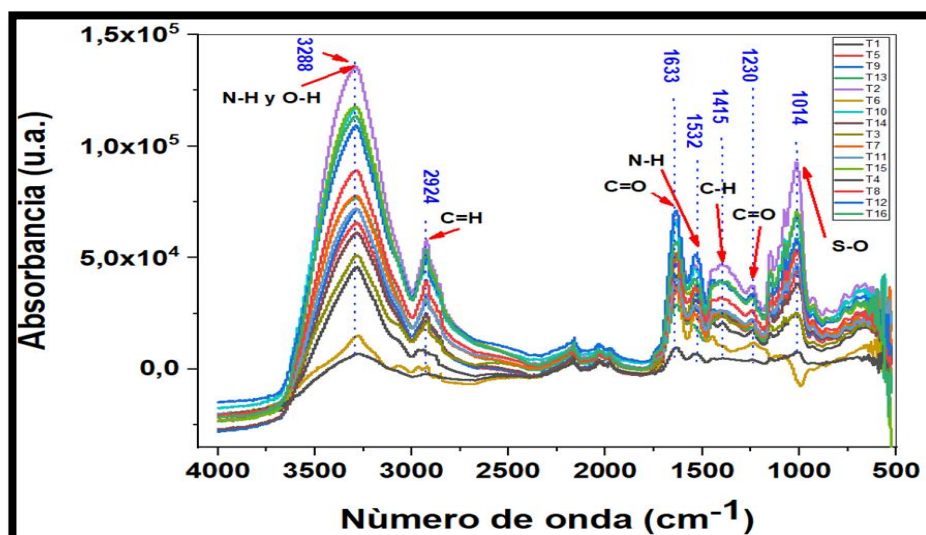


Figura 19 — Análisis de FTIR en fibra de alpaca teñido con tinte de cochinilla con aplicación de mordientes.

5.1.5 Análisis de propiedades de solidez

La evaluación se realizó en cabina de luces usando luz D65 con la escala de grises para la transferencia de color y para el cambio de color.

De acuerdo a la Tabla (21), se realizaron pruebas de solidez al frote, lavado en seco y húmedo lo que permitió determinar la transferencia del tinte. Según los resultados obtenidos, se seleccionó ocho muestras las cuales fueron determinadas por las propiedades colorimétricas como un color óptimo el T11 (6g de tinte de cochinilla con Collpa) con cantidades de tinte de cochinilla (4g y 6g), y mordientes metálicos (alumbre (AL), Collpa (CO), sal de limón (SL) y sin mordiente (SM).

La solidez al lavado mostró un resultado con T10 (4g de tinte de cochinilla con mordiente Collpa) con una puntuación de (5) muy buena, por tanto, permite que es resistente al lavado y no muestra cambios perceptibles en su apariencia y transferencia de color. En cuanto a la solidez al frote en seco el T15 (6g de tinte de cochinilla con mordiente sal de limón) presenta una calificación de (4), lo que indica que tiene una resistencia significativa al lavado.

Tabla 21 — Prueba de solidez en fibra de alpaca teñido con tinte de cochinilla con aplicación de mordientes.

Tratamientos	Solidez al lavado		Frote en húmedo	Frote en seco	Muestra
T2 (SM-4)	5				
T6 (AL-4)	4-5				
T10 (CO-4)	5				
T14 (SL-4)	4-5				
T3 (SM-6)			2-3	3-4	
T7 (AL-6)			2-3	3	
T11 (CO-6)			2	2-3	
T15 (SL-6)			3-4	4	

NOTA T2 (sin mordiente con 4g de cochinilla), T6 (alumbre con 4g de cochinilla), T10 (Collpa con 4g de cochinilla) y T14 (sal de limón con 4g de cochinilla) se analizaron la solidez al lavado, mientras que T3 (sin mordiente con 6g de cochinilla), T7(alumbre con 6g de cochinilla), T11 (Collpa con 6g de cochinilla), T15(sal de limón con 6g de cochinilla) se analizaron para la solidez al frote en húmedo y en seco.

5.2 Contrastación de hipótesis

Hipótesis estadística

En la presente investigación se trabajó con la hipótesis de causalidad, donde se busca determinar la relación de CAUSA- EFECTO.

Hipótesis nula (Ho): El teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos no tienen efecto en las propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez del color.

Hipótesis nula (Ha): El teñido de fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) con tinte de cochinilla (*Dactylopius coccus*) y mordientes metálicos tienen efecto en las propiedades colorimétricas, características textiles, bandas químicas y solidez del color.

Estadístico.

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

Nivel de significancia

Se trabajará a un nivel de significancia de 0.05, en donde se realizarán los análisis de varianza, para considerar si existe diferencia significativamente entre los tratamientos.

5.3 Discusión

- **Parámetros colorimétricos**

Según la cuantificación de color con el sistema CIE L*a*b*, la luminosidad (L*) presento con valores menores el T11 (6g de tinte de cochinilla y mordiente collpa) L*: 33.86 indicando oscurecimiento en cuanto al color, la coordenada a*: 4.46 que se asemeja al color rojo, coordenada b*: -3.81 al color azul, croma C*: 4.53, indicando tonalidades menos saturados y finalmente el ángulo de matiz h°:0.57, indicando menos saturados en el ángulo de matiz. (Lozano *et al.*, 2024) al realizar estudio de efecto de mordiente sobre la variación de diámetro y tono de color en hilo de fibra de alpaca teñida con flores de colli, la luminosidad presento una disminución significativamente L*:51.42, la coordenada a*:-0.48 generando un color verde oscuro con mordiente Collpa, la coordenada b*:64.36 que tiende al color amarillo, para el croma C*:64.43 presento saturado y la tonalidad h°:92.03 sufre variaciones respecto a la fibra, resultados similares fueron reportados por el



estudio teñido de fibras naturales con colorantes naturales Hurtado y Arroyo (2016), para la lana teñido con cochinilla el valor de luminosidad L^* :20.23 indicando oscurecimiento en cuanto al color, coordenada a^* :43.81 se asemeja al tono rojo, la coordenada b^* =-4.51 al color azul. Por lo tanto, las moléculas del colorante y los mordientes al fijarse sobre la superficie de la fibra modifican las propiedades colorimétricas de las fibras.

- **Características textiles**

Según las características textiles de la fibra teñida con tinte de cochinilla el T16 (10g de tinte de cochinilla con mordiente sal de limón) tuvo un valor menor en el diámetro medio de fibra (DMF: 20.83 μ m), factor de confort (CF: 89.33%), índice de curvatura (CU: 42 μ m) y finura al hilado (SF: 20.67%). Así mismo (Lozano *et al.*, 2024) en su estudio efecto de mordiente sobre la variación de diámetro y tono de color en hilo de fibra de alpaca teñida con flores de colli, el diámetro medio de fibra DMF: 30.09 μ m, finura al hilado SF de 23.23%, estas muestras teñidas con mordiente sal de limón similar al estudio, en comparación con los resultados de Miranda (2022), efecto del diámetro medular en el teñido en fibras de alpaca Huacaya que busca determinar el porcentaje de modulación de la fibra de alpaca teñida con tinte de cochinilla, determinó el diámetro medio de fibra DMF:10.15 μ m, la finura al hilado SF:27.53%, el factor de confort CF:42.56% y para la variación del diámetro medio de fibra CV-DMF: 21.83 μ m, además, el efecto de la edad sobre el diámetro medio de fibra DMF se debería a la queratinización de la fibra resultando mayor proceso de modulación en fibras de alpacas teñidas con tinte de cochinilla Contreras y Quispe, (2010), además sugiere que depende del tipo de mordiente y la concentración de tinte pueden influir en la curvatura de la fibra.

- **Bandas químicas**

Para el efecto del teñido de fibra de alpaca Huacaya con tinte de cochinilla se determinó las bandas químicas, lo cual se observó que la absorbancia de los enlaces químicos presentes en el espectro (FT-IR) muestra mayor intensidad en relación con el número de ondas con los enlaces N-H y O-H, similar (Lozano *et al.*, 2024) en su estudio efecto de mordiente sobre la variación de diámetro y tono de color en hilo de fibra de alpaca teñida con flores de colli, presentan las bandas



químicas con fibra teñida sin mordiente con mayor intensidad de enlace N-H y menor intensidad en hilos teñidos y mordentados con collpa. Quispe (2023), también es evidente que las fibras teñidas únicamente con tallo de tankar muestran una mayor intensidad del espectro, mientras que el blanco sin teñir la fibra presenta un FTIR-ATR más bajo.

- **Propiedades de solidez**

El efecto del teñido de fibra de alpaca con tinte de cochinilla para la solidez al lavado y al frote húmedo y seco, lo cual es muy buena y aceptable según la escala de grises (3-4 a 5), así mismo fue muy importante los factores de temperatura 85°C y tiempo 5min en el teñido. Por consiguiente, se concuerda con Ochoa y Ullauri (2020), el objetivo de este estudio fue revalorizar las técnicas ancestrales de tintura natural con temperatura 85°C y tiempo 30min determinó la solidez a la luz, solidez al lavado y al frote en húmedo y seco con valores de (5-5) presentaron satisfactorios con mordiente alumbre que presenta mayor capacidad en la fijación de color. Además, Miranda (2022) ha obtenido con una buena solidez (5) y resistencia a la luz por lo que las fibras teñidas con cochinilla son consideradas aceptables Mamani (2021), se obtiene una alta solidez al frote en seco con un resultado de (4.5), lo cual es muy buena y aceptable según la escala de grises, se concuerda con Tapia (2023) el cual se obtuvieron como resultados la solidez a la luz con calificación de excelente (5), quiere decir que no presento transferencia de color.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El uso de un colorímetro para determinar las propiedades colorimétricas de la fibra de alpaca Huacaya teñida con cochinilla y mordientes metálicos permitió obtener datos precisos sobre la intensidad y tonalidad del color. El cual se observa una disminución en la luminosidad y un oscurecimiento de los colores. Finalmente resultado las muestras con mordiente collpa con 6gr de cochinilla (T11) mostraron tonos más oscuros en comparación con aquellas tratadas con tinte de cochinilla y mordiente alumbre, sal de limón y sin mordiente, evidenciando una preferencia por tonalidades rojizas más profundas conforme se incrementa la concentración del tinte.
- Para las características textiles se determinó mediciones precisas en forma de mecha para obtener una mejor calidad según el equipo OFDA 2000, donde capta las imágenes midiendo el diámetro medio de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado.
- El uso de la espectroscopia FTIR para determinar la composición química de la fibra de alpaca Huacaya teñida con cochinilla y mordientes metálicos reveló la presencia de interacciones químicas específicas entre los componentes del tinte y los mordientes. Los análisis mostraron cambios en las bandas de absorción características, indicando la formación de complejos entre el tinte de cochinilla y los mordientes metálicos lo que contribuye a la estabilidad y fijación del color en la fibra. Esta técnica confirmó la estabilidad del uso de mordientes metálicos para mejorar las propiedades colorimétricas y la durabilidad del tinte en la fibra de alpaca Huacaya.
- La evaluación de la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya teñida con tinte de cochinilla y mordientes metálicos a una Temperatura de 86 °C mostro resultados positivos. Las fibras tratadas con mordiente presentaron una buena solidez del color, manteniendo su intensidad y resistencia a pesar de las

condiciones térmicas. Este estudio confirma que el uso de cochinilla y mordientes metálicos mejora significativamente la durabilidad del color en la fibra de alpaca Huacaya, demostrando ser una técnica eficaz para aplicaciones textiles donde requiere estabilidad y resistencia del color.

6.2 Recomendaciones

- **Continuidad en Pruebas de Calidad:** Es crucial mantener un programa continuo de pruebas y evaluaciones para asegurar la calidad y el rendimiento de los textiles teñidos bajo diversas condiciones de uso. Esto garantizará que los productos finales cumplan con los estándares de durabilidad y resistencia requeridos en el mercado.
- **Exploración de Tintes Naturales:** Se recomienda investigar y documentar el uso de tintes naturales disponibles en nuestra rica biodiversidad. Muchos de estos tintes son patrimonio de las culturas locales y aún no son ampliamente conocidos. Su estudio podría revelar alternativas sostenibles y ecológicas para la industria textil.
- **Optimización de Parámetros de Teñido:** Se sugiere experimentar con diferentes parámetros de temperatura y tiempo durante el proceso de teñido con cochinilla para optimizar la solidez a la luz de las fibras teñidas. Establecer protocolos estandarizados para estos parámetros ayudará a mejorar la consistencia y calidad del color.
- **Evaluación Ambiental:** Analizar el impacto ambiental de los procesos de teñido, comparando los tintes naturales con los sintéticos, para promover prácticas más sostenibles y reducir la huella ecológica de la industria textil.
- **Desarrollo de Nuevas Aleaciones de Mordientes:** Investigar la creación de nuevas aleaciones de mordientes que puedan mejorar la fijación del color sin comprometer la integridad de la fibra o el medio ambiente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 231.301, NORMA TÉCNICA PERUANA. 2014.** Lima : s.n., 2014.
- AGUILAR, Milagros . 2012.** *Esquila y categorización de la fibra de alpaca.* Arequipa : Centro de Estudios y promoción del desarrollo , 2012. ISSN.
- ALIAGA, Jorge Luis. 2012.** *Producción de Ovinos.* Lima : Gutemberg. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012. ISSN.
- ALONSO, José. . 2015.** *Manual de control de calidad en productos textiles y afines.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid,, 2015. ISSN.
- ARIAS, Jose. 2021.** *Diseño yy metodología de la invetsigación.* Colombia : Universidad de colombia , 2021. 978-612-48444-2-3.
- ARROYO, Gabriela. 2011.** Caracterización fisicoquímica de una fibra de lagodon teñida con grana de carmin (*Dactylopius coccuscosta*) y tratabilidad biológica de las aguas residuales generadas en el proceso". [En línea] 3 de Junio de 2011.
- BA Mc, Gregor, X, Liu y XG, Wang. 2018.** *Comparisons of the fourier transform infrared spectra of cshmere, guard hair, wool and other animal fibres.* 2018.
- BARRAZA, Guillermo, y otros. 2013.** La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de fourier (FTIRM) en el estudio de sistemas biológicos. 2013, Vol. 41, 3.
- BOLAÑOS, Yolanda Guadalupe. 2012.** *Aplicación de colorimetría en la producción del color en tejidos de poliéster, algodón a través de una guía técnica.* Ecuador : Universidad Técnica del Norte, 2012. ISBN/ISSN.
- BONACIC S, Cristián. 1991.** *Características biológicas y productivas de los camélidos sudamericanos.* Chile : Universidad Católica de Chile , 1991. ISSN.
- BURGOS, Alonso . 2020.** *ALPACA.* Lima : Indecopi, 2020. ISSN.
- BUSTINZA, Choque. 2017.** *Características de la Fibra de Alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú.* Peru : scielo peru, 2017. Vol. 28. 1609-9117.
- CANAL, Cristina. 2005.** *Estudio de las propiedades superficiales y del post-suavizado de tejidos de lana y poliamida 6 tratados con plasma.* Barcelonatech : Universitat Politècnica de Catalunya, 2005. ISSN.
- CANELO, Jesus y ARROYO, Gabriela. 2017.** *Teñido de fibras naturales con colorantes naturales.* s.l. : Jóvenes en la Ciencia, 2017. págs. 2316-2320.



CAPILLA, Pascual, y otros. 2002. *Fundamentos de colorimetria*. España : Universitat de Valencia, 2002. 84-370-5420-6.

CARRERA, Eric. 2017. *Propiedades físicas para caracterizar la calidad de la fibra*. España : Universidad Politecnica de Catalunya, 2017.

CARVALLO, Marianela. 2000. *Colorantes naturales derivados de la cochinilla dactylopius coccus costa y su comercio natural*. Chile : Universidad Católica de Valparaíso, 2000. ISBN.

Colorantes textiles una amenaza latente la biotecnología como parte de la solución.

ÁGUILA, karina, TORRES, Jose Luis y CORTÉS, Diana Verónica. 2024. México : Instituto Politécnico Nacional. Ex-Hacienda, mayo de 2024.

Comparación de la solidez del color de fibras teñidas con colorantes naturales contra colorantes sintéticos.

ARROYO, Gabriela. 2022. s.l. : Universidad de Guanajuato. Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado, 9 de Septiembre de 2022.

CONTRERAS, Simòn timoteo. 2019. *Potencial Productor y comercial de la alpaca*. Lima : Direccion General de Politiacas Agrarias, 2019. ISSN.

CONTRERAS, Alejandro y QUISPE, E C. 2010. *Estructura cuticular y características físicas de La fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) de color blanco en la Región de Huancavelica*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2010.

COSTA, Mirko Raimondo. 1990. *Las fibras textiles y su tintura*. 1990. ISBN.

Crianza y mejora genetica de alpacas.

AGUILAR, Milagros y TORRES, Daniel. 2023. Arequipa : programa regional del sur, 2023. 978-612-4043-66-6.

DE GEA, Gines . 2007. *El ganado lanar en la Argentins*. Argentina : Universidad Nacional de Río Cuarto, 2007. 978-950.

E, Wojciechowska, A, Włochowicz y A, Weselucha-Bi. 1999. *Application of Fourier-transform infrared and Raman spectroscopy to study degradation of the wool fiber keratin*. s.l. : Elsevier Science, 1999.

Efecto de mordientes sobre la variación de color en fibra de alpaca.

LOZANO, Franklin , y otros. 2023. Abancay : Coloration Technology, 2023.

El colorido conflicto de la moda con nuestro planeta.

SILVA, Esteban. 2024. s.l. : Universidad Nacional del Sur, 2024, págs. 301-308. 1668-0227.

EL IMPARCIAL. 2019. *¿Qué es el 'fast fashion'?* Mexico : s.n., 2019. ISSN.



EL-ZAHER y NABAWIA, A. 2021. *Amendments of the structural and physical properties of cotton fabrics dyed with natural dye and treated with different mordants.* s.l. : Journal of Natural Fibers, 2021. págs. 1247-1260.

Encuesta global de la industria textil.

GARCIA, German E. 2024. 3, Colombia : Federación Internacional de Fabricantes Textiles, 2024, Vol. 84.

ESPINOSA, y otros. 2019. *Fibras Naturales como alternativa de refuerzo en materiales compuestos.* 2019. Vol. 17.

EYZAGUIRRE, María Paz Lira. 2002. *Análisis científico de fibras arqueológicas.* Chile : Universidad de Chile, 2002. ISBN.

EZEQUIEL , Ander Egg. 2011. *Metodología de la investigación.* Argentina : Naciones basicas para la investigación, 2011. 978-987-591-271-7.

FIGUEROA, Frida y CAÑARI, Yesseica. 2022. *Efecto del mordiente y tiempo en la solidez del teñido de hilo de ovino y alpaca con flores de manzanilla (Matricaria chamomilla. L).* Sicuani : Universidad de San Antonio Abad del Cusco, 2022.

Finanzas, Ministerio de Economía y. 2023. *recuperación del sector Textil y Confecciones a través de incentivos tributarios a la inversión y a la generación de empleo.* [En línea] 17 de Junio de 2023.

GARCIA, Jorge y CASTELLARO G, Giorgio. 1991. *La fibra de los camelidos Andinos.* s.l. : <https://biblioteca.inia.cl>, 1991.

GREGOR M, B.A, WUANG, X G y LIU, X. 2017. *Comparisons of the Fourier Transform Infrared Spectra of cashmere, guard hair, wool and other animal fibres.* 2017. Vol. 109.

GUPTA, N, ARORA, R. K y VERMA, G K. 1981. India : Central Sheep y wool Research Institute, 1981, Vol. 6. ISBN.

GUTIÉRREZ, Humberto y DE LA VARA, Román. 2012. *Analisis y diseño de experimentos.* Tercera. México : McGraw-Hill Publishing Co., 2012. pág. 487. Vol. 3. ISBN.

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, C. 2018. *Metodología de la investigación.* Mexico : s.n., 2018. ISBN.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación.* sexta edición. Mexico : Mexicana, Reg .Num. 736, 2014. 978-1-4562-2396-0.



- HORIZON. 2022.** Un proceso de teñido natural con ventajas medioambientales. [En línea] 30 de junio de 2022.
- HOSPINAL, Solis. 2000.** *Producción de camélidos sudamericanos*. Huancayo : Universidad Nacional Daniel Alcidez Carrion, 2000. ISSN.
- ILLA , Clodo Paulino y TAIRO, Gloria. 2015.** *Tenido de fibra de alpaca suri (Vicugna Pacos) con carmin de cochinilla (Dactylopius Coccus)*. Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2015. ISBN.
- ISO 105 X 12, NTP. 2016.** Solidez del color al frote. *RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 024-2016- INACAL/DN*. [En línea] 23 de Setiembre de 2016.
- ISO,105 CO6 : 2010, NORMA.** *Evaluacion de solidez al avado*. españa : asociacion española de normalizacion y certificacion. isbn.
- JACOBO, Felix Roger. 2006.** *Determinación de un medio acuoso óptimo para la extracción de ácido carmínico desde la cochinilla en el proceso de elaboración de carmín*. UNIVERSIDAD NAIONAL DE TRUJILLO, TRUJILLO : 2006.
- LILIA, Ana y PORTILLO, Liberato. 1997.** *Teñido de fibra con rana Cochinilla y otros colorantes naturales*. Mexico : Universidad de Guadalajara, 1997.
- LINDON, John, Holmes, John y TRANTER, George. 2000.** *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. s.l. : Academic Press, 2000. ISBN-10.
- LIUN, Xin, WANG, Lijing y WANG, Xungai. 2004.** Evaluating the softness of animal fibers. 2004, Vol. 74, 6.
- LÓPEZ, Pastor. 2017.** *Química e industria de la curcumina*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos , 2017. ISBN.
- LOZANO, Franklin, QUISPE QUISPE, Arturo y VILCANQUI PÉREZ, Fulgencio. 2024.** Efecto de mordientes sobre la variación de diámetro y tono de color en hilos de fibra de alpaca teñidos con flores de colli (Buddleja coriacea). [En línea] 2024.
- MAIER, Marta Silvia. 2015..** *Análisis químico del patrimonio cultural*. Buenos Aires : aplicaciones y perspectivas, 2015. 1666-7948.
- MALACARA DOBLADO , Daniel. 2017.** *color and colorimetry*. s.l. : En Advanced Optical Instrumentsand Techniques, 2017.
- MALDONADO, Martha y IBARRA, Luis . 2006.** *Colorantes orgánicos de hongos y líquenes*. Guadalajara : Revista Científica, 2006. Vol. 8. 1665-8493.
- MAMANI, Elida Jhudith. 2021.** *Efecto del teñido natural con curcuma(curcuma longa) en la solidez del color del hilado de alpaca para artesanía textil, Puno 2020*. Juliaca : Universidad Nacional de Juliaca, 2021.



- MARÍN, y otros. 2013.** *Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo.* 2013.
- MARMION, Daniel M. 1992.** *Handbook of US colorants: foods, drugs, cosmetics, and medical devices.* Canada : John Wiley & Sons, 1992. 0471-50074.
- MIAO, M y GORDON, S. 2018.** *Fiber selection and substitution.* 2018. págs. 3-26.
- MINCETUR. 2023.** *REPORTE MENSUAL DE COMERCIO.* LIMA : Direccion Regional de investigacion y estudios sobre comercio , 2023. ISSN.
- NAFFA, Rafea, y otros. 2020.** Chemical and Structural composition of Alpaca (vicugna pacos) Skin With a Focus on Collagen Crosslinks. 2020, Vol. 190, págs. 106 - 144.
- OCHOA, y otros. 2020.** Revalotizacion de métodos ancestrales de tinturado natural en las provincias de Loja y Azuay del sur de Ecuador. [En línea] 2020. 1390-8928.
- OJEDA, Gorge. 2012.** *OJEDA BRITO, G. Tenido de fibra de abacá (textiles musa) utilizando colorante extraido de la cochinilla (Dactylopius Coccus).* Lima : Tesis Doctoral. Tesis de pregrado., 2012. ISSN.
- OKTAV, Meliha. 2012.** *Ecological dyeing with some plant pulps on woolen yarn and cationized cotton fabric.* s.l. : science direct, 2012.
- PALACIOS, C, GUILLÉN, M.E y SIDDON, D.C. 2021.** Evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales. s.l. : Siembra,, 2021, Vol. 8.
- PAREDES, Benigna Irene. . 2002.** *Análisis y obtención del colorante natural a partir de la baccharis latifolia (chilca).* Ecuador : Tesis de Licenciatura., 2002. ISBN.
- PINTO, Chris Evelyn y MARTIN, Carmen. 2010.** *Camelidos sudamericanos: clasificación, origen y características.* Madrid : Gale OneFile: Informe Académico,, 2010. ISSN.
- PUMASUNCO, Lizbeth. 2021.** Colorantes Naturales: Evaluación del mercado mundial y nacional. [En línea] 13 de Mayo de 2021. cien.adexperu.org.pe/.
- RODRÍGUEZ, Tito. 2003.** *Calidad de fibra de llama descordada y clasificada.* Bolivia : Uso pastoril en humedales altoandinos, 2003. ISSN.
- ROJAS, Oswaldo, MAVILA, Daniel y ROJAS, Nora. 2011.** *Insumos ecológicos en la serigrafía textil.* Lima : Univeridad Nacional Mayor de San Marcos, 2011. Vol. 14. 1560-9146.
- SALAVERRY, Oswaldo. 1998.** *Pigmentos Naturales Quinónicos.* Lima : Copyright, 1998. ISSN.



SÁNCHEZ, José Cegarra y PUENTE, Publio. 1981. *SÁNCHEZ, José Cegarra; PUENTE, Publio; VALLDEPERAS, José. Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles.* s.l. : Universidad Politécnica de Barcelona, 1981. ISBN.

SING DE UGAZ, Olga Lock. 1997. *Colorantes Naturales.* Perú : Universidad Católica del Perú, 1997. ISSN.

TAPIA, Sofia Miriam. 2023. *Evaluación de la fibra de alpaca (Lama pacos) teñido con colorante del tallo de tankar.* Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2023.

Tenido de fibras naturales con colorantes naturales .

HURTADO, Evelim Adriana y ARROYO, Gabriela . 2016. Mexico : Universidad de Guanajuato, 2016, Vol. 2.

TORRES, Fernando . 2018. <https://blogs.smbosque.es/ciencias/2018/11/16/la-cochinilla-americana-o-el-peligro-del-colorante-rojo/>. [En línea] 16 de Noviembre de 2018. ISSN.

VAUGHN, Alarico . 2022. *Solidez de color.* s.l. : TESTEX, 2022.

WANG, Xungai. 2005. *Internal structure and pigment granules in colored alpaca fibers.* Perú : Fibers and polymers,, 2005. ISSN.

YSLA, zayda. 2016. *El Comercio. Perú apunta a liderar mercado de colorantes naturales del mundo.* 2016, 1-2.

ZARATE, Angel . 2012. *Caracterización y Clasificación de Fibra de Alpaca.* Huancavelica : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2012. ISSN.

ZHUU, K, KE, G y CHOWDHURY, M.H. 2021. *Tintura de tinte natural de cochinilla sobre tejidos de algodón tratados con oxidante y quitosano.* s.l. : Revista de Fibras Naturales, 2021. págs. 317-329.



ANEXOS



ANEXO 1

RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADÍSTICO

1.1 Propiedades colorimétricas

Tratamiento	Factor A (Mordeinte) gr	Factor B (Tinte) gr	PROPIEDADES COLORIMÉTRICAS					
			L*	a*	b*	C*	h°	
1	SM	2	53.83	28.19	-2.45	28.30	355.03	
	SM	2	52.49	26.98	-2.35	27.08	355.02	
	SM	2	53.11	27.49	-2.41	27.60	354.99	
2	SM	4	45.03	19.22	-4.06	19.64	348.07	
	SM	4	43.12	18.54	-3.96	18.96	347.94	
	SM	4	44.71	18.21	-3.40	18.52	349.42	
3	SM	6	41.97	11.80	2.20	12.00	10.56	
	SM	6	42.22	11.98	2.28	12.20	10.78	
	SM	6	41.83	11.93	2.31	12.15	10.96	
4	SM	10	42.83	28.40	15.47	32.34	28.58	
	SM	10	42.08	26.82	14.58	30.53	28.53	
	SM	10	42.03	27.77	15.16	31.64	28.63	
5	AL	2	49	25.34	1.50	25.38	3.39	
	AL	2	51.15	25.76	1.49	25.80	3.31	
	AL	2	50.03	24.43	1.69	24.49	3.96	
6	AL	4	55.74	24.44	4.12	24.78	9.57	
	AL	4	52.85	23.23	3.68	23.52	9.00	
	AL	4	55.36	24.24	3.96	24.56	9.28	
7	AL	6	52.26	11.43	0.86	11.46	4.30	
	AL	6	51.39	11.14	0.81	11.17	4.22	
	AL	6	52.19	11.26	0.76	11.29	3.86	
8	AL	10	49.35	32.29	16.70	36.35	27.35	
	AL	10	47.71	30.92	15.67	34.66	26.88	
	AL	10	49.06	32.31	16.56	36.31	27.14	
9	CO	2	37.72	19.97	0.30	19.97	0.86	
	CO	2	36.96	18.96	0.16	18.96	0.48	
	CO	2	38.1	19.94	0.13	19.94	0.37	
10	CO	4	36.52	19.46	4.20	19.91	12.18	
	CO	4	37.2	19.46	4.02	19.87	11.67	
	CO	4	36.77	19.10	4.01	19.52	11.86	
11	CO	6	33.72	2.63	0.43	2.66	9.29	
	CO	6	34	4.76	0.87	4.84	10.36	
	CO	6	33.77	6.00	1.06	6.09	10.02	
12	CO	10	47.65	26.37	11.43	28.74	23.43	
	CO	10	46.83	25.08	10.83	27.32	23.36	
	CO	10	46.8	24.98	10.67	27.16	23.13	
13	SL	2	48.03	20.92	2.48	21.07	6.76	
	SL	2	47.8	20.49	2.34	20.62	6.52	
	SL	2	46.6	18.56	2.08	18.68	6.39	
14	SL	4	48.67	29.58	10.04	31.24	18.75	
	SL	4	47.83	28.80	10.12	30.53	19.36	
	SL	4	47.95	28.95	10.80	30.90	20.46	
15	SL	6	60.43	17.54	3.69	17.92	11.88	
	SL	6	59.76	17.10	3.50	17.45	11.57	
	SL	6	58.6	16.26	2.97	16.53	10.35	
16	SL	10	47.15	28.42	12.03	30.86	22.94	
	SL	10	47.05	28.11	11.83	30.50	22.82	
	SL	10	46.85	27.92	11.73	30.28	22.79	

NOTA En la tabla se visualiza las cuarenta y ocho repeticiones en cuanto a las



propiedades colorimétricas luminosidad (L^*) coordenada (a^* y b^*), croma(C^*) y el ángulo de matiz (h°).

1.2 ANOVA para Luminosidad (L^*)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	2126.32	15	141.75	258.83	<0.0001
Mordiente (g)	1195.80	3	398.60	727.30	<0.0001
Tinte (g)	9.09	3	3.03	5.53	<0.0036
Mordiente (g)*Tinte (g)	921.44	9	102.33	186.94	<0.0001
Error	17.53	32	0.55		
Total	2143.85	47			

1.3 ANOVA para la Coordenada (a^*)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	2533.72	15	168.91	302.57	<0.0001
Mordiente (g)	297.80	3	99.27	177.82	<0.0001
Tinte (g)	1884.87	3	628.29	1125.45	<0.0001
Mordiente (g)*Tinte (g)	351.04	9	39.00	69.87	<0.0001
Error	17.86	32	0.56		
Total	2551.58	47			

1.4 ANOVA para la Coordenada (b^*)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1686.24	15	112.42	1307.07	<0.0001
Mordiente (g)	121.35	3	40.45	470.30	<0.0001
Tinte (g)	1274.24	3	424.75	4938.57	<0.0001
Mordiente (g)*Tinte (g)	290.65	9	32.29	375.49	<0.0001
Error	2.75	32	0.09		
Total	1688.99	47			

1.5 ANOVA para el croma(C*)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3219.28	15	214.62	348.29	<0.0001
Mordiente (g)	342.55	3	114.18	185.30	<0.0001
Tinte (g)	2466.11	3	822.04	1334.01	<0.0001
Mordiente (g)*Tinte (g)	410.62	9	45.62	74.04	<0.0001
Error	19.72	32	0.62		
Total	3239.00	47			

1.6 ANOVA para el tono (h°)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	603881.45	15	40258.76	219483.51	<0.0001
Mordiente (g)	270143.13	3	90047.71	490923.86	<0.0001
Tinte (g)	73203.33	3	24401.11	133030.45	<0.0001
Mordiente (g)*Tinte (g)	260534.99	9	28948.33	157821.08	<0.0001
Error	5.87	32	0.18		
Total	603887.32	47			



ANEXO 2

RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADÍSTICO

2.1 Características textiles

Tratamiento	Factor A (Mordeinte) gr	Factor B (Tinte) gr	CARACTERÍSTICAS TEXTILES				
			DMF µm	CV_DMF µm	CF %	CU %/mm	SF µm
1	SM	2	23.4	22.1	89.9	41.8	22.6
	SM	2	22.6	22.9	92.3	53.9	22.2
	SM	2	21.5	20.5	95.1	53.3	20.7
2	SM	4	22.2	21.4	95.0	55.1	21.9
	SM	4	22.1	21.3	94.0	58.4	20.2
	SM	4	22.3	31.3	92.9	55.1	21.3
3	SM	6	22.2	21.4	95.2	52.4	21.2
	SM	6	22.4	20.6	94.0	52.1	22.2
	SM	6	23.5	21.7	90.4	47.7	22.0
4	SM	10	21.6	20.5	95.8	50.0	21.4
	SM	10	22.3	21.1	93.0	54.1	22.5
	SM	10	21.9	23.5	92.7	50.3	20.9
5	AL	2	21.4	21.8	96.1	50.2	21.4
	AL	2	22.0	21.6	95.1	45.3	22.1
	AL	2	22.1	22.9	93.3	51.3	21.7
6	AL	4	22.1	22.3	93.7	53.7	20.4
	AL	4	22.5	21.3	92.9	70.9	21.9
	AL	4	22.7	21.7	92.8	54.9	22.3
7	AL	6	22.4	22.1	93.3	46.1	21.7
	AL	6	23.3	20.4	92.6	54.6	23.0
	AL	6	23.1	22.1	90.4	48.6	22.0
8	AL	10	21.8	22.0	95.0	45.8	20.3
	AL	10	21.9	22.3	93.2	43.4	21.4
	AL	10	21.8	22.3	93.2	48.9	21.2
9	CO	2	22.0	21.0	95.5	47.6	21.5
	CO	2	22.2	22.1	93.7	44.5	20.4
	CO	2	22.2	20.7	94.9	43.8	20.8
10	CO	4	23.7	21.4	89.0	57.1	23.2
	CO	4	22.4	21.7	94.1	57.1	21.6
	CO	4	23.2	20.4	91.2	52.0	22.9
11	CO	6	21.4	22.3	95.4	56.3	20.3
	CO	6	22.2	19.6	95.1	47.7	21.0
	CO	6	21.8	19.6	97.5	49.3	21.2
12	CO	10	20.9	19.9	97.2	59.2	20.4
	CO	10	21.6	21.7	94.9	58.5	21.0
	CO	10	21.2	18.0	99.2	64.3	21.2
13	SL	2	22.6	19.8	93.8	48.9	22.8
	SL	2	23.4	20.8	91.3	52.1	23.0
	SL	2	23.9	21.1	90.1	58.7	23.9
14	SL	4	23.7	21.7	89.0	45.2	23.0
	SL	4	22.8	18.6	93.5	47.0	22.4
	SL	4	22.8	22.4	95.5	54.4	21.7
15	SL	6	22.9	20.7	93.0	40.1	21.9
	SL	6	25.2	20.8	83.7	42.3	23.8
	SL	6	22.7	23.1	91.3	43.6	22.2
16	SL	10	21.0	18.7	97.4	50.5	21.0
	SL	10	21.5	22.3	94.2	46.9	20.4
	SL	10	20.0	18.4	98.4	52.6	20.6

NOTA En la tabla se visualiza las cuarenta y ocho repeticiones en cuanto a las características textiles DMF (diámetro medio de fibra), CV-DMF (coeficiente de diámetro medio de fibra), CF (factor de confort) CU (índice de curvatura) y SF (finura al hilado).

2.2 ANOVA para el diámetro medio de fibra (DMF)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	26.12	15	1.74	4.69	0.0001
Mordiente (g)	2.61	3	0.37	2.34	0.0001
Tinte (g)	13.18	3	4.39	11.34	<0.0001
Mordiente (g)*Tinte (g)	10.34	9	1.15	3.10	0.0001
Error	11.87	32	0.37		
Total	<u>38.00</u>	47			

2.3 ANOVA para el coeficiente de diámetro medio de fibra (CV-DMF)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	57.03	15	3.80	1.07	0.4215
Mordiente (g)	25.77	3	8.59	2.41	0.0852
Tinte (g)	9.90	3	3.30	0.93	0.4396
Mordiente (g)*Tinte (g)	21.36	9	2.37	0.67	0.7330
Error	114.09	32	3.57		
Total	171.12	47			

2.4 ANOVA para el factor de confort (CF)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	184.77	15	12.32	2.45	0.0163
Mordiente (g)	30.35	3	10.12	2.01	0.1317
Tinte (g)	55.36	3	18.45	3.67	0.0222
Mordiente (g)*Tinte (g)	99.06	9	11.01	2.19	0.0498
Error	160.75	32	5.02		
Total	345.52	47			

2.5 ANOVA para el índice de curvatura (CU%)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1121.39	15	74.76	4.05	0.0004
Mordiente (g)	138.00	3	46.00	2.49	0.0778
Tinte (g)	326.85	3	108.95	5.90	0.0025
Mordiente (g)*Tinte (g)	656.55	9	72.95	3.95	0.0018
Error	590.55	32	18.45		
Total	<u>1711.94</u>	47			

2.6 ANOVA para la finura al hilado (SF)

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	26.33	15	1.76	3.53	0.0013
Mordiente (g)	5.52	3	1.84	3.69	0.0217
Tinte (g)	6.91	3	2.30	4.62	0.0085
Mordiente (g)*Tinte (g)	13.91	9	1.55	3.10	0.0085
Error	15.93	32	0.50		
Total	42.25	47			

ANEXO III

Fotografías



Foto 1: Recolección de la cochinilla.



Foto 2: Secado de la cochinilla



Foto 3: Tinte de cochinilla



Foto 4: Pesado de la cochinilla en polvo



Foto 5: Fibra de alpaca Huacaya



Foto 6: Hilo de fibra de alpaca Huacaya



Foto 7: Mordiente alumbre



Foto 8: Mordiente collpa



Foto 9: Mordiente sal de limón



Foto 10: Teñido de la fibra con el tinte de cochinilla



Foto 11: Medición de la temperatura del teñido



Foto 12: Posmordentado del teñido

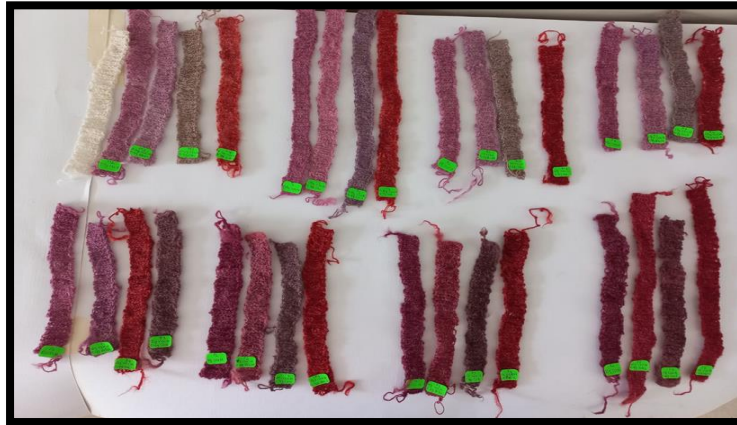


Foto 13 : Fibras teñidas con diferentes matices

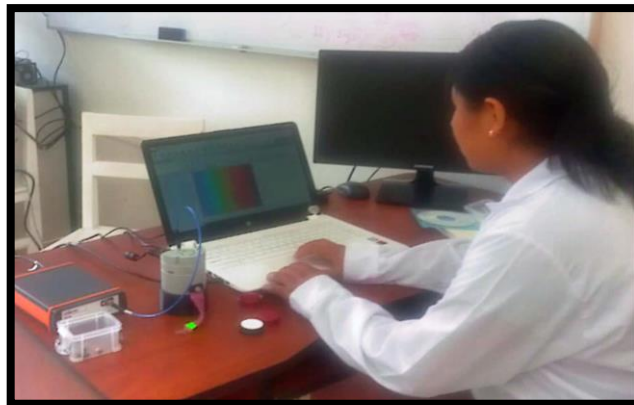
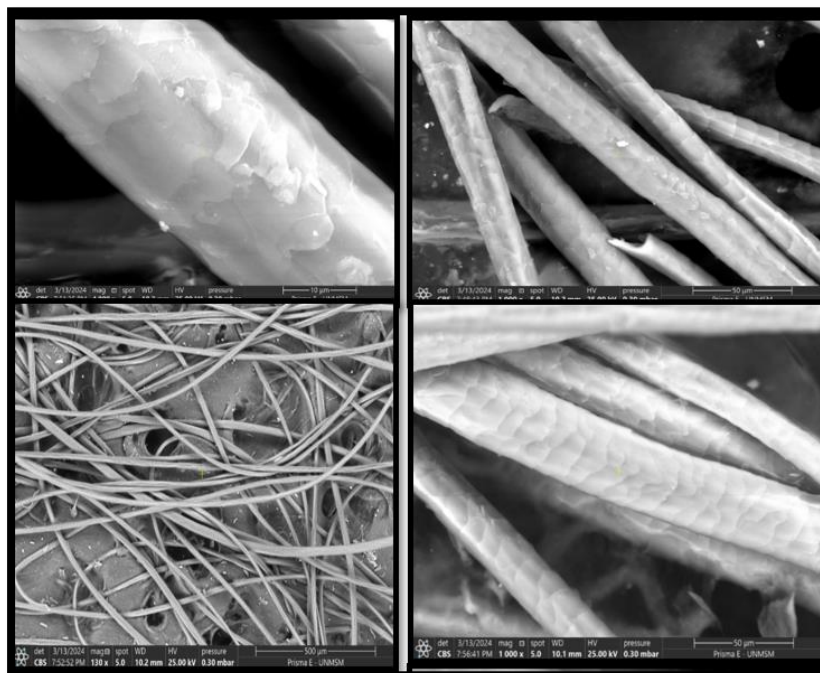


Foto 14: Prueba de colorimetría con diferentes matices



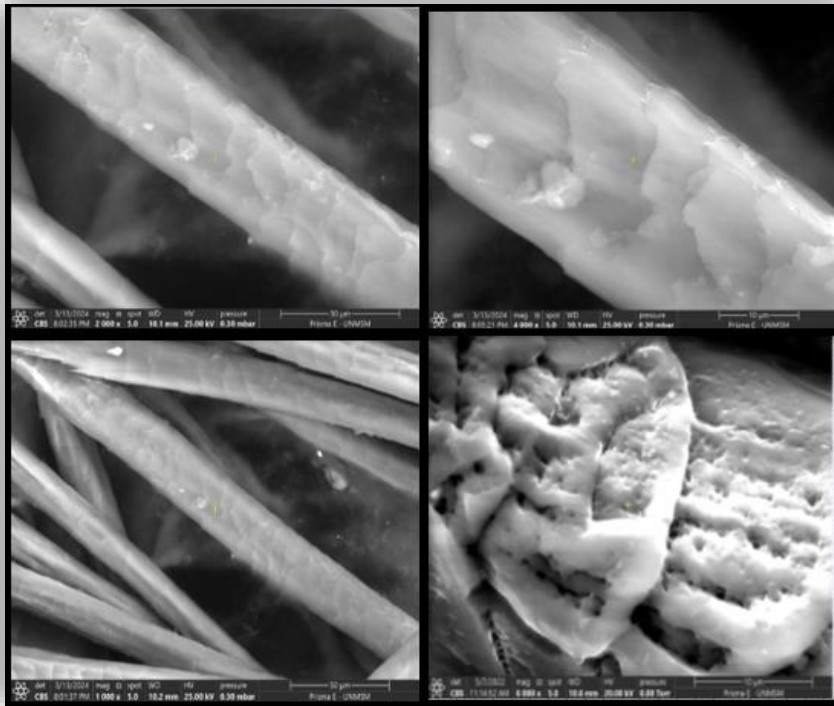


Foto 15: Diámetro de la fibra teñida



Foto 16: Solidez al lavado y al frote