

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA QUIMICA



INFORME FINAL DE INVESTIGACION

**TEÑIDO MORDENTADO DE FIBRAS
NATURALES CON COLORANTE EXTRAÍDO DE
LAS HOJAS DE NOGAL (*Juglans neotrópica*)**

AUTOR: VIORICA STANCIUC STANCIUC DE PALMA

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 1/03/2018 al 29/02/2020)

(Resolución de aprobación N° 305-2018-R.)

Callao, febrero de 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Viorica de P.', is located at the bottom left of the page.

Dedicatoria,

Principalmente a Dios por permitir realizar este trabajo.

A mis colegas que con sus consejos colaboraron en la realización de este trabajo.

A mis alumnos que colaboraron en la realización de algunos experimentos.

Agradecimiento,

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy,

A la Universidad que me permitió desarrollarme como profesional altamente calificada,

A mis colegas que colaboraron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema (problema general y específicos)	12
1.3. Objetivos (general y específicos)	13
1.4. Limitantes de la investigación (teórico, temporal, espacial)	13

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	13
2.2 Marco:	
2.2.1 Teórico (estado del arte para investigación básica y estado de la técnica para investigaciones tecnológicas, bases epistemológicas, filosófica).	14
2.2.2 Conceptual	14
2.3 Definición de términos básicos.	47

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis	48
3.2 Definición conceptual de variables	48
3.3 Operacionalización de variables	49

CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación	50
4.2 Método de investigación	50
4.3 Población y muestra	54
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	55
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	56
4.6 Análisis y procesamiento de datos	56

CAPITULO V: RESULTADOS **57**

(Capítulos fuera de variables relacionado con el contexto del problema, capitulo dentro de variable relacionado a la estructura de la hipótesis)

5.1 Resultados descriptivos	57
-----------------------------	----

5.2. Resultados inferenciales.	65
5.3 Otro tipo de resultados por método instrumental	66
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	80
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.	81
6.3 Responsabilidad ética	82
TABLAS DE CONTENIDO	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	86

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 1. <i>Características físicas de la lana</i>	18
Tabla 2. <i>Composición química de la fibra de algodón</i>	25
Tabla 3. <i>Comparaciones de colores obtenidos con diversos mordientes</i>	34
Tabla 4. <i>Relación entre luz absorbida y color observado</i>	40
Tabla 5. <i>Relación de variables</i>	49
Tabla 6. <i>Valoración de solidez</i>	52
Tabla 7. <i>Porcentaje de humedad de hojas de nogal frescas</i>	55
Tabla 8. <i>Determinación de los Parámetros de Mordentado para lana de oveja mordentada con alumbre y ácido tartárico, así como con sulfato cúprico y con cloruro de estaño y posterior teñida con solución extracto de nogal de concentración 1%.</i>	56
Tabla 9. <i>Determinación de los Parámetros de Mordentado para lana de oveja mordentada con sulfato ferroso, tricloruro ferrico y dicromato de potasio y posterior teñida con solución extracto de nogal de concentración 1%.</i>	56
Tabla 10. <i>Parámetros de teñido de Lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con alumbre (25%) y 6 % ácido tartárico.</i>	75
Tabla 11. <i>Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con sulfato cúprico (6 %).</i>	75
Tabla 12. <i>Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con sulfato ferroso (6 %)</i>	75
Tabla 13. <i>Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con cloruro ferrico (6 %).</i>	75
Tabla 14. <i>Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con dicromato de potasio (6 %).</i>	75
Tabla 15. <i>Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con cloruro de estaño (6 %).</i>	76
Tabla 16. <i>Consolidado de los resultados obtenidos con el data color</i>	77

RESUMEN

Para realizar el estudio de mordentado teñido de las fibras naturales con extracto de las hojas de nogal, se utilizó lana de oveja en forma de fibra e hilado artesanal de color natural blanco crema sin tratamiento previo, así como hojas de nogal frescas, fuente de color. Las pruebas consistieron de los siguientes pasos: preparación previa de la lana, preparación de soluciones de mordentado, extracción del colorante en agua a ebullición, mordentado de la lana y teñido de la lana mordentada, así como lavado y secado de la lana teñida.

El tratamiento previo de la lana consistió en lavado con jabón y agua desionizada, la concentración de las soluciones de sal mordiente se preparó en base al peso de la lana que debía ser teñida. Los parámetros del teñido que se analizaron fueron la temperatura y tiempo., obteniéndose mejores colores a 30 minutos y temperatura de 100°C. La preparación de la solución de colorante se hizo en base a la cantidad de peso de hojas de nogal, así como en base al tiempo de teñido, considerándose adecuado un tiempo de 60 minutos. Las muestras teñidas, una vez lavadas y secadas han sido fotografiadas para elaborar la carta de colores y analizadas tanto visualmente como con el uso del espectrofotómetro de tipo Data Color. Los resultados obtenidos indican que, al usar sales mordientes como alumbre con ácido tartárico, sulfato cúpricos y dicromato de potasio dan colores marrones de matiz amarillo, y las sales de sulfato ferroso, tricloruro ferrico y cloruro de estaño dan colores marrones de matiz rojo.

Palabras clave: Mordiente, lana, teñido, nogal

ABSTRACT

For the study etching dyeing nat fibers or rales extract walnut leaves, I use sheep wool fiber form and traditional kneading natural creamy white untreated and leaves fresh walnut source color. The tests consisted of the following steps: pre-preparation of the wool, preparation of etching solutions, extraction of the dye in boiling water, etching of the wool and dyeing of the etched wool, as well as washing and drying of the dyed wool.

The pretreatment of the wool consisted of washing with soap and deionized water, the concentration of the mordant salt solutions was prepared based on the weight of the wool to be dyed. The dyeing parameters that were analyzed were temperature and time, obtaining better colors at 30 minutes and a temperature of 100 ° C. The preparation of the dye solution was made based on the amount of walnut leaf weight, as well as on the staining time, a time of 60 minutes being considered adequate. The stained samples, once washed and dried, have been photographed to prepare the color chart and analyzed both visually and with the use of the Data Color type spectrophotometer. The results obtained indicate that when using mordant salts such as alum with tartaric acid, cupric sulfate and potassium dichromate, they give brown colors of yellow shade, and the salts of ferrous sulfate, ferric trichloride and tin chloride give brown colors of red shade.

Keywords: mordant, wool, stained, walnut

INTRODUCCION

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los colorantes naturales pueden ser obtenidos de fuentes animales, vegetales o minerales. Su importancia en la industria textil se ha incrementado debido a su biodegradabilidad y bajo toxicidad, por lo que son empleados para el teñido de fibras tanto naturales como sintéticos. Los tejidos de lana y algodón son utilizados bastante debido a que son flexibles, elásticos, absorbentes, así como por no producir alergias ni toxicidad.

Antiguamente, el teñido de fibras naturales con colorantes tuvo gran importancia, la que disminuyó con la invasión de fibras sintéticas; en la actualidad, al encontrarnos en una era ecológica la importancia del uso de fibras y colorantes naturales ha cobrado espacio; además, el obtener la materia colorante de un producto de poco uso como las hojas del árbol de nogal, impulso la realización del presente trabajo de investigación. Las hojas y ramas del nogal americano son fuente del color de tonalidades marrón. Su uso popularmente como tinte para el cabello. Su uso ancestral por las culturas andinas está ampliamente documentado.

Nombre científico: **Juglans neotrópica.**

El nogal es un árbol endémico en el valle de Marca pata- Madre de Dios en el Perú, también se cultiva en los valles interandinos meso térmicos. Es de troco grueso y frondoso; sus frutos en drupa con una semilla comestible en celdillas. Las hojas y los frutos contienen ácido gálico, ácido cafeico, quercetina y Kaenferol.

Las hojas y los frutos secos se utilizan en la preparación de cosméticos y en la medicina tradicional.

Como antihelmíntico, la ingestión de las nueces de los frutos del nogal en ayunas, para expulsar la "solitaria" Taenia sp.

Cosmético: como agua facial para evitar la formación de arrugas en el rostro, el cocimiento de la cascara del fruto verde y fresco.

Articulaciones hinchadas, las hojas frescas y molidas se aplican como cataplasma en la zona afectada. El cocimiento de las hojas del Nogal, se recomienda para neutralizar el estrés y las vibraciones negativas a manera de baño matutino.

Un uso importante de las hojas de nogal consiste en el teñido artesanal de la lana natural, obteniéndose el color castaño oscuro.

También se utiliza la cascara de del fruto de nogal para teñir la piel de color oscuro.

Uno del uso más importante de los extractos de las hojas de nogal es como colorante, dando colores de tonalidades marrón claro hasta marrón oscuro.

En la actualidad se usan muchas fibras sintéticas que pueden provocar alergias a las personas más sensibles. Al usar telas naturales de origen vegetal como el algodón o de origen animal como la lana, puede ayudar a que las personas sean mejor protegidas y aún más si se utilizan colorantes naturales como los extractos de las hojas de nogal.

1.2 Formulación del problema

La presente investigación tiene como propósito contribuir en la formación como investigador del estudiante universitario de Ingeniería Química, en el área de teñidos de fibras naturales (algodón y lana) con colorante natural extraído de las hojas de nogal (**Juglans regia**).

La elaboración de esta investigación pone al alcance de los investigadores una síntesis sistemática del procedimiento aplicable al trabajo de extracción, purificación y separación del colorante natural de las hojas de nogal, así como los pasos de teñido de fibras de algodón y lana en presencia de sales mordientes efectuados a nivel de laboratorio. Al usar sales mordientes de origen mineral u orgánico en el teñido se pueden obtener una gama muy amplia de colores desde beige, marrón claro, marrón oscuro y también otras tonalidades como verde marrón u otro color.

Se espera que esta investigación contribuya a desarrollar el interés del estudiante para las investigaciones fitoquímicas de las plantas vegetales y su uso en el proceso de teñido de fibras naturales.

Problema General

¿Cuál debe ser el procedimiento de teñido mordentado de fibras naturales de algodón y lana con colorante extraído de las hojas de nogal?

Problemas específicos

¿Cuáles son los parámetros de mordentado de fibras naturales de algodón y lana?

¿Cuáles son los parámetros de teñido de las fibras naturales previamente mordentadas?

ALCANCE DE LA INVESTIGACION

El presente estudio es una investigación aplicada a la ingeniería química.

Mediante la publicación de este trabajo, se van a beneficiar en primer lugar los estudiantes de Ingeniería Química, como cualquier profesional que requiere realizar un trabajo de

esta índole.

La elaboración de esta investigación pone al alcance de los investigadores una síntesis sistemática del procedimiento de extracción, separación y purificación del colorante extraído de las hojas de nogal, así como los procedimientos de mordentado teñido de fibras naturales de algodón y lana.

1.3 Objetivos (General y específicos)

Objetivo general

- Establecer el procedimiento de teñido mordentado de fibras naturales de algodón y lana con colorante extraído de las hojas de nogal.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de mordentado de las fibras naturales de algodón y lana.
- Determinar los parámetros de teñido de las fibras naturales previamente mordentadas.

1.4 Limitantes de la investigación

(teórico, temporal, espacial)

Muchas muestras no se han podido analizar con método instrumental por falta de un espectrofotómetro tipo Data Color.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del teñido con nogal

El Centro de Recursos para la Transferencia Tecnológica ITACAB (8), reporta con el código 195, la técnica para la extracción de tinte del nogal (*Juglans neotrópica*) y su uso en el teñido de lana, basado en información de la población rural que la utiliza. De acuerdo a lo reportado, para teñir 1 Kg de lana se necesitan aproximadamente 3 Kg de hojas, frutos y corteza, por lo que se deduce que el tinte se encuentra en todas estas partes y que se puede teñir con cualquiera de ellas. El procedimiento utilizado consiste en machacar bien la corteza, hojas y frutos del nogal y dejar remojando por 2 a 6 noches de acuerdo al tono que se desee obtener; luego de lo cual se hierve el macerado de 1 a 3 horas y se deja enfriar la solución para luego colarla en una tela de tocuyo. A esta solución

se le agrega la lana previamente humedecida y se hace hervir por espacio de 3 a 4 horas removiendo la lana. Finalmente se enjuaga hasta que retirar todo el tinte que no se haya impregnado obteniéndose tonalidades desde el café oscuro a beiges.

De la información rescatada por el ITACAB se puede concluir que la lana puede ser teñida con las hojas de nogal sin necesidad de mordiente, cuando su teñido se realiza a ebullición.

Por otro lado, de la información sobre los diferentes teñidos en base a tintes naturales aplicados sobre lana por medio de mordientes, recopilados en soluciones prácticas por técnicas ancestrales de artistas textiles de Perú y Bolivia (Pazos, 2017) se confirma el uso frecuente de teñidos con colorantes naturales entre lo cual se incluye el teñido de la lana con nogal.

Pruebas experimentales en el laboratorio del curso de Tecnología textil de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, han dado como resultado que el colorante extraído de las hojas del nogal tiñe a las fibras celulósicas (algodón) y proteínicas (Luna, 2013).

Ponce Guevara (2011) indica la elaboración de tintes naturales a partir de la planta de nogal y que se usa para el teñido de la lana.

Martínez (2017) presenta un workshop de teñido con colorantes naturales entre los cuales está el uso del extracto de nogal en teñido de lana en presencia de sales mordientes como el alumbre.

2.2 Marco teórico:

Descripción del árbol de nogal

Nombre a lo largo del mundo:

- Nogal (español), Walnut tree (inglés), Noyer (francés), Noce commune (Italiano), Walnussbaum (alemán).

Taxonomía:

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Fagales</i>
Familia :	<i>Juglandaceae</i>

Subfamilia: *Juglandoideae*

Tribu: *Juglandae*

Género: *Juglans*

Especie: *Juglans*

Fuente: www.Bioenciclopedia.com/nogal-comun/

Juglans regia, el nogal común, es un árbol monoico y caducifolio de la familia de las Juglandáceas en el orden de las Fagales, es la especie que se encuentra en el Perú en el valle de Marcapata Madre de Dios. También se cultiva en los valles interandinos mesotérmicos. Es de tronco grueso y frondoso; sus frutos en drupa con una semilla comestible en celdillas. Las hojas y los frutos contienen ácido gálico, ácido cafeico, quercetina y kaenferol (Ponce y Morales, 2011).

Las hojas y los frutos frescos se utilizan en la preparación de cosméticos y en la medicina tradicional.

El nogal es un árbol caducifolio, porque pierde una parte de su follaje en cierto periodo del año. Su altura puede alcanzar 30 metros y su tronco de tonalidad gris alcanza los 2 metros de diámetro, del cual parten ramas que forman una copa grande, voluminosa y redondeada. Las hojas del nogal son grandes, miden unos 25 cm y están sostenidas por un pecíolo que llega a medir unos 5 a 8 cm. estas hojas presentan un color verde intenso, se presentan en abundancia y en forma alterna en las ramas. Sus frutos son llamados nueces del tipo drupa involucrada en trima.

En las figuras 1 y 2 se indican el aspecto del árbol, y aspectos de su follaje.



Fig. 1 Árbol de nogal



Fig. 2 Follaje del árbol de nogal

Composición de las hojas de nogal y de sus frutos

Las hojas contienen materias tánicas, ácido pelágico y ácido gálico y, cuando están frescas juglona que es una oxinaftoquinona formada secundariamente a partir de la hidrojuglona α e inosita. En el epi y mesocarpio también hay hidrojuglona.

La semilla contiene hasta 50 % de aceite (predomina el ácido linoleico) y sacarosa, dextrosa, dextrina, fécula, pentosanos, la globulina yuglansina, lecitina, ácido inositolpentafosfórico

Es cultivado extensivamente para la comercialización de sus frutos, las nueces, las cuales se consumen de diversas formas, desde frescas, cocinadas o en repostería. También se utilizan para extraer aceite.

Es un fruto seco de alto valor nutritivo: rico en proteínas, vitaminas del grupo B, vitamina C, oligoelementos, aceites vegetales, lecitina y ácidos grasos omega 3 (poliinsaturados).

La madera presenta albura de color amarillo ocráceo, muy diferente del duramen de color castaño violáceo. Tiene brillo natural destacado, de textura fina, grano crespado, vetado pronunciado y decorativo, y es semidura, con una densidad de 0,64 kg/dm³, y se pule, lija y lustra con facilidad. Se usa en la elaboración de chapas finas, tornería, tallas, muebles de alta calidad, revestimientos de interiores, culatas de armas de fuego, instrumentos musicales, etc. Las hojas y frutos del nogal con no más de 72 horas después de recolectados, se emplean en tintorería artesanal para teñir de castaño la lana mordentada con sulfato de aluminio natural denominado 'iqollpa'. La vestimenta andina de color castaño ha sido teñida con nogal (Ponce y Morales, 2011).

Tiñe la piel, al quitar la cáscara del fruto del nogal, el compuesto hidroxilado incoloro que contiene, se oxida con el aire y da una quinona, la cual reacciona con los grupos activos de la proteína de la piel formando un complejo quinona-proteína coloreado.

Las Naftoquinonas son colorantes naturales muy comunes, cuyo color va desde el amarillo, pasando por anaranjado, al rojo intenso.

En la serie del naftaleno se pueden obtener tres naftoquinonas cuyas estructuras se indican en la figura 3.

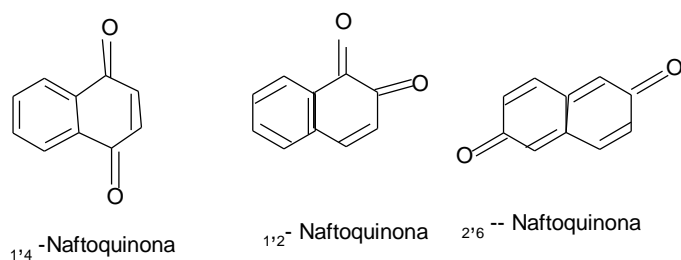


Figura 3. Naftoquinonas

Fuente: Gibaja (1988)

El colorante juglona, (5-hidroxi-1,4 naftoquinona), cristales de color marrón –rojo se encuentran en las cascara de nueces verdes, así como en las hojas de nogal. en forma de leuco derivado, que se oxida con el aire en marrón oscuro.

En la figura 4 se muestran los colorantes naturales color café.

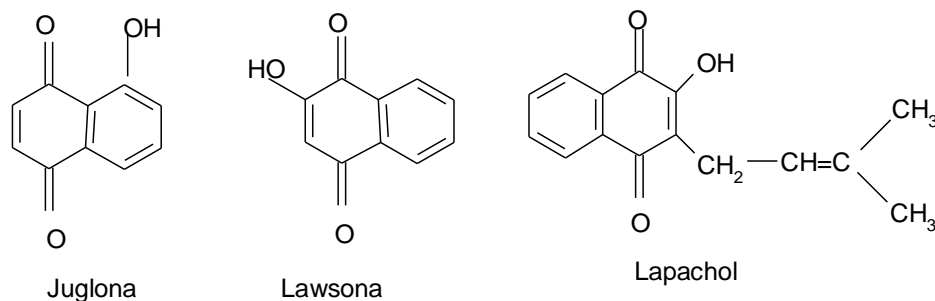


Figura 4. Colorantes naturales color café

Fuente: Gibaja (1988)

La juglona es una naftoquinona que se encuentra en el nogal y se le considera responsable del color café de la cáscara de la nuez.

Un isómero con juglona es la lawsona (2-hidroxi-1,4-naftoquinona) cristales amarillos que se aísla de la planta india henna (Lawsonia blanca), que sirven para el teñido del pelo. Otro colorante isómero es el lapachol y contiene un resto de isopreno en cadena lateral.

Según Gibaja (1998), la juglona se halla al estado de 4-b-D-glucósido del 1,4,5trihidroxinaftaleno (a-hidrojuglona) y como una mezcla de a- y b-hidrojuglonas, acompañado de taninos; en las hojas verdes, principalmente en la cáscara del fruto fresco

y la corteza de las especies del género Juglans: J. cinera, j. nigra L. y J. regia L. (Juglandáceas).

FIBRAS TEXTILES NATURALES

La lana es un material elástico, ignífugo y resiliente.

La lana de oveja se puede clasificar en función de diferentes aspectos, en base a la raza de la oveja, o las condiciones en las que ésta se haya criado.

Las características más importantes de la lana de oveja son la finura, longitud, regularidad en el grado de ensortijado y finura, uniformidad, resistencia y alargamiento, elasticidad, flexibilidad, color, brillo y rendimiento.

Es importante indicar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Propiedades físicas de la lana.

Resistencia: es la propiedad que le permite a la lana estirarse en gran proporción, antes de romperse. Esto es muy importante, desde el punto de vista textil, dados que procesos de industrialización tales como cardado, peinado e hilado, someten a considerables tensiones a las fibras de lana, que deben poseer extensibilidad suficiente para conservarse íntegras a través de los mencionados procesos.

Elasticidad: esta propiedad, se refiere al hecho que la lana regresa a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que, al romperse los enlaces químicos, la lana no vuelve a su largo original. La elasticidad de la lana es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas. Gracias a esta propiedad de recobramiento de la extensión, la lana tiene la habilidad de retener la forma de las vestimentas, y mantener la elasticidad de las prendas.

Higroscopicidad: las fibras naturales tienen la propiedad de absorber humedad de la atmósfera y, entre ellas, la lana de oveja es la que absorbe en mayor proporción; Esta propiedad de la lana de absorber vapor de agua en una atmósfera húmeda y de perderla en un ambiente seco puede ocurrir hasta un 50% de su peso en escurrimiento.

Flexibilidad: es la propiedad de las fibras de lana, de que puedan ser dobladas con facilidad, sin quebrarse o romperse, propiedad importante para la industria de hilandería y tejeduría.(Obando,2013)

Las características físicas de la lana se indican en la tabla 1.

Tabla 1.

Características físicas de la lana

Propiedad	Característica
Longitud de la fibra	30 a 400mm
Diámetro	12 a 130 micras
	Aspecto al microscopio:
Longitudinal	En forma de cilindro con escamas
	Superpuestas
Transversal	Superficie elíptica
Peso específico	1,26 a 1,34 g/cm
Resistencia a la rotura	1,0 a 1,8 g/denier
Hinchamiento en agua (% área transversal)	32
Poder aislante térmico	Bueno
Acción a la luz e intemperie	Pierde resistencia

Fuente: (Luna, 2013)

Propiedades químicas de la lana

Efecto de los álcalis: la proteína de la lana, que es la queratina, es particularmente susceptible al daño de álcalis. Por ejemplo, soluciones de hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente, disuelven la fibra de lana.

Efecto de los ácidos: la lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero en cambio los ácidos minerales concentrados, como el ácido sulfúrico o el nítrico provocan descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usados durante el proceso industrial de la lana, para carbonizar la materia vegetal adherida a las fibras.

Efecto de los solventes orgánicos: la mayoría de los solventes orgánicos que se usan para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, no dañan las fibras de lana.

Propiedades biológicas de lana

Microorganismos: la lana presenta cierta resistencia a las bacterias y los hongos; sin embargo, estos microorganismos pueden atacar las manchas que aparecen en la lana. Si

la lana es almacenada en una atmósfera húmeda, aparecen hongos, que incluso pueden llegar a destruir la fibra. Por otra parte, las bacterias que producen podredumbres pueden destruir la fibra, si la lana permanece mucho tiempo en humedad y polvo.

Insectos: como la lana es una proteína, puede ser considerada un producto alimenticio para distintos tipos de insecto, como las larvas de la polilla de ropa y del escarabajo de las alfombras son los predadores comunes de la lana; se estima que estos insectos pueden dañar gran cantidad de kilos de tejido de lana. Por eso, se recomienda proteger la lana contra estos insectos, fumigando los tejidos de lana con insecticidas.

Los procesos a los cuales se somete la lana para poder teñirla o utilizarla son:

Lavado que se realiza con agua caliente, para poder extraer todos los restos orgánicos que se han adherido a ella. A continuación, se golpea para que así se aflojen las impurezas, una vez finalizado, se enjuaga con agua fría.

Secado que se realiza sobre una superficie plana donde puede colgarse al aire libre, o utilizando una máquina secadora.

Cardado: es el proceso mediante el cual las fibras de la lana se ordenan paralelamente, esto nos permite poder mantener la forma de las prendas una vez utilizada y lavada.

Puede hacerse de manera manual peinando de manera repetida la lana con cardas o un cepillo especial para ello o con una máquina cardadora.

Hilado de la lana: consiste en torcer las fibras de lana escarmenada hasta obtener un hilo del grosor que queramos. Bien puede realizarse con un huso, instrumento tradicional o rueca, máquina artesanal.

Madeja: una vez que la lana está hilada se recoge en vueltas iguales con un aspa, para así crear una madeja. Ésta se vuelve a lavar con jabón y así eliminamos cualquier tipo de residuo que haya podido quedar en la lana.

Una vez finalizado este lavado, se puede utilizar para su teñido.

Teñido de la lana: se selecciona el color deseado para lo cual hay que hervir el agua con el colorante disuelto previamente y se introduce la lana de oveja; para su teñido.

Después de un período de cocción, se agrega la sustancia que fije el color como sal, vinagre, etc. (Obando,2013).

Estructura de la fibra de lana de oveja

La fibra de lana tiene una estructura típica característica y consiste de dos o tres capas bien distintas:

- Capa externa: capa córnea o cuticular
- Capa interna: Capa cortical o cuerpo de la fibra
- Capa central: Capa medular o médula

Capa externa o cuticular

La integra un plano de células, de formas poligonales, superpuestas las unas a las otras, que presenta una buena resistencia, que le permite cumplir el papel de encerrar y proteger a las células de la capa cortical, que constituye el cuerpo de la hebra.

Las células cuticulares se encuentran colocadas superpuestas en forma de escamas de peces o de tejados, dejando un borde libre que sobresale, dando a la superficie de las hebras, un aspecto cerrado.

Esta capa “córnea” de escamas epidérmicas protege a la fibra, dándole cierta rigidez que no poseería de otro modo.

El espesor de las células varía entre medio y un micrón. Se cree que el tamaño es casi igual en todos los tipos de lana, y solo difieren, en el grado en que quedan libres las partes del cerrado.

Capa interna: capa cortical o cuerpo de la fibra

La capa cortical comprende la sustancia del cuerpo de la fibra, y es visible a través de las escamas más o menos transparentes.

Está constituida por un gran número de células fusiformes, de carácter córneo. Estas células, alargadas y muy delgadas, varían de tamaño, aún dentro de la misma fibra. La ondulación característica de la fibra de lana puede ser explicada por la contracción de la misma, hacia un lado u otro, debido a esta desigualdad.

Por su posición paralela al eje longitudinal de la fibra, esta capa cortical contribuye a la tenacidad y a la elasticidad de la fibra. Además, esta capa es la que absorbe la mayor parte de los colorantes en los procesos de teñido.

Capa central: capa medular o médula

En el interior de la corteza se encuentra, a veces, una tercera capa llamada medular o médula. Esta capa se presenta solo en las lanas finas, mientras que, en fibras de diámetro

mediano o grueso, se observan con mayor frecuencia, sobre todo en lanas de animales poco perfeccionados.

La porción medular de la lana es difícil de reconocer en cualquier estructura. Está compuesta de células más grandes y esféricas que las de la capa cortical. Cuando la porción medular es desarrollada, la estructura celular tiende a desaparecer hacia el centro, presentándose un espacio abierto o canal central lleno de aire, interrumpido por un número variable de células superpuestas, de diferentes tamaños, dispuestas como panal de abejas.

El tamaño de la capa medular es variable, desde una simple cadena de células (10%) hasta una serie de células, que representa hasta 90% del diámetro de la fibra.

Las lanas de tipo fino no contienen la médula, que ocupa una tercera parte del diámetro en las fibras de lana de inferior calidad. La función de la médula es proporcionar un conducto poroso por donde circulen los fluidos nutritivos de la fibra.

La fibra de lana es una proteína llamada queratina y está formada por cadenas moleculares flexibles unidas por enlaces cruzados; estos enlaces son naturales, llamados enlaces de cistina (o azufre) y puentes salinos. El enlace de cistina es la parte más imponente de la molécula. Se debe tomar en cuenta que las bases alcalinas pueden dañar su estructura química (ver la figura 5).

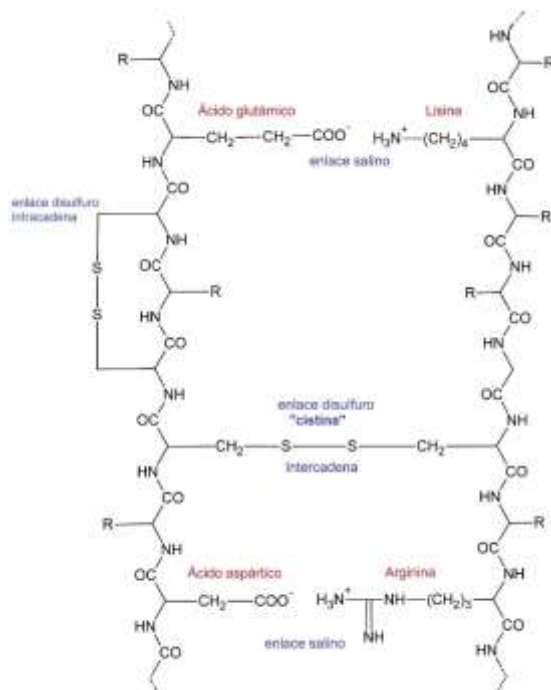


Figura 5. Estructura química de la fibra de lana

Otra fibra natural muy importante es la fibra de alpaca

La de alpaca pertenece a las fibras “nobles” y está considerada como uno de los tejidos más lujosos del mundo (Machaca.A,2015).

Su pelo debido a su finura y dureza le da unos atributos únicos como su capacidad térmica, su suavidad y resistencia haciéndola más exclusiva que otras fibras.

Sus características más importantes son:

Resistencia y elasticidad: La lana de alpaca es elástica y extremadamente resistente, siendo tres veces más resistente que la lana de oveja, todo ello a pesar de la finura de su pelo.

Suavidad y liviandad: La finura de la fibra de alpaca, que puede llegar a medir entre los 12 y 28 micrones la hace muy suave al tacto. Es una fibra sedosa y brillante, que no pierde el brillo después de los teñidos y lavados.

Propiedades térmicas: La fibra de alpaca tiene excelentes cualidades aislantes y térmicas por tener bolsas de aire microscópicas en el interior, que a su vez hacen los productos muy livianos. Por eso se utiliza en los cambios bruscos de temperatura del medio ambiente

Color: la lana de alpaca cuenta con una amplia gama de colores naturales, desde blanco, crema, vicuña, hasta café, gris plata, gris oscuro, algo poco frecuente en otras lanas. Además, es muy fácil de teñir.

Textura visual: La fibra de alpaca tiene un brillo sedoso que se mantienen pese a la producción, teñido o lavado. Especialmente para las capas y los abrigos, la tela tiene una excelente caída, apariencia, brillo natural y tacto, manteniéndose inalterable a través del tiempo.

No produce alergia: La fibra de alpaca es hipo alérgico, no contiene grasa, aceite o lanolina, resultando muy adecuada para las pieles delicadas y sensibles.

Para tener un buen tejido la fibra debe estar hilada con un grosor la más parejo posible. La fibra de alpaca puede ser tejida en una sola hebra (hilo sin torcer), ya que esto permitirá lograr un tejido sin motas. Sin embargo, se recomienda usar dos hebras para evitar que se deforme la prenda.

Propiedades ignífugas e higroscópicas: La fibra de alpaca es muy resistente a la radiación solar y al calor y, a su vez, apenas absorbe la humedad ambiental y repele muy bien el agua. Esta última propiedad hace que si llueve o se moja su aspecto, forma y calidad no son afectados. La fibra de alpaca no sólo se hila, se la puede a fieltro obteniendo hermosos paños y fieltro manual de alpaca (Machaca, 2015).

El Algodón

es la planta textil de fibra suave más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos. (Pereira, 2014)

El algodón es una planta de la familia de las malváceas, género *Gossypium* y varias especies. Las diferentes especies son originadas en América tropical, Asia y África.

El algodón es una planta textil que tiene el tallo verde, de altura entre 0,8 y 1,5 metros, según variedades y regiones; al tiempo de florecer, el tallo cambia su color del verde hacia el rojo; las hojas acorazonadas, de cinco lóbulos; las flores blancas o rojas, con manchas; su fruto es una cápsula conteniendo de 15 a 20 semillas envueltas en una borra muy larga y blanca (ver figura 6), que se desenrolla y sale al abrirse la cápsula.



Figura 6. Borrás de Algodón

El género *gossypium* se da en todas las latitudes subtropicales. Las características de esta planta dependen del clima del país donde se cultiva y de la especie algodoneero del que precede. Las impurezas en el algodón pueden variar desde un 4 % a 12% del peso total de la fibra.

El contenido de minerales en el algodón crudo depende de muchos factores, entre los cuales son considerados los fertilizantes y pesticidas que son aplicados durante el ciclo de crecimiento o directamente en el suelo, que se hace a través de sistemas de irrigación aéreo o rociado directamente sobre las hojas del algodón, contribuyendo durante su periodo de crecimiento a la contaminación de metales. La contaminación de metales

puede venir de impurezas de sales inorgánicas, o en el agua dura que disuelve y rocía los fertilizantes. La mayoría de los fertilizantes se aplica antes de que la cápsula se abra, y se cree que la contaminación de metales pesados se concentra en la corteza y el tallo.

(Pereira. J, 2014)

Composición química de la fibra de algodón

La composición química de la fibra se indica en la tabla 2.

Tabla 2.

Composición química de la fibra de algodón

Nº	Componentes	%
1	Celulosa	88 -96
2	Agua	6.0 -8.0
3	Sales minerales	0.6 -1.6
4	Proteínas	1.1 – 1.9
5	Pectinas	0.7 -1.2
6	Grasas y ceras	0.4 – 1.0
7	Pigmentos motas	0.5 – 1.0

Fuente: Pereira, (2014)

La celulosa es un polímero natural que junto con las hemicelulosas, pectinas y lignina que le acompañan, constituye el material de sostén de las células vegetales.

Todas las fibras naturales del reino vegetal, como el algodón contienen como componente principal la celulosa (60-90 %).

De las fibras naturales se obtiene la celulosa tratándolas con hidróxido de sodio, con lo que se eliminan las sustancias grasas, pectinas y proteínas. Para eliminar las pigmentaciones se las somete a un blanqueo con peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

Químicamente, la celulosa es un polisacárido de fórmula empírica (C₆H₁₀O₅)_n formado por condensación de moléculas de glucosa C₆H₁₂O₆, enlazadas entre sí por unión del grupo hidroxilo glucósido del carbono 1 de una molécula con el grupo hidroxilo alcohólico del carbono 4 de la molécula siguiente, con separación de agua. La unión entre las moléculas de glucosa es de tipo α (1, 4) – glucósido (figura 7).

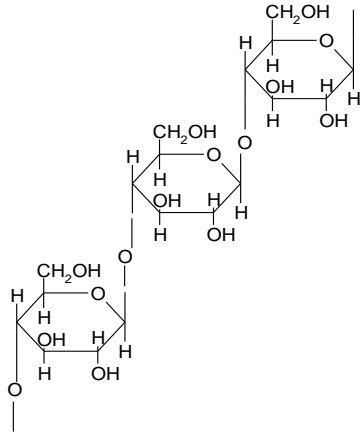


Figura 7 Estructura química de la celulosa

Fuente: Carey. (2006)

En las fibras de celulosa natural las cadenas lineales macromoleculares están ordenadas más o menos paralelamente, formando zonas cristalinas compactas (de densidad 1,6) y zonas relajadas (de densidad 1,54), llamadas zonas amorfas, de menor ordenación. Las zonas cristalinas (70-80 por 100 de la fibra) están formadas por la agrupación de 100-150 moléculas de celulosa, constituyendo fibrillas primarias llamadas cristalitos. En la figura 8 se indican las estructuras de zonas compactas y amorfas de un polímero de celulosa.



Figura 8 Zonas cristalinas y amorfas de la celulosa

Fuente: Martinez (2017)

Los cristalitos forman entre sí agrupaciones paralelas, visibles al microscopio electrónico, de microfibrillas que, a su vez están reunidas entre sí, con desplazamiento longitudinal, constituyendo las fibrillas. La ordenación de las moléculas de celulosa en cristalitos,

micro fibrillas y fibrillas se debe a la tendencia a formar enlaces por puente de hidrógeno entre los hidroxilos alcohólicos de las moléculas vecinas.

Estructura de la fibra de algodón

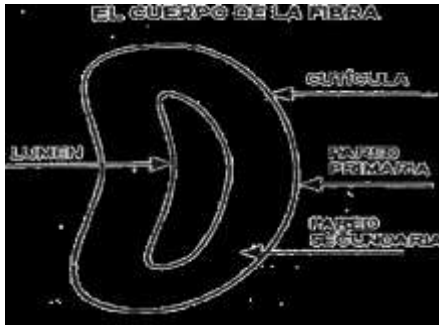


Figura 9 Estructura de la fibra de algodón.

Fuente: Ocampo (2019)

Cutícula:

Sirve como recubrimiento suave y resistente al agua. Protege al resto de la fibra.

Pared primaria:

Está compuesta por una red de fibrillas que son resistentes a los ácidos.

Envoltura:

Es la primera capa de engrosamiento secundario.

Pared secundaria:

¡Consiste en capas concéntricas de celulosa; constituyen la porción principal de la fibra.

El lumen:

Se transportan los nutrientes durante el crecimiento.

Propiedades físicas de la fibra de algodón

Longitud de las fibras:

La longitud del algodón varía de acuerdo a los factores genéticos entre 10 a 60 mm y más frecuente está entre 25 y 30 mm .

Resistencia: La resistencia del algodón

- El algodón es de resistencia media. Su resistencia a la rotura es de 3.5 a 4.0 g/d
- Las fibras más resistentes son las más gruesas, lo que no quiere decir que los hilos hechos con esas fibras sean más fuertes, sino por el contrario, los hilos más fuertes son los hilados de algodón de fibra fina por entrar mayor número de ella en la sección de un

hilo. La humedad también aumenta la resistencia en un 20% cuando los hilos están mojados. (Pereira J.2014)

Color

El algodón nunca se presenta blanco, sino una coloración crema.

El color del algodón es determinado por el grado de reflectancia y amarillez. La reflectancia indica cuanto brillo o apagamiento tiene una muestra y la amarillez indica el grado de pigmentación de color.

El color del algodón, es un factor con el cuál se determina el grado del algodón. El grado del algodón depende del color, del contenido de impurezas y del grado de preparación de las fibras. Sin embargo, esto no tiene mucha importancia puesto que se puede blanquear con facilidad.

Elongación:

Es el incremento en la longitud de la muestra durante el ensayo de resistencia.

Para el algodón, el porcentaje de cambio de longitud corresponde hasta la fuerza hecha para que se rompa la fibra.

$$\%El = \frac{\text{Total longitud de rotura} - 1.8''}{1.8''} \times 100$$

Finura:

Está relacionada con el diámetro de la fibra; es decir cuanto mayor sea su largo, menor será su diámetro y viceversa.

La finura de las fibras de algodón, varía entre 1 y 4 dtex, la más frecuente esta 1,5 y 2 dtex. (dtex= masa en gramos por cada 10 000 metros de fibra).

Longitud:

Varía entre desde 10 a 60 mm y la longitud más común esta entre 25 y 30 mm.

Micrón aire:

El micrón aire está relacionado con la finura y madurez de la fibra. El método es muy conocido y se determina mediante la resistencia al flujo de aire que ofrece una muestra de peso conocido comprimida a un volumen específico dentro de una cámara porosa.

La limpieza del algodón:

Como impurezas más frecuentes son semillas, restos de cáscaras, pedazos de hojas, capsulas, tierra y polvo.

La suavidad del algodón:

Dependen directamente del estado de formación de la cutícula, influyendo su grado de madurez. En general los algodones brillantes son más suaves que los algodones mates.

Grado de algodón

El grado de algodón es la apariencia del algodón. El color de la fibra, la uniformidad del color, el contenido de desperdicio de la mota y la cantidad de desmote.

Higroscopia del algodón

Debido a la presencia de grupos hidroxilos, que atraen agua, el algodón es una fibra absorbente de agua en mayor o menor cantidad. En condiciones Standard 21°C y 65% de humedad relativa, el algodón absorbe de 7 a 8.5% de humedad. Por tal motivo, las fibras de algodón se tiñen fácilmente en soluciones acuosas.

Cuidado y conservación del algodón

El algodón se oxida en la luz solar, lo que hace que los colores blancos y pastel se tornen amarillentos y que la fibra se degrade.

Actualmente se han desarrollado las más valiosas fibras vegetales que tiene el Perú, el algodón Pima y el Algodón Tangüis, el algodón es uno de los cultivos tradicionales más importantes para el desarrollo económico del país por ser fuente generadora de divisas, demanda cantidad considerable de mano de obra y es el principal insumo para la industria textil, aceitera y la actividad pecuaria.

El algodón Pima, tiene una de las mejores características por el tipo de planta, tendencia frutera y por tener hebra más larga y fina. De esta variedad se obtienen hilos finos para camisa, vestidos y corbatas.

Higroscopicidad: Se refiere a la absorbencia del agua a 21° C y 65% de humedad relativa absorbe de 7 a 8.5% de humedad.

Elongación: De 3 a 7%.

Elasticidad: De 20 a 50% del alargamiento de rotura.

Alargamiento de rotura: De 8 a 12%.

El algodón de tipo Tanguis tiene una fibra larga. De esta variedad se obtiene hilos para trama, polos finos, camisas drill, telas para pantalones. La fibra tiene longitud entre 29.36 a 32.54 mm, resistencia de 86 a 88, finura 4.6 a 5.8 y color blanco. (Pereira,2014)

MORDIENTES

La palabra mordiente viene del latín *morder*, basada en la creencia de que algunas sustancias mordían la fibra para hacerla recibir mejor el tinte. Son sales minerales o metálicas, solubles en agua, que cuando se añaden al baño de tintura enlazan, intensifican o cambian el color del baño de tintura y hacen que el color sea más fuerte a la luz, al lavado y al roce. Entre las comunidades indígenas andinas, fueron trabajados los mordientes naturales, utilizaron el término “enjebar” que era la acción de aplicar el mordiente a los hilos y tejidos, antes de recibir el baño de tintura. Los mordientes y los tintes naturales han estado estrechamente unidos; con el descubrimiento de las sales de alumbre en las plantas, es el caso de los líquenes y los musgos, de las sales de hierro encontradas en barros y en las raíces como en la lengua de vaca *Rumex*, el hombre preparó sus hilos. A medida que se fueron usando estas plantas como tintes, se encontró que tenían propiedades que hacían permanente el color y se fueron añadiendo a otros tintes por sus buenas cualidades. Todo esto se hacía sin conocer las propiedades químicas, sales de alumbre o de hierro que contenían algunas plantas.

Para fijar y mejorar el color y agilizar el proceso de tinte es necesario preparar la lana (u otro tejido natural) con un mordiente. Salvo en aquellas plantas que contienen taninos y carotenos (dos pigmentos naturales), para fijar los colores, variarlos y hacerlos más estables a la luz, necesitamos conocer un mínimo de los siguientes mordientes. (Ponce y Morales, 2011)

Las principales características de las sales mordientes son:

- Incrementan la fijación del colorante en la fibra, proporcionando brillo y colores intensos.
- Aumentan la solidez del colorante a la luz y al lavado.
- Aumentan el rango de colores que se pueden obtener del colorante de una sola planta.

Los mordientes pueden ser usados en diferentes etapas del proceso, como confirma el extenso número de trabajos realizados para tinter textiles con colorantes naturales, en cual se han utilizado diferentes mordientes dependiendo de la fibra empleada.

- Antes del teñido, se coloca la sal mordiente junto con las fibras y en este caso se obtienen colores claros y da el control sobre el proceso de mordentado.
- Durante la tintura: Es más rápido y elimina una etapa del proceso.

- Después de la tintura: Se emplea para incrementar la solidez al color y para aclarar u oscurecer el color obtenido en la tintura.

Las sales minerales más comunes empleados son:

- **Sulfato de aluminio y potasio** $KAl(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ comúnmente llamado alumbre. Es un polvo blanco que cristaliza en octaedros incoloros, es seguro de manejar y fácil de usar porque no es tóxico. Produce colores claros y vivos y proporciona relativa buena solidez a la luz. Por lo general se usa con el Crémor tártaro que ayuda a dar uniformidad e ilumina un poco. En exceso proporciona un tacto pegajoso en la lana. Es mejor usarlo antes del teñido, pero también produce buenos resultados si se emplea en el baño de tintura.

- **Sulfato ferroso** ($FeSO_4$), un polvo verdoso que al disolverse presenta un color herrumbroso. Como mordiente el hierro da tonos mates y oscuros que son resistentes. Por lo general en la lana se tiñe primero y se procede al mordentado después. Si se usa en exceso debilita las fibras de lana y causa un envejecimiento prematuro del tejido además de proporcionar un tacto endurecido. Se emplea para obtener negros y grises.

- **Sulfato de cobre**, ($CuSO_4$), que se presenta en forma de cristales azul turquesa, pero es tóxico y como mordiente oscurece los colores y a menudo da un tono verdoso. Da buenas solidez a la luz y proporciona un tacto menos duro en las fibras que el hierro.

- **Cloruro de estaño** ($SnCl_2$) es un polvo blanco y es venenoso, volátil e higroscópico, aclara los colores de tinte especialmente los rojos, naranjas y amarillos a veces dando un sorprendentemente efecto antinatural. Casi siempre se emplea con Crémor tártaro. Da buenas solidez, pero puede hacer que la lana se vuelva frágil y áspera. Es medianamente venenoso, es cáustico y reacciona con la piel humana dando un olor desagradable.

- **Dicromato de potasio** ($K_2Cr_2O_7$). Se presenta en cristales de color naranja. El cromo es un metal tóxico en cualquier forma. El exceso hace que los colores sean dispares. Da buenos colores brillantes que son muy resistentes a la luz y al agua. A la lana le proporciona una textura particularmente suave.

- **Ácidos tánicos**, que se pueden obtener por extracción de plantas ricas en taninos y se usan como asistentes de otros mordientes. Es un buen mordiente para marrones o

bronceados y para las fibras vegetales (algodón o lino). Se aplica en un segundo baño de mordiente después del alumbre. Produce colores profundos y resistentes a la luz. La lana mordentada con ácido tánico antes de teñir tiende a oscurecerse con el tiempo.

Sirve para extraer el color de las plantas y se añade al agua en que se ha dejado en remojo hojas, raíces y líquenes.

Ácido acético, es el vinagre común que se emplea en la cocina. Fija los colores y los deja más brillantes. Es indispensable en los rosas y rojos. Se utiliza el vinagre común de uva o la fermentación del plátano, manzana, etc.

Limón

Contiene ácido cítrico. El jugo de limón tiende a avivar y a aclarar los colores.

Orín fermentado

Contiene amoníaco. Se utiliza la orina fresca o añeja. En algunos casos se menciona la orina de niños varones como la mejor para mordentar. La orina fermentada ha sido empleada como mordiente desde la antigüedad y es mencionada en numerosos trabajos.

- **Crémor tártaro**: (ácido tartárico de potasio $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) Es un polvo blanco con apariencia de azúcar. Es generalmente usado antes del teñido. Se emplea principalmente para neutralizar el maltrato que reciben las fibras animales con los mordientes y ayuda a igualar las tinturas dándoles brillo y uniformidad. No se recomienda en las fibras vegetales.

El uso de cromo, cobre y sales de estaño, sin embargo, no se recomienda por razones ecológicas y toxicológicas, y por lo tanto debe utilizarse preferentemente un mordiente como el sulfato de aluminio o sulfato de hierro.

Ácido oxálico

Se puede extraer de plantas ricas en este ácido. Cristaliza en columnas monoclinicas. Tóxico. Se emplea para reforzar los efectos mordientes. Se puede obtener de plantas del género oxalis, u otras plantas como el ruibarbo.

Cloruro sódico o sal de Glauber

Es un componente de muchas aguas minerales. Se emplea en tintorería, en la imbricación

de celulosa y como purgante. No es tóxico. Sirve para unificar los colores bastando añadir una cucharada de sulfato sódico cada vez que se tiñe. El color resulta más sólido.

Ácido nítrico, líquido claro, fumante y de olor picante. Tóxico. Es un ácido tan fuerte que puede disolver hasta los metales. Hay que usarlo con extremo cuidado y con guantes de goma.

Ácido sulfúrico, líquido incoloro e inodoro, de aspecto aceitoso y que carboniza las sustancias orgánicas despojándolas del agua. Verter siempre poco a poco el ácido en el agua. Nunca el agua en el ácido.

El ácido Sulfúrico es altamente corrosivo, se come todo lo que sea orgánico, sólo respeta los plásticos, es lo que se usa para desatascar baños y lavadores, al mezclar con el agua (antes el agua y después el ácido) reacciona violentamente, y es una reacción exotérmica.

Sosa cáustica o hidróxido sódico, escamas blancas, cristalinas, inodoras. Soluble en el agua con desprendimiento de calor. Tóxico. Se usa en tintorería. Cuidado con la sosa, (NaOH) altamente corrosiva también y reacción exotérmica.

Hidrosulfito o hiposulfito de sodio es un quitamanchas. Sirve para blanquear las fibras y los tejidos.

El **bicarbonato de sodio**, de fórmula NaHCO_3 , es un compuesto sólido cristalino de color blanco soluble en agua, se usa para reforzar los efectos de los mordientes.

Sal de mesa (cloruro de sodio), que se puede utilizar en la solución del tinte en el momento del teñido. Sirve para reforzar el efecto del mordiente agregándola durante el tinturado y así fijar el color, haciéndolo más parejo.

Salitre, cualquier sustancia salina especialmente la que aflora en tierras y paredes.

Ceniza o lejía de plantas, cenizas de diferentes maderas. La ceniza del molle tiene un fuerte efecto sobre el color final, pero casi todas las cenizas y lejías influyen en el color final y se utilizan durante o al final del proceso sumergiendo la lana en abundante ceniza, dejarla por unas horas y lavarla.

Lengua de vaca (*Rumex crispis*), que se usaba en el antiguo Perú como planta tintórea y como mordiente y se emplea en el teñido de colores oscuros.

Bebidas fermentadas ácidas arcillas, que son mezcla de excrementos de ovejas, agua y humo ácidos y alcalinos.

La acidez o alcalinidad de un baño de tinte afecta de manera determinante el resultado del teñido e incide en su éxito final. Por ello es muy importante controlar el Ph que permite clasificar el líquido como ácido, neutro o alcalino.

Alcalinos

Entre los alcalinos más requeridos se encuentran el alumbre, el hierro, el amoníaco, cenizas y lejías (de banano, cáscaras de granos, etc.). Otros alcalinos son el carbonato de sodio y el bicarbonato de sodio. Los álcalis fuertes incluyen las lejías. Un álcali se considera fuerte cuando supera a 10 dentro de la escala del Ph. El añil es el único tinte que requiere un álcali superior a 10. Las fibras de animales son especialmente susceptibles de ser dañadas por los álcalis.

Ácidos

Entre los ácidos, el más común es el crémor tártaro. Otros ácidos menos fuertes son el limón y el vinagre. Los taninos son también ácidos. Hay otras fuentes de ácidos menos conocidas como el ácido fórmico de las hormigas rojas y el ácido oxálico de las hojas de ruibarbo. Los ácidos se emplean en fibras animales. Fibras como el algodón y otras de origen vegetal pueden ser dañadas por los ácidos. Todos los entonadores y fijadores tienen una característica común, modificar el Ph del colorante. (Ponce y Morales, 2011)

En la tabla 3 se indica las comparaciones de colores obtenidos con diferentes extractos de plantas naturales y varias sales mordientes.

Tabla 3.

Comparaciones de colores obtenidos con diversos mordientes

Colorante	Sin mordiente	Mordientes			
		Alumbre	Cobre	Hierro	Estaño
Palomillas de tintes	gris	purpura	marrón	purpura	purpura
Palo de	rosa				

Brasil	amarillo	Salmon	marrón	marrón	rosa
Catechu	bronce	marrón	marrón	gris marrón	oro sucio
Henna	marrón	marrón	kaki marrón	marrón	marrón rojizo
Palo	azul	gris	gris	Purpura	purpura
Campeche	marrón	marrón	azul	gris	
Rubia	rosa	naranja	bronce	marrón	naranja
Cochinilla	rosa	carmín	purpura	purpura Negro	rojo

Fuente: Ponce y Morales (2011)

Procesos de extracción de los colorantes

El proceso de extracción de colorantes provenientes de fuentes naturales representa uno de los procesos más importantes que influye posteriormente en el proceso de tintura en términos de intensidad y rendimiento. Además, la normalización y la optimización de las variables del proceso de extracción de los colorantes naturales tienen importancia técnica y comercial en el rendimiento del colorante y en el costo de los procesos de extracción y tintura. Los colorantes naturales pueden ser extraídos utilizando diferentes métodos, por ejemplo empleando agua como solvente de extracción, añadiendo o no sal/acido/álcali/alcohol en el baño de extracción, extracción con fluidos supercríticos, extracción asistida por enzimas, extracción con solvente alcohólico/orgánico, empleando equipos relevantes o el método Soxhlet con empleo de alcoholes y mezclas de benceno para que al final se filtra, evapora y seca utilizando equipos de filtración o bombas rotatorias de vacío, centrifugas/ o extracción a bajo presión. (Stanciuc, 2018)

A continuación, se describen los más importantes:

- **Sistemas de extracción acuosa**

Para extraer el colorante en un medio acuoso, el material vegetal es secado y cortado en trozos pequeños y molturado antes de la extracción acuosa. Se realiza la separación del componente de color deseado empleando un solvente. Los parámetros como: tiempo de extracción, temperatura, el pH del baño de extracción, la concentración del material

fuente y la relación entre la biomasa empleada y el volumen de solvente acuoso son variables y dependen de cada fuente natural empleada.

- **Extracción por sistemas asistidos de otros solventes o solventes non acuosos**

La extracción por fluidos supercríticos (SFE) es empleada con éxito para la obtención de una gran variedad de compuestos orgánicos provenientes de plantas. Este método emplea dióxido de carbono como solvente, que representa una alternativa excelente a los solventes de origen químico, y es empleado para extraer y purificar colorantes naturales, como por ejemplo los provenientes de corteza de eucalipto.

El metanol acuoso ha sido utilizado para extraer colorante natural rojo (ladrillo) desde hojas de teca. Se han puesto en el extractor Soxhlet las hojas secas de teca con 20% de metanol acuoso, obteniéndose colorante en polvo después de la eliminación del solvente orgánico.

La extracción Soxhlet esta empleada para obtener colorantes naturales, por ejemplo, se ha estudiado la extracción de colorantes de la piel de las uvas. En este proceso, después del destilado se condensa mediante vacío, para obtener una solución de colorante concentrada.

El condensador de reflujo actúa 1 hora sobre un material natural para extraer colorantes naturales. (Stanciuc.2018)

Fundamentos de colorimetría (Alain, 1998)

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores, que desarrolla métodos para la cuantificación del color, es decir la obtención de valores numéricos de este. Es necesario la luz, un objeto y un observador. El estímulo luminoso producto de la reflexión de la luz que ilumina el objeto (o su superficie) dirigida a los ojos del observador se divide en tres sensaciones: Una roja, otra verde y otra azul.

Básicamente, los colores que el ser humano percibe en un objeto están determinados por la naturaleza de la luz reflejada del objeto. El color del objeto no sólo depende del objeto en sí, sino de la fuente de luz que lo ilumina, del color del área que le rodea y del sistema visual humano (el mecanismo ojo-cerebro).

La luz visible se compone de una banda de frecuencias relativamente estrecha en el espectro de la energía electromagnética. Un cuerpo que refleja luz que tiene más o menos todas las longitudes de onda visibles, aparece como blanco al observador. Sin embargo,

un cuerpo que es propicio a reflejar un rango limitado del espectro visible muestra algunas tonalidades de color. Por ejemplo, los objetos verdes reflejan luz con longitudes de ondas principalmente entre los 500 y 570 nm, mientras que absorben la mayoría de la energía a otras longitudes de onda.

El Tono es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas de luz. Así, el tono representa el color percibido por el observador; cuando se llama a un objeto rojo, naranja o amarillo, se especifica el tono. La representación gráfica de las variaciones de tono puede esquematizarse mediante un círculo, llamado el círculo cromático.

La Saturación o pureza se refiere a cómo de puro es el color, es decir, cuánto blanco se mezcla con él. Se parte del color blanco hasta llegar al color totalmente saturado (ver figura 10).



Fuente: Alain (1998)

Figura 10. Pureza del color que indica cuanto parte del color blanco se mezcla con ése.

La Claridad o luminosidad es el atributo de la sensación visual, según el cuerpo puede transmitir o reflejar una fracción de la luz, pero no tiene luz propia. El intervalo de claridades está comprendido entre el blanco y el negro pasando por todos los grises.

El Brillo se usa en lugar de la claridad para referirse a la intensidad percibida por un objeto con luz propia (emitida y no reflejada), tal como una bombilla, el Sol.

La Crominancia engloba la información que aportan el tono y la saturación, por lo que se puede considerar un color caracterizado por su brillo y crominancia (Alain,1998)

La percepción del color

La cantidad de tonos que el ojo humano puede distinguir son alrededor de diez millones. Sin embargo, el color como criterio de calidad, está adquiriendo cada vez más importancia en la industria. Un color uniforme es de una importancia clave para un producto final.

La percepción visual del color se ve influenciada por la apreciación individual de cada persona y también de las variaciones ambientales como la iluminación y su color e incluso la deficiencia para poder comunicar y documentar el color y sus diferencias. Solamente

es posible solucionar estos problemas, con el uso de equipos de medición de color que contengan escalas de color especificadas internacionalmente. Así se garantiza una descripción objetiva del color de los objetos. La percepción del color depende de la interacción de los tres elementos siguientes:

- Fuente de luz
- Objeto
- Observador

Fuente de luz (iluminante)

Los colores cambian según la iluminación. Por ello, hay que definir los tipos de iluminantes a emplear. El requisito para que un iluminante sea usado en la evaluación del color, es emitir una energía continua a través de todo el espectro visible (400 nm hasta 700 nm), (ver figura 11)



Figura 11. Localización del espectro visible en el rango de las radiaciones.

Fuente: Alain (1998).

Para describir la calidad de una fuente de luz cromática se usan 3 características: radiancia, luminancia, y brillo.

Radiancia es la cantidad total de energía que sale de la fuente de luz, y se mide en watios (W).

- **Luminancia**, medida en lúmenes (lm), da la medida de la cantidad de energía que un observador percibe de la fuente de luz. Por ejemplo, una luz emitida de una fuente que opere en la región infrarroja del espectro podría tener energía importante (radiancia), pero un observador no podría casi percibirla; su luminancia sería casi cero.

- **Brillo** es un descriptor subjetivo que es casi imposible de medir. Engloba la noción acromática de intensidad y es uno de los factores principales en la descripción de la sensación del color.

Medida del color

La tendencia actual crea la necesidad de una especificación estrictamente objetiva del color. La objetividad de esta especificación exige la eliminación de cualquier alteración incontrolada en las condiciones que puedan influir en la percepción del color (Iluminación, entorno, sensibilidad del observador, etc.). Esta medida objetiva del color, solo es posible obtenerla mediante la medida instrumental llamada espectrofotómetro o colorímetro. El espectrofotómetro permite obtener la curva de reflectancia espectral en función de la longitud de onda. En colorimetría textil, se considera suficiente la precisión dada por la medida de la reflectancia a 16 longitudes de onda, desde 400 a 700 nm, en intervalos de 20 nm. En general se mide a 31 intervalos centrados en 400 nm, 410 nm, 420 nm hasta 700 nm. Esto se hace pasando la luz reflejada por aparato monocromador que mide la luz. Luz diurna descompuesta en los colores espectrales (arco iris). (Alain,1998).

Mezcla aditiva de color

Cuando sobre el ojo incide una determinada radiación, sea una única frecuencia o sea un conjunto de varias frecuencias, percibimos algo que denominamos color. Si se modifica la radiación, añadiéndole una o varias frecuencias más, se ha realizado una mezcla aditiva, pues sobre el ojo incide, aparte de la primitiva radiación, las radiaciones nuevas que le hemos añadido.

Si se combinan dos fuentes de luz con densidades espectrales de potencia C_1 y C_2 , la luz resultante, se obtiene sumándolo y de esta forma se puede generar muchos colores diferentes. Existen tres colores denominados primarios del sistema de mezcla aditiva de color, que son el rojo, el verde y el azul. La razón por la que se utilizan estos colores es que combinándolos de forma adecuada se puede conseguir una gama de colores distintos más amplia que para otras combinaciones de colores.

La estructura del órgano visual humano incluye unas células, denominadas conos, situadas en la retina. Hay tres tipos de conos: los sensibles preferentemente al rojo, al verde y al azul. Por ese motivo, a esos tres colores se los denomina “colores luz primarios”. La mezcla de luces de colores se denomina mezcla aditiva. Mezclando esos

colores dos a dos se obtienen los colores secundarios. La suma de los tres produce la luz blanca (ver figura 12). (Weissermell, 1981).



Figura 12. Mezcla aditiva de colores de luz visible.

Fuente: (Weissermell, 1981).

Las sustancias coloreadas son las que absorben luz en la región visible del espectro (380 a 750 nm). Una sustancia presenta el color complementario del que absorbe ya que este se resta de la luz reflejada o transmitida. Las sustancias que no absorben luz visible son blancas o incoloras, y las que absorben todas las longitudes de onda son negras. Si la banda de absorción es aguda el color es brillante, mientras que una banda ancha y difusa da lugar a un color opaco.

Por la interacción de la luz electromagnética con la materia, los compuestos orgánicos pueden excitarse electrónicamente mediante radiación electromagnética. Para la mayoría de los compuestos orgánicos, estas transiciones se producen en la región del espectro ultravioleta por lo que son blancos e incoloros. A esta región corresponde la longitud de onda de 200 -400 nm, (donde 1 nanómetro, es decir $1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm}$). Sin embargo, los compuestos coloreados absorben energía de radiación electromagnética en la región visible del espectro (380 - 750 nm), y por lo tanto estos compuestos van a presentar un color complementario a la longitud de onda absorbida (ver tabla 4).

Tabla 4.
Relación entre luz absorbida y color observado

Longitud de onda absorbida, λ (nm)	Luz absorbida	Color observado
400-430	violeta	verde –amarillo
430-480	azul	amarillo
480-490	verde-azul	naranja
490-510	azul-verde	rojo
510-530	verde	púrpura
530-570	amarillo-verde	violeta

570-580	amarillo	azul
580-600	naranja	verde-azul
600-680	rojo	azul-verde
680-750	púrpura	verde

Fuente: Floru (1991)

Energías correspondientes a las radiaciones electromagnéticas de la región visible o ultravioleta absorbidas por las moléculas producen reordenamientos electrónicos asociados de cambios de energías de rotación y vibración de estas moléculas.

En un compuesto orgánico se encuentran cinco tipos de orbitales moleculares:

Orbitales de enlaces σ , orbitales π , orbitales de electrones libres n , y orbitales de alta energías π^* y σ^* . Los últimos dos tipos de orbitales son orbitales de anti enlaces estando vacíos en estado fundamental.

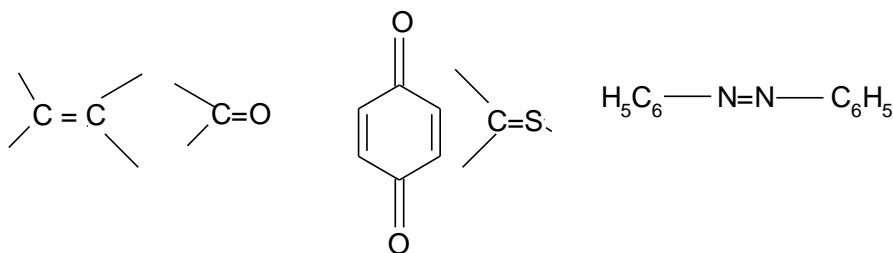
Energía de estos orbitales crecen en serie:

$$\text{En } \sigma^* > \text{En } \pi^* > \text{En } n > \text{En } \pi > \text{En } \sigma.$$

Cuando una molécula absorbe energía de radiación, un electrón de un orbital molecular estable pasa a un orbital molecular inestable (de anti enlace). Tal transición se llaman transición electrónica. Las radiaciones de longitud de onda pequeña (UV) van a producir excitaciones de los electrones de los orbitales σ que necesitan energías mucho mayores para que ocurra las transiciones. En cambio, las transiciones de los electrones perteneciente a los orbitales π y n con poca energía van a poder saltar fácil hacia los orbitales π^* ubicados en zona de ultravioleta cercano y visible.

Entonces es impredecible precisar que el color de un compuesto orgánico depende del estado energético del compuesto tanto en estado fundamental como estado excitado. En general los compuestos orgánicos que tiene color deben contener un grupo de átomos llamados grupos **cromóforos** o portadores de color. Estos grupos son:

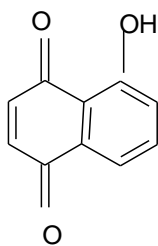
etileno, carbonilo, benzoquinona, doble enlace carbono, azufre, azo.



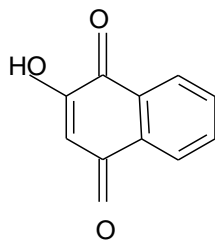
La presencia de los grupos cromóforos p-benzoquinona, así como las naftoquinonas y antraquinonas que son colorantes naturales y que se encuentran en las hojas de nogal son los responsables del del color café de la cáscara de la nuez.

Según Gibaja (1998), la juglona se halla al estado de 4-b-D-glucósido del 1,4,5 trihidroxi nafialeno (a-hidrojuglona) y como una mezcla de a- y b- hidrojuglona, acompañado de taninos; en las hojas verdes, principalmente en la cáscara del fruto fresco y la corteza de las especies del género Juglans: J. cinera, j. nigra L. y J. regia L. (Juglandáceas)

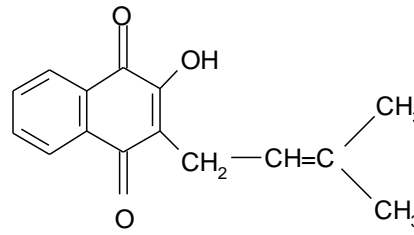
El colorante juglona, (5-hidroxi-1,4 naftoquinona), cristales de color marrón –rojo se encuentran en las cascara de nueces verdes en forma de leuco derivado, que se oxida con el aire en marrón oscuro.



Juglona



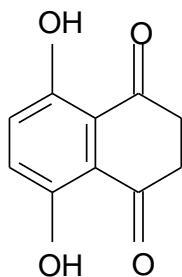
Lawsona



Lapachol

Un isómero con juglona es la lawsona (2-hidroxi-1,4-naftoquinona) cristales amarillos que se aísla de la planta indiana henna (*Lawsonia blanca*), que sirven para el teñido del pelo. Otro colorante isómero es el lapachol y contiene un resto de isopreno en cadena lateral.

Otro colorante sintético llamado naftazarina (5,8-dihidroxi, 1,4-naftoquinona) forma cristales rojos-marrón que se usa en forma bisulfítica ligeramente soluble y se llama negro de alizarina S y sirve para el teñido de la lana y para imprimir el algodón. Con mordiente de cromo se obtiene el color negro muy resistente. (Melanie,2009)



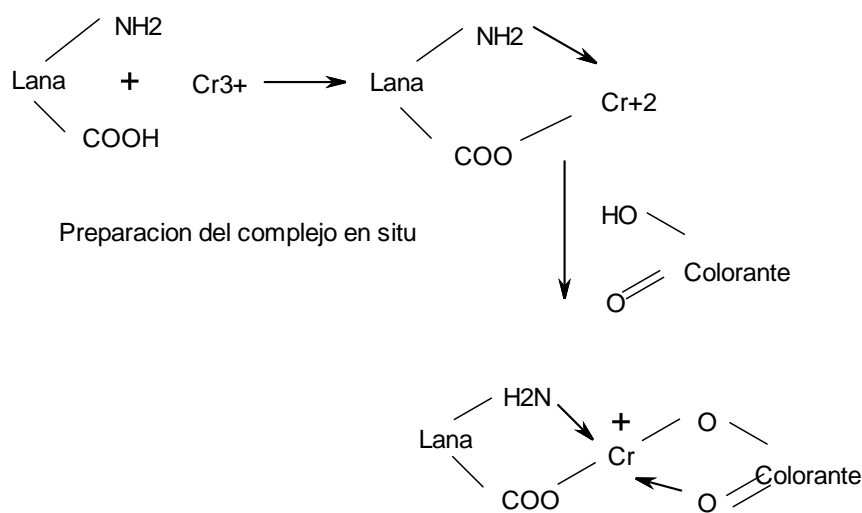
Naftazarina

Las nanoquinonas son pigmentos cuyo color va desde el amarillo, pasando por el anaranjado, al rojo intenso. La lawsona, de estructura similar se encuentra en el alheño y se usa para teñir el cabello de color rojo.

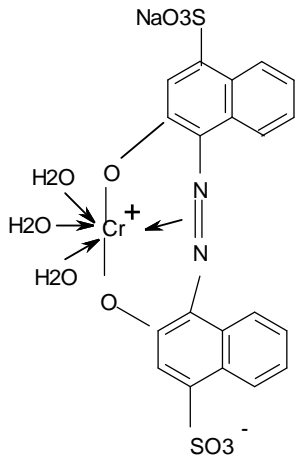
Según Gibaja (1998), la juglona se halla al estado de 4-b-D-glucósido del 1,4,5trihidroxi-nafialeno (a-hidrojuglona) (17,12) y como una mezcla de a- y b-hidrojuglonas, acompañado de taninos; en las hojas verdes, principalmente en la cáscara del fruto fresco y la corteza de las especies del género Juglans: J. cinera, j. nigra L. y J. regia L. (Juglandáceas).

En presente trabajo los colorantes de las hojas de nogal están utilizados acomplejados con cationes metálicos como el aluminio, cromo, hierro divalente y trivalente, cobre.

Colorantes de complejo metálico: Se emplean en la lana. De buena solidez. Se trata de soluciones tintóreas creadas mediante un proceso químico previo a la fase de tintura; en este caso el procedimiento es el siguiente: una o varias moléculas de colorante, generalmente ácido, se asocian con un átomo metálico formando un complejo molecular con afinidad por las fibras proteicas. La formación de este complejo químico se consigue calentando una solución acuosa del cromóforo con una sal de cromo trivalente, siempre en un medio de pH por debajo de 4. Si bien se obtiene con ellos una extensa gama de colores, estos adolecen de falta de brillo en azules, verdes y violetas. Suelen aplicarse a tejidos incogibles. (Miriam Martin Macias, 2011)



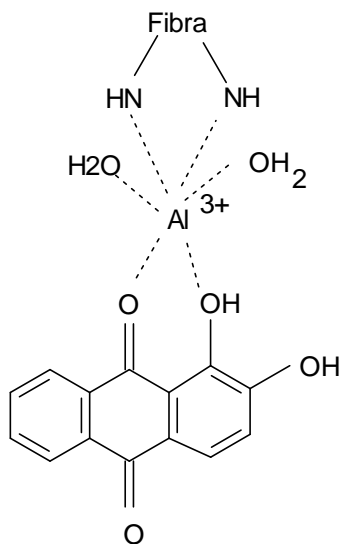
Colorante como quelato para aplicar en solución.



Coloración al mordiente con colorante azoico

Figura 13. Estructura de colorante premetalizado.

La coloración que se obtiene depende no solo del tipo de colorante, sino del tipo del catión metálico que se usa en la acomplejación. Así, por ejemplo, en las antraquinonas (figura 3) cuando el catión es Al^{3+} o Sn^{2+} el color suele ser rojo, mientras que si se utilizan los cationes Fe^{2+} o Fe^{3+} , la tonalidad suele ser violeta o marrón-negro, respectivamente. (Samuel, 2012).



Teñido al mordiente con Al^{3+}

Figura 14. Coloración al mordiente con antraquinonas.

Aspectos generales teñido con colorante orgánicos (Floru, 1991)

Fenómeno tintóreo representa la tendencia de las moléculas de un colorante de pasar de

la solución hacia la superficie de contacto con fibra textil.

Este proceso implica las siguientes etapas:

- Difusión del colorante de la solución o disperso hacia la superficie exterior de la fibra;
- Absorción del colorante sobre soporte textil;
- Migración del colorante en interior de la fibra.

La última etapa está condicionada de la naturaleza de las fuerzas que se pueden establecer entre colorante y fibra. La velocidad del proceso de teñido se puede determinar en cada caso de teñido. En general el fenómeno tintóreo es reversible excepto para el caso cuando entre colorante – soporte se crea enlaces covalentes (el caso de colorantes reactivos).

Equilibrio tintóreo depende del estudio en lo cual la velocidad de fijación del colorante sobre soporte se hace igual con la desorción del soporte, cuando las concentraciones del colorante en fibra y en baño se hacen estacionares. Para alcanzar equilibrio tintóreo, el potencial químico del colorante en fibra se hace igual con potencial químico del colorante en baño:

Afinidad es diferencia en potencial químico del colorante en la fibra y su potencial químico en el baño.

Una fuerza ha intervenido para forzar a las moléculas de colorante a fijarse en la fibra.

La afinidad mide la proporción del colorante espontáneamente transferido desde la solución de máximo desorden y mayor volumen a una fibra de mayor orientación y menor volumen.

De punto de vista tintóreo es importante tomar en cuenta el soporte sobre cual se va a depositar colorante, si este presenta superficie hidrófila o polar.

Los soportes textiles pueden ser:

- Polares hidrófilos: fibras proteicas, (Lana, seda natural, cuero), poliamidas, celulosas, etc.
- Polares hidrófobos: fibras poliacrilonitrilos, triacetato de celulosa.
- No polares, no iónicos- hidrófobos: fibras de poliéster, polipropileno y diferentes materiales plásticos (poliestireno, poli metacrilato de metilo, polietileno).

En todos los casos donde la forma activa de fijación del colorante es iónica, la compatibilidad colorante-soporte en proceso de teñido está asegurado por fuerzas iónicas capaces de accionar a distancia.

También es importante tomar em cuenta las interacciones primarias entre colorante – soporte textil:

- **Colorantes ácidos** que tiñen en forma aniónica las fibras proteicas y poliamidas por la formación de sales entre los grupos básicos (aminas) y soporte textil. Existen colorantes ácidos que una vez acomodados sobre las fibras tienen la propiedad de acomplejarse con metales de transición.
- **Colorantes básicos** que tiñen en forma catiónica las fibras proteicas y poliacrilonitrilos por la formación de sales con los grupos ácidos de las fibras.
- **Colorantes directos** que tiñen en forma no disociada las fibras celulósicas.
- **Colorantes de tina** que tiñen las fibras artificiales (acetato de celulosa) y sintéticas (poliamidas) en suspensiones acuosas dispersas.
- **Colorantes reactivos** son compuestos que contiene en su molécula al lado del cromóforo, grupos capaces de reaccionar directamente con el sustrato de la fibra de celulosa, fibras proteicas y poliamidas. Entre el colorante y fibra se establecen enlaces covalentes, dando características excelentes con respecto a la resistencia del color.
- **Colorantes dispersos** son compuestos insolubles en agua, pero pueden ser dispersados en agua con la ayuda de auxiliares específicos, y se usan para el teñido de fibras de acetato de celulosa, fibras sintéticas como el poliéster, poliamidas, poliacrilonitrilos. (Floru,1991)

Comportamiento tintóreo de colorantes

Los parámetros de fijación son:

- Temperatura
- Presión
- Tiempo de teñido
- Composición del baño (solución o suspensión de lo cual se hace la fijación.).

Frecuentemente el baño de teñido se caracteriza por:

- Relación de baño
- Concentración del colorante
- Concentración de otros auxiliares

Teñido con colorantes directos

La aplicación de estos colorantes en soporte celulósico se realiza en una solución ligeramente básica como carbonato de sodio o bicarbonato de sodio o baño neutro (en presencia de electrolitos como cloruro de sodio, sulfato de sodio, acetato de sodio). Como la fijación del colorante se realiza en forma no ionizada debido a las atracciones tipo de van der Waals, se admite que todos los colorantes que manifiesta tendencia de asociarse en soluciones acuosas presentan una buena afinidad hacia celulosa.

La fijación en forma no ionizada del colorante se debe a la energía de activación menor necesaria en este caso, debido a la eliminación de rechazo entre soporte aniónico (celulosa sodada) y el anión del colorante.

Los parámetros tecnológicos del proceso de teñido con colorantes directos son:

- La relación de baño :1/5 – 1/50
- Concentración de las sales 5 -30 %
- Temperatura: 50 -100°C
- Tiempo de teñido: 60 -90 minutos.

Para eso se realiza una serie de pretratamientos: diazotación sobre la fibra seguido por el aumento de la masa molecular del colorante por acoplamiento (si existen grupos aminos, libres en el colorante). Un pretratamiento en teñido con naftoles cuando el colorante presenta centros activos de acoplamiento; Un pretratamiento con formaldehído u otros agentes de fijación.

Estos colorantes son colorantes aniónicos que son capaces de teñir fibras de celulosa sin ayuda de un mordiente. Los colorantes son solubles en agua debido al grupo sulfónico y son muy utilizados para el teñido del algodón, sedas, lana y fibras celulósicas regeneradas, obteniéndose una gama de colores amarillo, naranja, rojo.

Cuando una fibra de celulosa se sumerge en agua se carga negativamente. Los aniones que se unen en la superficie son fijados mientras los iones opuestos recorren pequeñas distancias por medio de agitación sin alterar la electro neutralidad. (Floru, L. 1991).

Las características más importantes de los colorantes directos son:

- Excelente solidez a la luz.
- Baja solidez en procesos húmedos.
- A mayor solidez, su estructura es más compleja.
- Son económicos.

2.3 Definición de términos básicos

Teñido: Proceso químico a través del cual se da un color a un material.

Mordiente: Cualquier sustancia de origen natural o químico que sirve para fijar el colorante en la fibra.

Colorante: Compuesto químico de origen vegetal, animal o sintético que sirve para dar color a varios materiales.

Solidez al lavado: Evaluar la estabilidad del color de los tejidos textiles que debe resistir a lavados frecuentes.

Solidez a la luz: Cambio de color de un material teñido como resultado de exposición a la luz solar o de una fuente artificial.

Lana: Fibra animal proporcionada por la oveja en forma de pelo, que sirve para la protección de su piel

Algodón: Fibra textil vegetal que crece alrededor de las semillas de la planta de algodón.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general

Dada la importancia del problema a resolver y la trascendencia que la temática a desarrollar tiene en la formación del profesional en ingeniería química, proponemos como tarea lo siguiente:

- Es posible establecer el procedimiento de teñido mordentado de fibras naturales de algodón y lana con colorante extraído de las hojas de nogal.

Hipótesis generales

Dada la importancia del problema a resolver y la trascendencia que la temática a desarrollar tiene en la formación del profesional en ingeniería química, proponemos como tarea lo siguiente:

- Es posible establecer el procedimiento de teñido mordentado de fibras naturales de algodón y lana con colorante extraído de las hojas de nogal.

Hipótesis específicas

- Es posible determinar los parámetros de mordentado de las fibras naturales de algodón y lana.
- Es posible determinar los parámetros más adecuados de teñido de fibras naturales de algodón y lana previamente mordentadas.

3.2 Definición conceptual de variables

Por la naturaleza del trabajo las variables de la investigación son de tipo cualitativo.

La variable X es dependiente y las variables Y1 y Y2 son independientes.

Es decir $X = f(Y1 \text{ y } Y2)$

La variable:

X = Teñido mordentado de fibra de algodón y lana con colorante extraído de las hojas de nogal.

Las variables Y1 y Y2 son:

Y1 = Método adecuado de mordentado de fibras naturales de algodón y lana

Y2 = Método adecuado de teñido de fibras naturales de algodón y lana previamente mordentadas.

3.3 Operacionalización de variables

Por su naturaleza todas las variables son de tipo cualitativo.

Por su dependencia, la variable X es dependiente y las variables Y₁ y Y₂ son independiente

Es decir $X = f(Y_1, Y_2)$.

La tabla 5 muestra la relación entre variables

Tabla 5.

Relación de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
X: Teñido mordentado de fibras naturales con colorante extraído de las hojas de nogal	Tiempo de teñido y mordentado Rango de temperatura	Características físico-químicas de las fibras teñidas	Relacionando las variables Independientes Y1, Y2 y Y3
VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
Y1: Características de la materia prima (hojas de nogal)	Porcentaje de humedad, cenizas	% de humedad, contenido de cenizas	Secado en mufla, molienda,
Y2: Características de las fibras de algodón y lana	Longitud de la fibra, diámetro, peso específico, etc.	Longitud de la fibra, diámetro, peso específico, etc.	

Y3: Método adecuado de teñido con colorante de las hojas de nogal	Tiempo de teñido Rango de temperatura	Color, resistencia al lavado, a la luz, etc.	Pruebas experimentales
Y4 : Método adecuado de mordentado de las fibras de algodón y lana	Tipo de mordiente adecuado, cantidades Tiempo de mordentado Rango de temperatura		Pruebas experimentales

CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

De acuerdo al propósito de investigación, la naturaleza de los problemas y objetivos formulados en el trabajo, el presente estudio es una investigación aplicada.

Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es de tipo experimental.

4.2 Método de investigación

Método del tipo experimental.

Extracción de colorante de las hojas de nogal frescas

El procedimiento utilizado para la extracción del colorante de las hojas de nogal se realizó según los siguientes pasos:

- Lavado de las hojas de nogal con agua corriente. Se ha utilizado 900 gramos de hojas frescas.
- Desmenuzado de las hojas frescas que se realizó con tijeras.
- Macerado durante dos días.
- Hervido de los macerados por una duración de 60 a 90 minutos.
- Colado que se realizó con una coladera fina.

Procedimiento de mordentado

En cada caso se han mordentado las telas de algodón, fibras de lana de oveja y fibras de lana de alpaca en el mismo baño.

Se han utilizado telas de algodón blanqueadas, lanas de oveja y de alpaca previamente lavadas con agua caliente y jabón neutro a la temperatura de 40 -50 °C. Para los baños de mordentado se han utilizado las siguientes cantidades de sales mordientes según la información bibliográfica:

- Alumbre (25 %) y ácido tartárico (6 %) del peso de las telas.
- Sulfato cúprico (6%)
- Dicromato de potasio (6%).
- Sulfato ferroso (6 %).
- Tricloruro férrico (6%)
- Cloruro de estaño (6%)

El mordentado de las telas de lana de oveja y lana de alpaca y algodón se realizó en el mismo baño.

El proceso de mordentado ha sido igual para cualquier tipo de sal. Los porcentajes de la sal de mordiente difieren según el tipo de sal y el peso de las telas de algodón y de la lana de oveja y alpaca.

- **Mordentado con alumbre y ácido tartárico.**

Para esta prueba se ha utilizado 25 % de alumbre y 6 % de ácido tartárico con respecto al peso de las telas, respectivamente para la tela de algodón que pesa 2 gramos, junto con 2 gramos de lana de oveja y 2 gramos de lana de alpaca, se añadió 1.5 gramos de alumbre y 0.4 gramos de ácido tartárico.

El proceso se realizó en un matraz de 500 ml, donde se añadió agua des ionizado y sales respectivas.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

- **Mordentado con sulfato cúprico.**

Para esta prueba se ha utilizado 6 % de sulfato cúprico del peso de las telas, respectivamente para la tela de algodón, lana que pesan 6.0 gramos se añadió 0.4 gramos de sal.

El proceso se realizó en un matraz de 500 ml, donde se añadió agua des ionizado y la sal respectiva.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

- **Mordentado con sulfato ferroso**

Para esta prueba se ha utilizado 6 % de sulfato ferroso del peso de las telas, respectivamente para 6 gramos de peso del algodón, lana de oveja y lana de alpaca la tela de algodón, se añadió 0.4 gramos de sulfato ferroso.

El proceso se realizó en un matraz de 500 ml, donde se añadió agua des ionizado y la sal respectiva.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

- **Mordentado con tricloruro férrico**

Para esta prueba se ha utilizado 6 % de sal del peso de las telas, respectivamente para 6 gramos de tela de algodón, lana de oveja y lana de alpaca, se añadió 0.4 gramos de sal.

El proceso se realizó en un matraz de 500 ml, donde se añadió agua des ionizado y la sal respectiva.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

- **Mordentado con cloruro de estaño**

Para esta prueba se ha utilizado 6 % de cloruro de estaño del peso de las telas, respectivamente para los 6 gramos de telas de algodón, lana de oveja y lana de alpaca, se han utilizado 0.4 gramos de sal. El proceso se realizó en un matraz de 250 ml, donde se añadió agua des ionizado y la sal respectiva.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

- **Mordentado con dicromato de potasio**

Para esta prueba se ha utilizado 6 % de dicromato de potasio del peso de las telas, respectivamente para los 6 gramos de telas de algodón, lana de oveja y lana de alpaca, se han utilizado 0.4 gramos de sal. El proceso se realizó en un matraz de 250 ml, donde se añadió agua des ionizado y la sal respectiva.

Tiempo de mordentado ha sido de 30 minutos en ebullición y agitación continua.

Los procesos de mordentados se han repetido tres veces para cada tipo de sal.

Procedimiento de teñido

El método utilizado ha sido sobre las fibras de lana y algodón previamente mordentadas. En cada caso se ha tenido la tela de algodón y fibra de lana de oveja y lana alpaca en el mismo baño de teñido.

Para poder comparar la calidad del teñido se han utilizado la misma concentración del extracto de nogal. Los procesos de teñido se realizaron variando el tiempo de teñido, respectivamente 40 y 60 minutos. No se ha notado una diferencia de las tonalidades de color en función del tiempo de teñido, por eso se consideró válido el tiempo de 40 minutos. Los extractos de colorante obtenidos por ebullición de las hojas de nogal desmenuzadas han sido preparados del modo siguiente:

Caso 1:

Se han utilizado 1.5 Kg de hojas frescas y después de haber sido lavadas se han desmenuzadas y se han dejado macerar por un día con 3,5 litros de agua, después de lo cual la solución ha sido hervida durante 1 hora. Después se ha dejado enfriar, se ha filtrado con una coladera fina. Con esta solución se han hecho los teñidos. Las cantidades de solución de teñido han sido de 250 ml por cada tipo de teñido. Después del proceso de tintura, los tejidos se enjuagan con agua de caño a la temperatura ambiente durante 30 minutos, después de lo cual se dejan secar a la temperatura ambiente.

Caso 2:

Se han utilizado 2.0 Kg de hojas frescas desmenuzadas, y maceradas con 5 litros de agua durante 2 días, después hervida por un tiempo 1,5 horas. Una vez fría el extracto ha sido filtrado y usado para los teñidos. Los tiempos de teñido han sido de 40 y 60 minutos. Después del proceso de tintura, los tejidos se enjuagan con agua de caño a la temperatura ambiente durante 30 minutos, después de lo cual se dejan secar a la temperatura ambiente.

Caso 3:

Se han utilizado 2.5 Kg de hojas frescas y después de haber sido lavadas se han desmenuzadas y se han dejado macerar durante por dos días con 5 litros de agua, después de lo cual la solución ha sido hervida durante 2 horas. Después de enfriar y filtrar con una coladera fina, se hizo el teñido en dos tiempos de 40 y 60 minutos. Las cantidades de solución de teñido han sido de 250 ml por cada tiempo de teñido. Después del proceso de tintura, los tejidos se enjuagan con agua de caño a la temperatura ambiente durante 30 minutos, después de lo cual se dejan secar a la temperatura ambiente.

Análisis del proceso de teñido

Las telas de algodón, fibra de lana de oveja y alpaca una vez teñidas, se han lavado con jabón neutro, después de lo cual han sido secado y expuesto al sol para analizar la solidez.

Análisis de solideces

Los valores que determinan los diferentes rangos de solidez se indican en la tabla 6.

Tabla 6.

Valoración de solidez

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

(Fuente: Obando, 2013)

Solidez al lavado

Se utilizó un lavado por 15 minutos, se enjuagó y se analizó si presenta manchas o si existe sangrado de color.

Resultado de solidez al lavado para todas las fibras teñidas.

Las lanas de oveja y de alpaca presentan una solidez de 4, pero para el algodón la solidez ha sido 1.

Solidez a la luz

Las fibras teñidas se dejan a la luz por 15 a 30 días y se analizan si se decoloran o no.

Resultado de solidez a la luz para todas las fibras teñidas.

Las lanas de oveja y de alpaca presentan una solidez de 4, pero para el algodón la solidez ha sido 1.

4.3 Población y muestra

El universo del presente trabajo consiste en las hojas de nogal frescas, telas de algodón y de lana, así como sales mordientes (sulfato de cobre, dicromato de potasio, sulfato ferroso o férrico, alumbre con ácido tartárico y cloruro de estaño)

Las **hojas del nogal** son grandes, miden unos 25 cm y están sostenidas por un pecíolo que llega a medir unos 5 a 8 cm. estas hojas presentan un color verde intenso, se presentan en abundancia y en forma alterna en las ramas.

Se recolectaron en los jardines en torno a la ciudad de Huacho.

Las muestras de hojas de nogal frescas, que se utilizaron en este trabajo han sido alrededor de 1,5 Kg; 2 Kg y 2,5 Kg . Antes de realizar la extracción del colorante, las hojas han sido lavadas con agua, las partes malogradas han eliminadas, una vez lavadas las hojas han sido desmenuzadas con ayuda de tijeras. Y posteriormente se han dejado en remojo en agua fría por una duración de 8 horas para facilitar la extracción del colorante La extracción del colorante se realizó a temperatura de ebullición por una duración que vario desde 1 hora hasta 2 horas. El objetivo ha sido obtener un licor de colorante lo más concentrado.

Las muestras de fibras utilizadas para realizar el teñido han sido telas de algodón, lana y fibras de lana de oveja, así como fibras de lana de alpaca.

El peso de las fibras a teñir ha sido alrededor de 1 gramo. Antes de teñido se lavaron las telas con jabón neutro.

También se realizó teñido de las fibras sin mordientes para poder comparar el efecto del cambio de color en cada caso de sal mordiente. Con respecto a las sales mordientes, se utilizaron una gama amplia de sales como sulfato cúprico, dicromato de potasio, cloruro de estaño, tricloruro férrico, sulfato ferroso, alumbre con ácido tartárico.



Figura 15. Hojas de nogal lavadas

Fuente: Elaboración propia

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

Los análisis y pruebas de laboratorio se han hecho en los ambientes del laboratorio de química orgánica de la facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Callao.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica para la recolección de datos consistirá en la búsqueda exhaustiva y profunda de fuentes bibliográficas primarias y secundarias en la web o en bibliotecas, para tener información sobre el procedimiento de extracción con solvente de colorante de las hojas de nogal y de los análisis que se deben realizar tanto a la materia prima como al producto final que es la tela de algodón y de lana.

Los instrumentos de recolección de datos están conformados de las diversas bibliotecas a las cuales uno puede recurrir; así mismo de internet que brinda publicaciones de distintos países, de América de Sur.

En la parte experimental se han utilizado los siguientes **equipos y materiales**:

- Balanza de humedad Modelo Mx-50, tipo H.W. Kassel S.A.
- Recipiente de acero inoxidable de 4 l de capacidad
- Colador fino para filtrar los extractos de colorante
- Vaso de precipitado de 250ml, 500ml y 1000ml.
- Balanza electrónica
- Mecheros
- Baguetas, Tijeras
- Alumbre (Sulfato de potasio y de aluminio)
- Ácido tartárico
- Sulfato cúprico
- Tricloruro ferrico
- Dicromato de potasio
- Sulfato ferroso
- Estufa con circulación de aire caliente

4.6 Análisis y procesamiento de datos

El trabajo utilizó el método instrumental de evaluación de color por procedimientos del uso del espectrofotómetro Data Color Spectraflash 600 plus SF600 Plus Close Tolerance conectado al software Color Tools QC, que da validez cuantitativa al proceso de evaluación de color, solamente para el caso de mordentado y teñido de las fibras y e hilado de lana de oveja.

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

Los resultados de humedad obtenidas de las hojas fresca han sido en el rango de 62.0 % a 67.1 %. Las tonalidades de teñido comparados con las mismas concentraciones de las soluciones obtenidas a partir de las hojas de nogal hojas frescas y utilizando la misma sal mordiente ha variado, siendo más intenso en el teñido de la lana de oveja y prácticamente muy poco para las telas de algodón. Las solidesces al lavado y a la luz para lana de oveja han sido muy buenas y mala para el algodón. Los resultados se indican en la tabla 7.

Tabla 7.

Porcentaje de humedad de hojas de nogal frescas

Nº prueba	Tipo de hoja	Peso (gramos)	% Humedad
1	fresca (3días)	1.12	67.1
2	fresca (3días)	1.11	67.23
3	fresca (3días)	1.10	66.97
4	fresca (3 días)	1.00	66.50
5	fresca (5días)	1.00	64.20
6	fresca (5días)	1.03	63.11
7	fresca (5 días)	1.00	63.22
8	fresca (5 días)	1.00	62.11

(Fuente: Elaboración propia)

Resultados del objetivo general

Para determinar los parámetros de mordentado (temperatura y tiempo) se han hecho las pruebas indicadas en las tablas:

Tabla 8.

Determinación de los Parámetros de Mordentado para lana de oveja mordentada con alumbre y ácido tartárico, así como con sulfato cúprico y con cloruro de estaño y posterior teñida con solución extracto de nogal de concentración 1%.

Muestra	Tiempo		Temperatura	
	30'	60'	80°C	100°C
Mordentada con alumbre (25%) y ácido tartárico (6%) y posterior teñida con extracto de nogal				
Mordentada con sulfato cúprico (6%) y posterior teñida con extracto de nogal.				
Mordentada con cloruro de estaño (6%) posterior teñida con extracto de nogal				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Determinación de los Parámetros de Mordentado para lana de oveja mordentada con sulfato ferroso, tricloruro ferrico y dicromato de potasio y posterior teñida con solución extracto de nogal de concentración 1%.

Muestra	Tiempo		Temperatura	
	30'	60'	80°C	100°C
Mordentada con sulfato ferroso (6%) posterior teñida con extracto de nogal				
Mordentada con cloruro ferrico (6%)				
Mordentada con dicromato de potasio (6%)				

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión se determina los parámetros de mordentado con los 6 tipos de sales mordientes son la temperatura de 100°C y tiempo de 30 minutos y que se indican en las figuras:

- a) Para lana mordentada con Alumbre y ácido tartárico y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

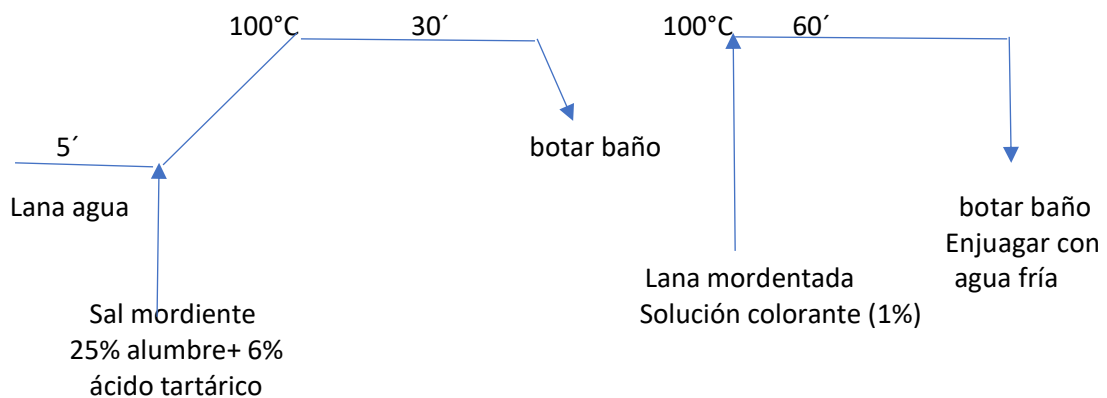


Figura 16. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con alumbre y ácido tartárico.

Fuente: Elaboración propia

b) Para lana mordentada con Sulfato cúprico y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

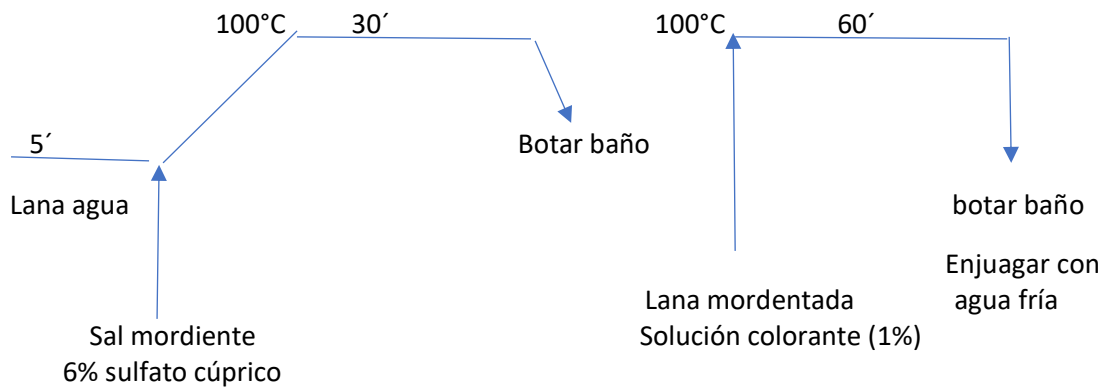


Figura 17. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con sulfato cúprico.

Fuente: Elaboración propia

c). Para lana mordentada con Sulfato ferroso y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

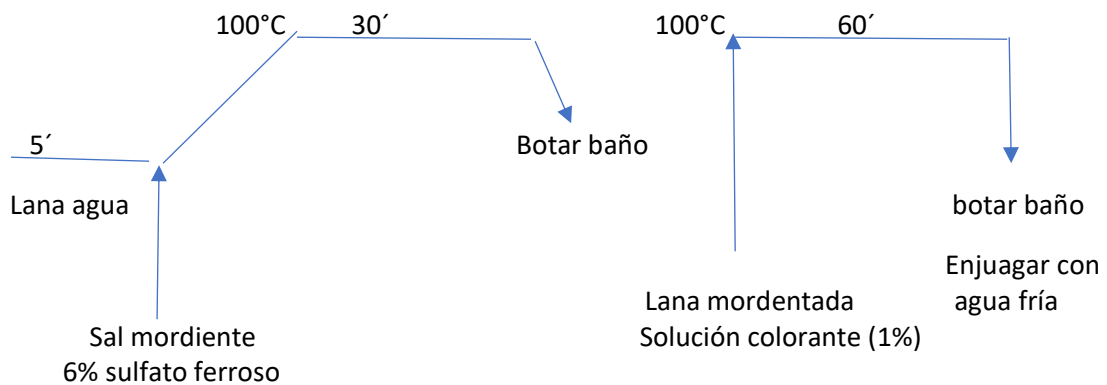


Figura 18. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con sulfato ferroso.

Fuente: Elaboración propia

d) Para lana mordentada con Cloruro ferrico y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

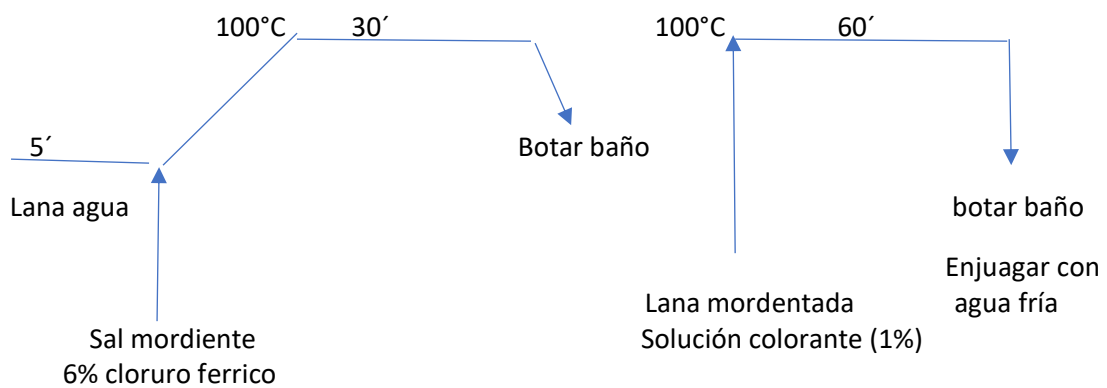


Figura 19. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con cloruro ferrico

Fuente: Elaboración propia

- e) Para lana mordentada con dicromato de potasio y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

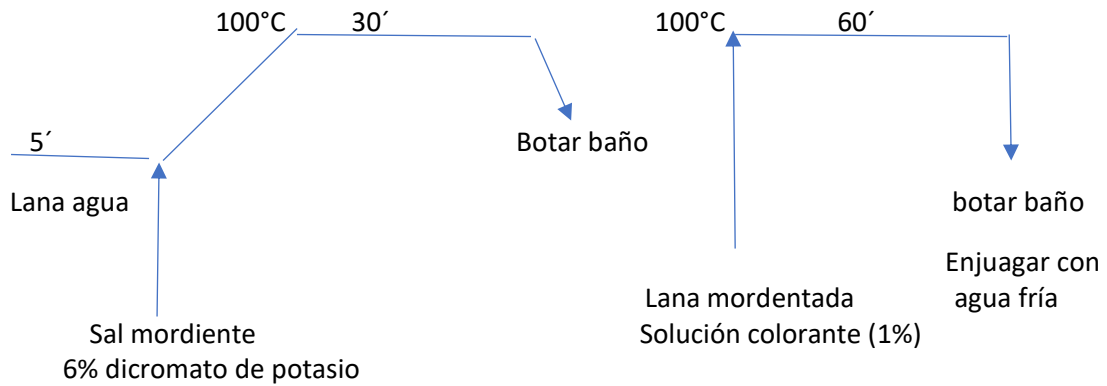


Figura 20. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con dicromato de potasio.

Fuente: Elaboración propia

- f) Para lana mordentada con Cloruro de estaño y teñida con solución acuosa de 1% del nogal

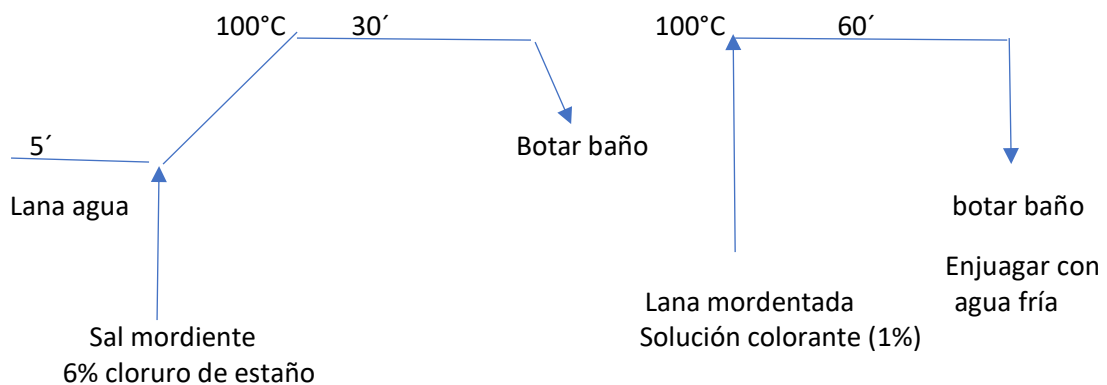


Figura 21. Curva de teñido con extracto de nogal y mordentado con Cloruro de estaño.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, los parámetros definidos para el proceso de mordentado han sido los siguiente:

- Temperatura de mordentado = 100 °C porque a temperatura menor la intensidad de color de las fibras de lana teñida es más débil.
- Tiempo de mordentado = 30 minutos

A mayor tiempo no hay cambio en la intensidad (fuerza) del color.

Las siguientes figuras indican las cartas de colores obtenidas en cada caso de la sal utilizada. Siempre se hace la comparación del teñido con sal y sin sal mordiente.

Los resultados de colores obtenidos en cada caso de mordiente se indican en las siguientes figuras:

Mordiente: Alumbre y ácido tartárico

Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente Alumbre + Acido tartárico	Mordiente Alumbre + Acido tartárico	Mordiente Alumbre + ácido tartárico
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3

Figura 22. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: Alumbre + ácido tartárico)

Fuente: Elaboración propia

Mordiente: CuSO_4 Lana de oveja			
Patrón Sin mordiente	Mordiente CuSO_4		
Lote 1	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Lote 2			
Lote 3			

Figura 23. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: Sulfato cúprico)

Fuente: Elaboración propia

Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente FeSO_4	Mordiente FeSO_4	Mordiente FeSO_4
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3

Figura 24. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: FeSO_4)

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: FeCl_3)

Fuente: Elaboración propia

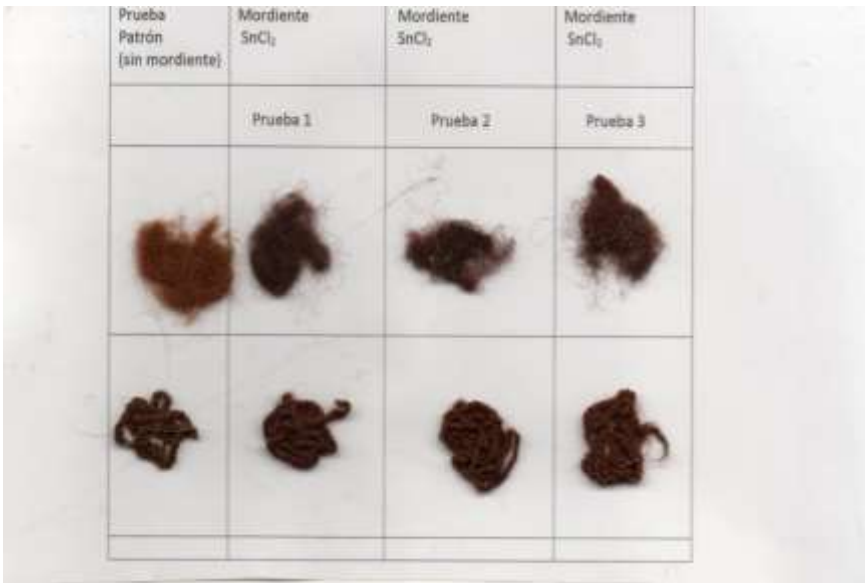


Figura 26. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: SnCl_2)

Fuente: Elaboración propia

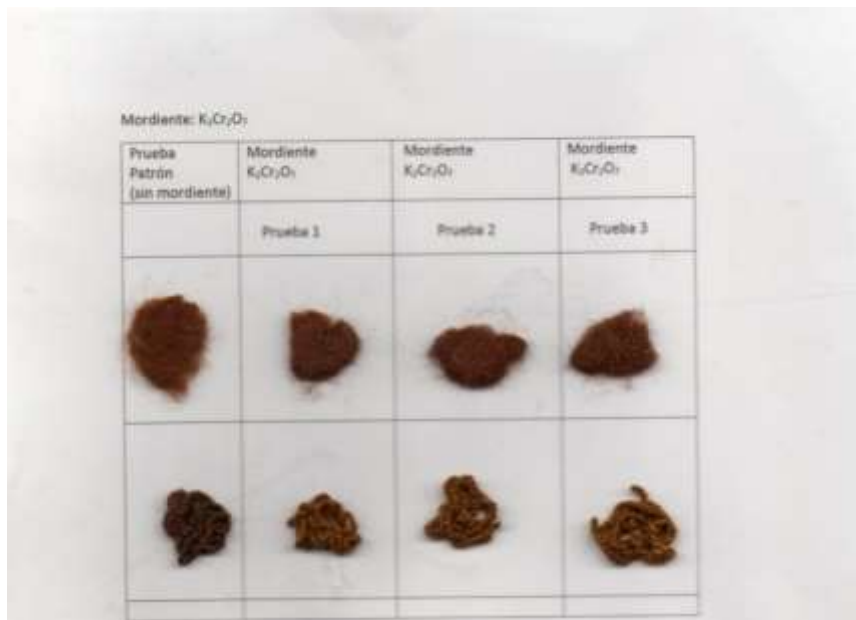


Figura 27. Carta de colores comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja (Mordiente: $K_2Cr_2O_7$)

Fuente: Elaboración propia

Resultado de solidez para las fibras teñidas.

Solidez a la luz

Los resultados de solidez a la luz, se han interpretado según Tabla 6 que indica la valoración de solidez y son los siguientes:

Las fibras lana de oveja e hilado lana de oveja han presentado una solidez de 4 a 5, el hilado de lana de alpaca una solidez del rango 3 a 4, mientras las telas de algodón una solidez alrededor de 1 a 3.

Solidez al lavado

Se utilizó un lavado por 15 minutos, se enjuagó y se analizó si presenta manchas o si existe sangrado de color.

Las lanas de oveja y de alpaca presentan una muy buena solidez, pero el algodón presento sangrado de color.

5.2 Resultados inferenciales.

La naturaleza de este trabajo no permite indicar resultados inferenciales, pero se van indicar resultados obtenidos por métodos instrumentales, usando el espectrofotómetro Data color.

5.3. Otros tipos de resultados por método instrumental

El color obtenido se interpreta a través del espectrofotómetro Data Color.

La evaluación de color por procedimientos del uso del espectrofotómetro de Data color Spectraflash 600 plus SF600 Plus Close Tolerance conectado al software Color Tools QC, da validez cuantitativa al proceso de evaluación de color.

Diferencia de color: DE (CMC) (2:1).

Al describir las diferencias de color entre el Estándar y la Muestra se usa el sistema C.I.E

Las tres dimensiones que describen un color son :

La **Luminosidad (L*)** representa el grado de Luminosidad (Valor) e indica la dimensión de claridad y oscuridad de un color. Los colores oscuros tienen valores bajos de L* , mientras que una muestra blanca perfecta tiene un valor de L* de 100.

C* Chroma representa el grado de brillantez o Saturación.

El Chroma se define como el grado de pureza, saturación o brillantez para un color dado.

Las muestras que tienen un valor bajo de Chroma pueden ser tonos blancos, grises o negros.

H* o matiz representa la tercera dimensión del color. El matiz de un color es asociado con la dimensión de tono, o tinte tal como rojo, verde, azul, amarillo, violeta, etc.

El color también se describe en las dimensiones C.I.E tales como **a* rojo/verde, y b* amarillo/azul.**

A* representa la coordenada Rojo/Verde de un color.

B* representa la coordenada Amarillo/Azul de un color.

En el sistema C.I.E. para comunicar el color, las diferencias de color pueden ser comunicados de manera siguiente:

dL^* = diferencia en luminosidad entre el estándar y la muestra. En nuestro caso el color del estándar es muestra teñida sin sal mordiente.

+ dL^* = Más claro

- dL^* = Mas oscuro

dC^* = diferencia en croma

+ dC^* = Mas vivo

- dC = Mas Apagado

dH^* = diferencia en tono o matiz

+ dH^* = Varia

- dH^* = varia

Da* = diferencia en rojo/verde

+da* = Mas rojo

-da* = Mas verde

Db* = diferencia en amarillo

+db = Mas amarillo

-db* = Mas azul

Iluminante representa la fuente de luz primaria (Luz del Dia) D65.

Observador:

DE (CMC): Tolerancia y factor Comercial con una relación de (2:1) es la ecuación de diferencia de color recomendada.

El factor comercial o tolerancia es determinado por un panel de coloristas, mediante evaluación visual. Los resultados de este trabajo, indican la diferencia promedia entre el color de la muestra patrón (sin estar teñida) y muestras teñidas.

En el caso de la presente investigación se toma como la muestra patrón, la muestra teñida sin haber sido previamente mordentada. Esta muestra se compara con las muestras teñidas en las mismas condiciones pero que han sido previamente mordentadas con diferentes sales mordientes y que se indican a continuación:

Diferencia de color de la muestra teñida sin sal mordiente y con sal mordiente según sistema DE (CMC):

Caso 1:

En el caso 1 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin haber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **alumbre (25%) y ácido tartárico (6%)**.

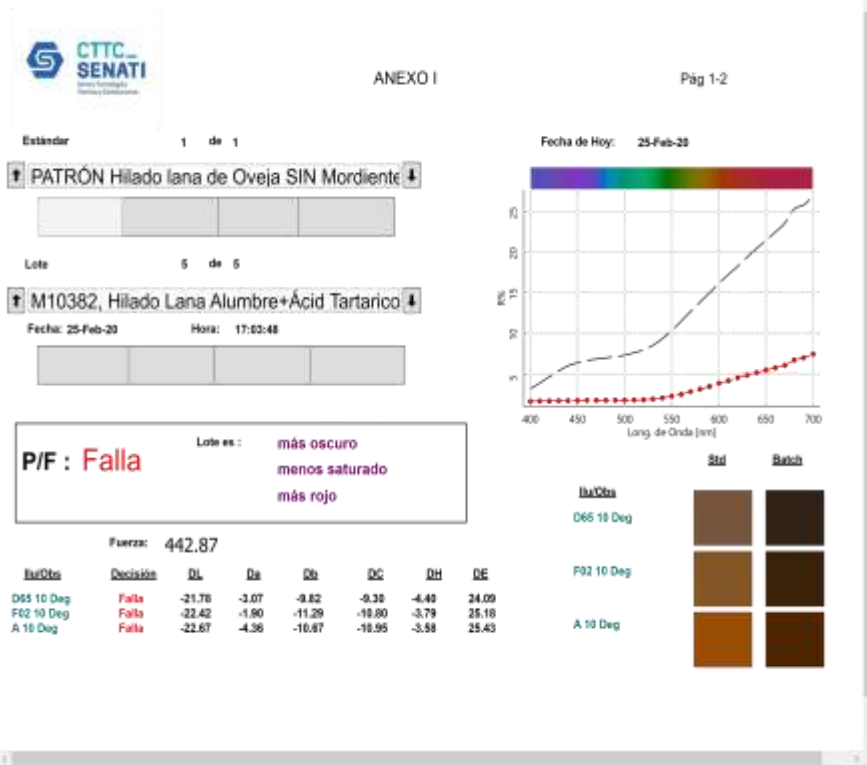


Figura 28. Lectura de color con respecto a la muestra de hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con una mezcla de alumbre y ácido tartárico.

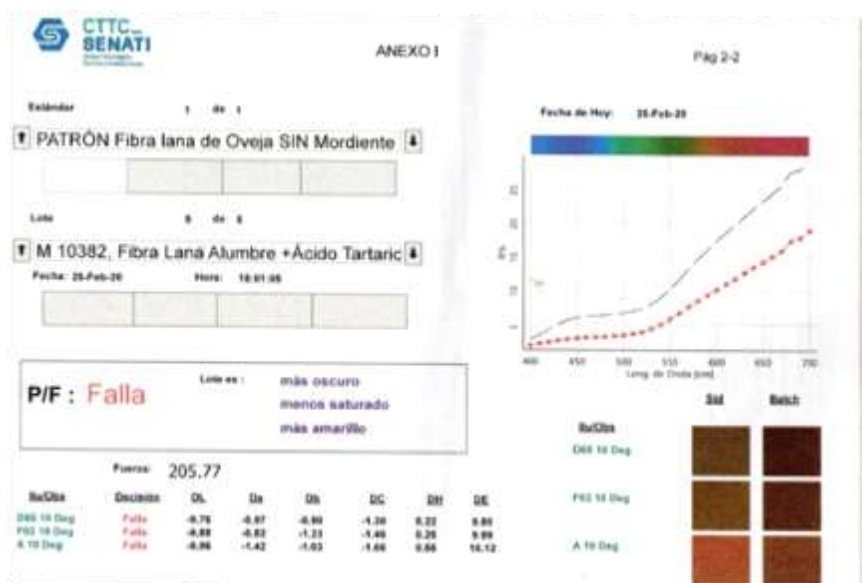


Figura 29. Lectura de color con respecto a la muestra de Fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con una mezcla de alumbre y ácido tartárico.

Al analizar los resultados en las lecturas de los datos arrojados por el instrumento Data Color se observa que en el caso de hilado de lana de oveja el color es marrón más oscuro y menos saturado que la muestra patrón y contiene más rojo, pero en el caso de la fibra lana de oveja, el color es marrón más amarillo y menos saturado.

Caso 2:

En el caso 2 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin saber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **sulfato cúprico** (6%).

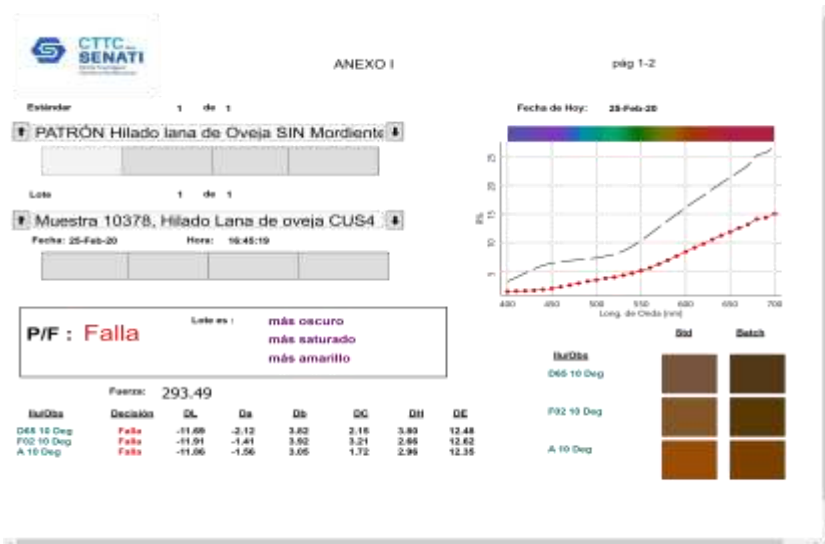


Figura30. Lectura de color con respecto a la muestra de hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con sulfato cúprico.

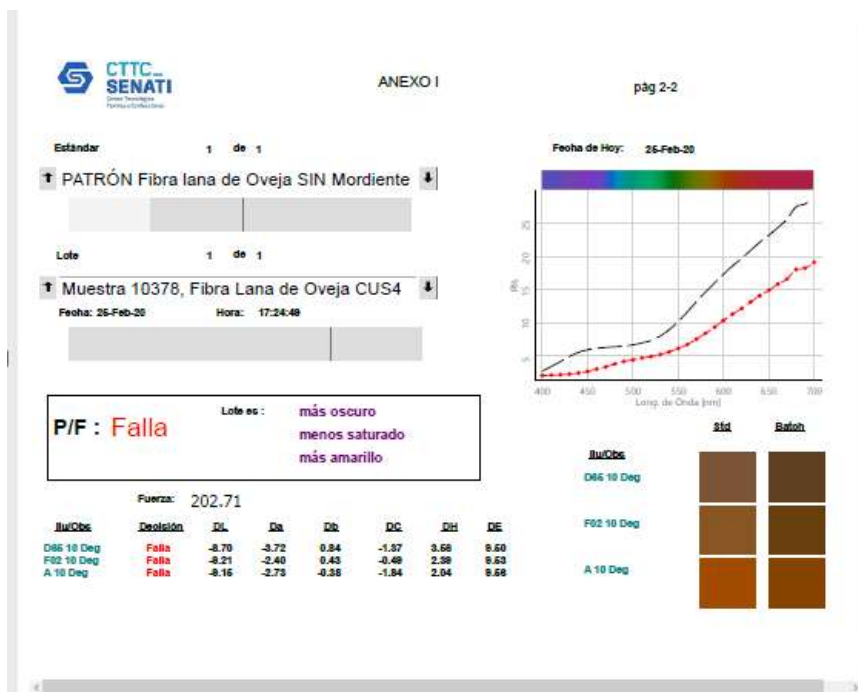


Figura 31. Lectura de color con respecto a la muestra Fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con sulfato cúprico.

Según el espectrofotómetro Data color en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente sulfato cúprico, el color de la muestra mordentada es un color marrón más oscuro, más saturado y contiene más amarillo para la muestra de hilado lana de oveja, pero para la fibra lana de oveja el color es más amarillo y menos saturado.

Caso 3:

En el caso 3 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin haber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **sulfato ferroso** (6%).

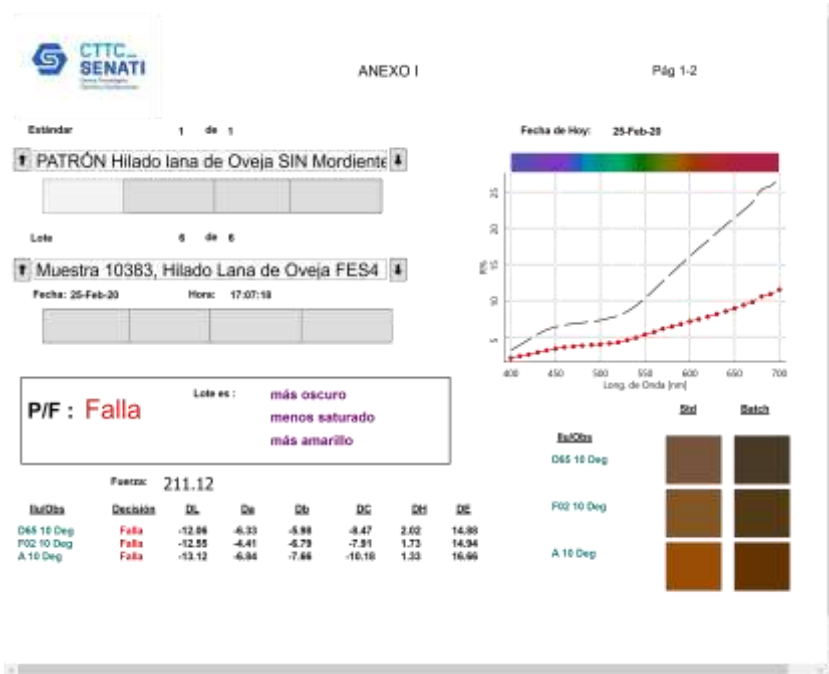


Figura 32. Lectura de color con respecto a la muestra hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con sulfato ferroso.

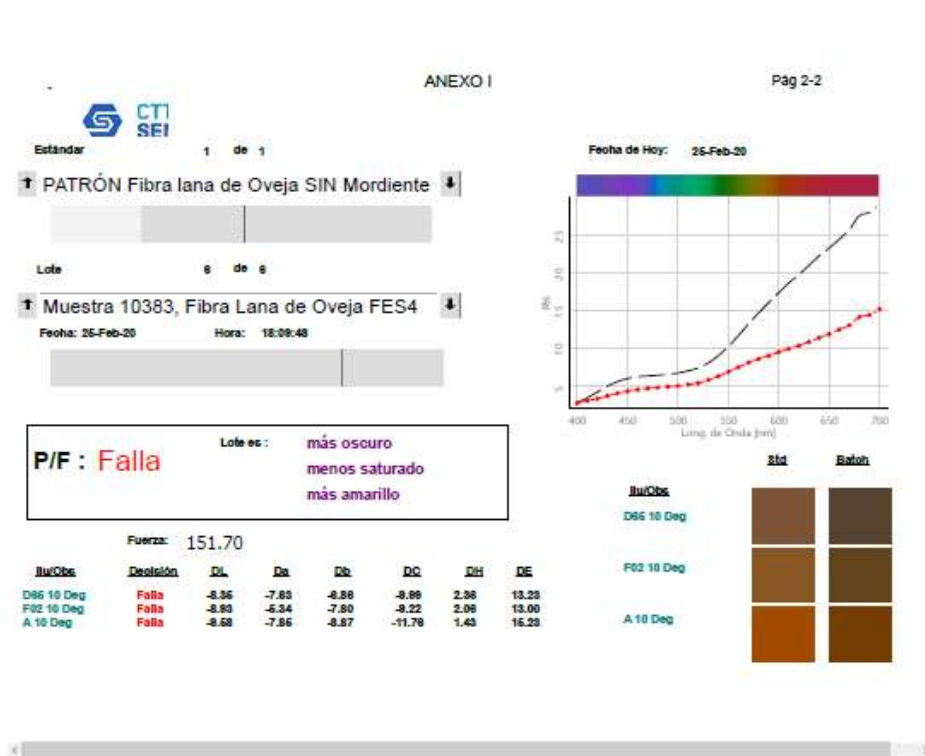


Figura 33. Lectura de color con respecto a la muestra de fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con sulfato ferroso.

Según el espectrofotómetro Data color en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente sulfato ferroso, el color de la muestra mordentada es un color marrón más oscuro, menos saturado y contiene más amarillo para los dos tipos de muestras de hilado lana de oveja y fibra lana de oveja.

Caso 4:

En el caso 4 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin haber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **tricloruro ferrico** (6%).



Figura 34. Lectura de color con respecto a la muestra hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con tricloruro ferrico.
Elaboración propia

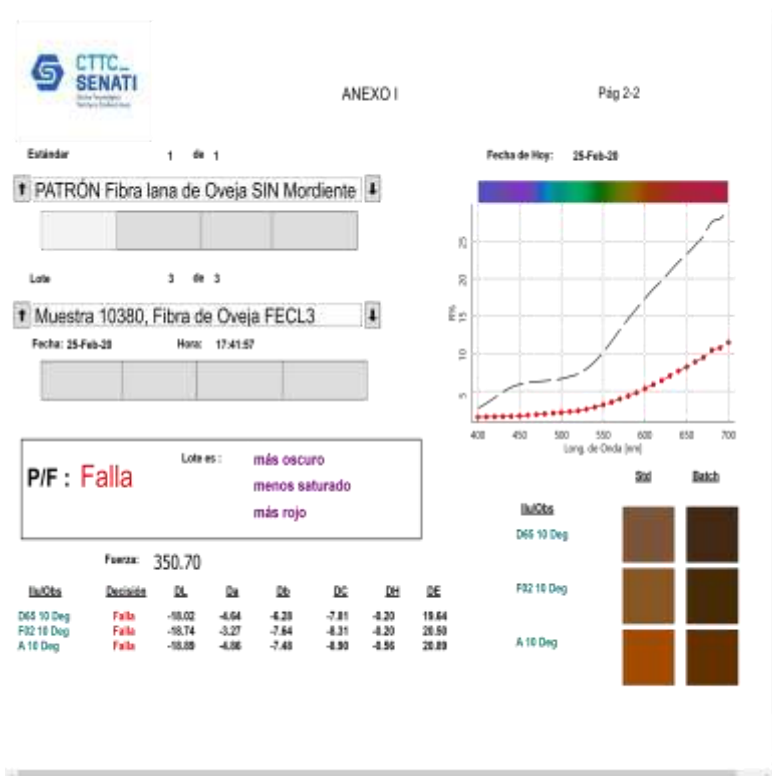


Figura 35. Lectura de color con respecto a la muestra fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con tricloruro ferrico.

Según el espectrofotómetro Data color en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente tricloruro ferrico, el color de la muestra hilado lana de oveja mordentada es un color marrón más oscuro, menos saturado y contiene más amarillo, pero para la muestra de fibra lana de oveja el color es más oscuro y más rojo y menos saturado.

Caso 5:

En el caso 5 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin haber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **dicromato de potasio** (6%).

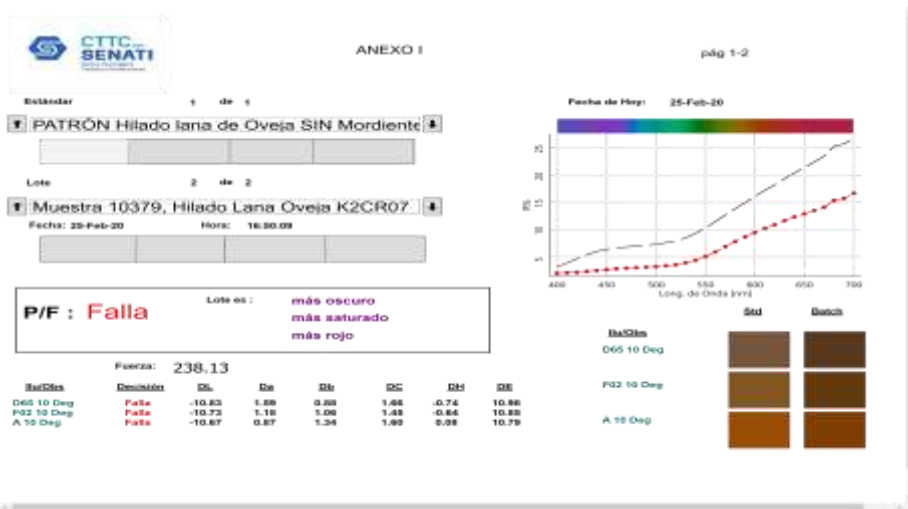


Figura 36. Lectura de color con respecto a la muestra de hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con dicromato de potasio.

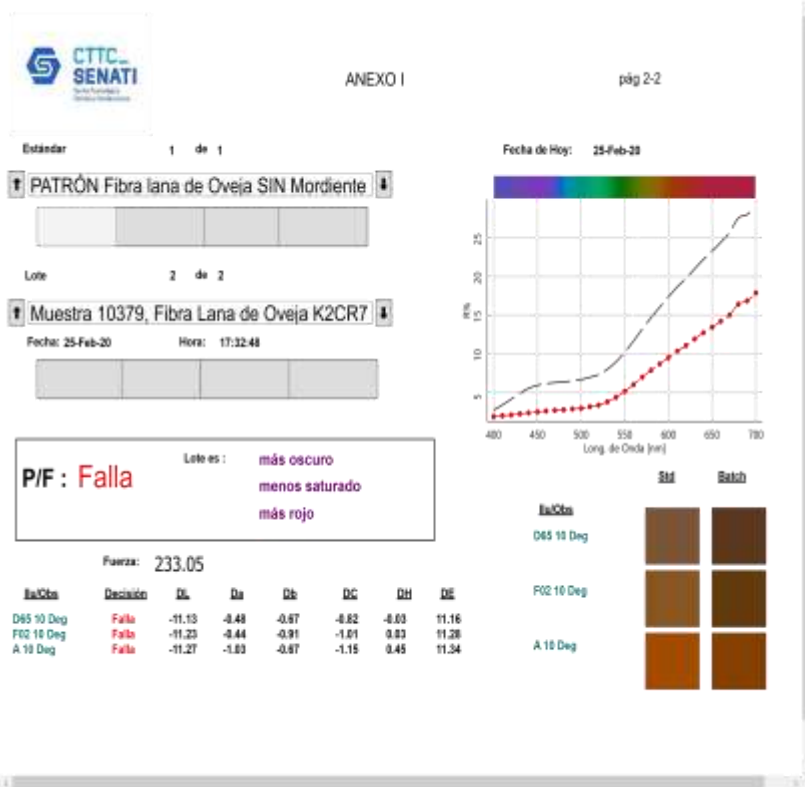


Figura 37. Lectura de color con respecto a la muestra fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con dicromato de potasio.

Según el espectrofotómetro Data color en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente dicromato de potasio, el color de la muestra hilado lana de oveja mordentada es un color marrón más oscuro, más saturado y contiene más rojo, pero para la muestra de fibra lana de oveja el color es más oscuro y más rojo y menos saturado comparado con la muestra teñida sin sal mordiente, que en este caso es considerado como muestra patrón.

Caso 6:

En el caso 6 se trata de la interpretación de las diferencias de color (DE) entre muestra patrón (teñida sin haber sido mordentada) y las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja teñidas y mordentadas con **cloruro de estaño (6%)**.

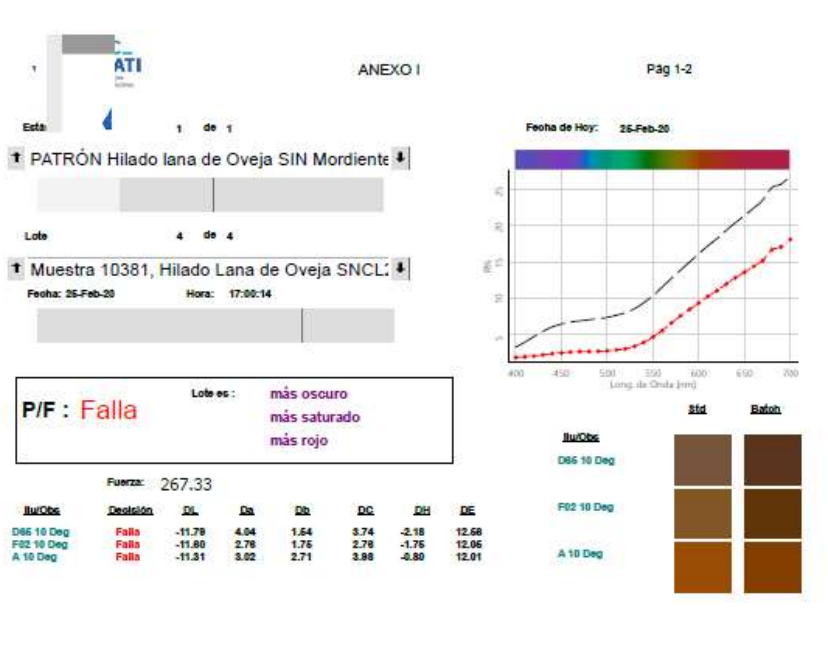


Figura 38. Lectura de color con respecto a la muestra hilado lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con cloruro de estaño.

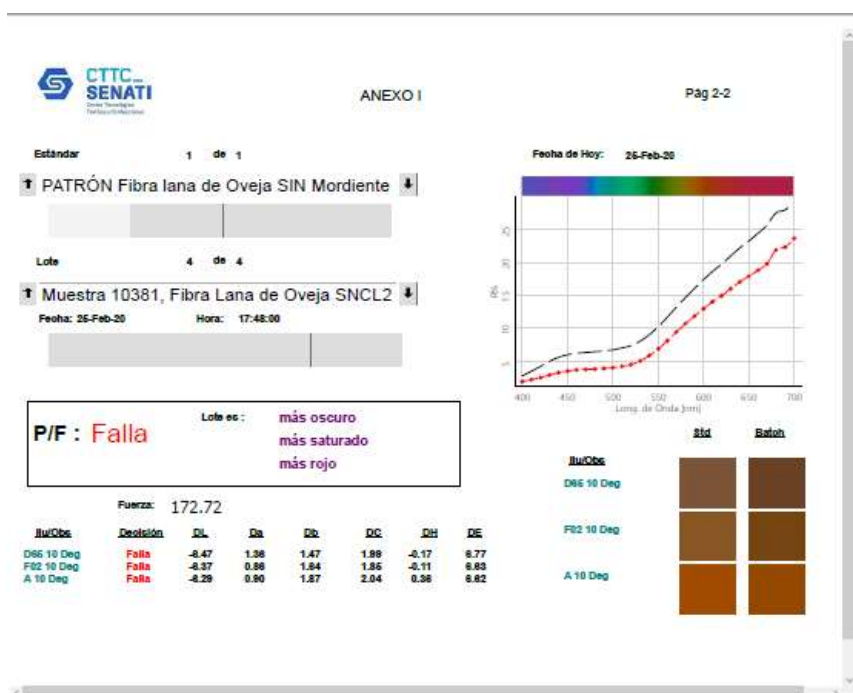


Figura 39. Lectura de color con respecto a la muestra fibra lana de oveja teñida sin sal mordiente y muestra teñida y mordentada con cloruro de estaño.

Según el espectrofotómetro Data color en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente cloruro de estaño, el color de las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja mordentada es un color marrón más oscuro, más saturado y contiene más rojo.

En conclusión, al analizar las informaciones indicadas por los gráficos elaborados por el espectrofotómetro DATA COLOR en las pruebas de teñido de lana de oveja y de fibra de lana de oveja utilizando como mordiente sulfato ferroso, tricloruro ferrico cloruro de estaño, el color de las muestras hilado lana de oveja y fibra lana de oveja es marrón más oscuro, más saturado y contiene más rojo.

En el caso de teñido de las fibras lana de oveja e hilado lana de oveja previamente mordentadas con sales mordientes de dicromato de potasio, alumbre con ácido tartárico y sulfato cúprico son de color marrón más oscuro, más saturado de matiz amarillos.

Determinación de los parámetros de teñido de las muestras mordentadas

para determinar los parámetros de teñido de las muestras mordentadas (Intensidad de color (Fuerza) o DE (CMC) versus tipo de mordiente, se han hecho las pruebas indicadas en las tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Diferencia de color de la muestra teñida sin sal mordiente y con sal mordiente según sistema CMC (DE):

Tabla 10.

Parámetros de teñido de Lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con alumbre (25%) y 6 % ácido tartárico.

Replica	Fuerza	DE
1	205.77	9.85
2	255.77	11.20
3	342.87	12.34

Elaboración propia

Tabla 11.

Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con sulfato cúprico (6 %).

Replica	Fuerza	DE
1	202.71	9.50
2	252.71	11.00
3	293.49	12.48

Elaboración propia

Tabla 12.

Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con sulfato ferroso (6 %).

Replica	Fuerza	DE
1	151.70	13.23
2	171.70	13.50
3	211.12	14.48

Elaboración propia

Tabla 13.

Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con cloruro ferrico (6 %).

Replica	Fuerza	DE
1	361.28	17.30
2	355.60	18.20
3	350.70	19.64

Elaboración propia

Tabla 14.

Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con dicromato de potasio (6 %).

Replica	Fuerza	DE
1	238.13	10.98
2	235.13	11.00
3	233.05	11.16

Elaboración propia

Tabla 15.

Parámetros de teñido de lana con 1% de colorante (extracto de nogal) y mordentado con cloruro de estaño (6 %).

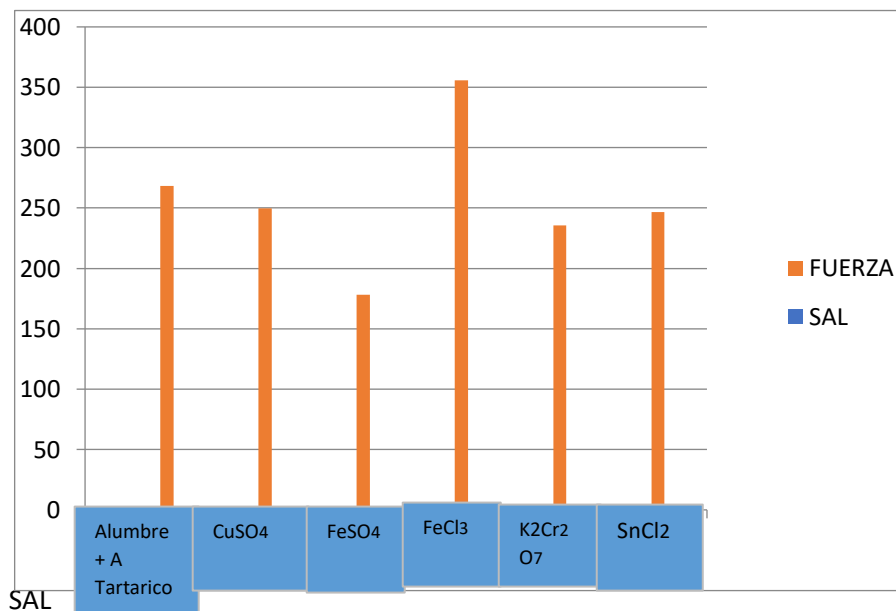
Replica	Fuerza	DE
1	267.33	12.56
2	235.13	11.05
3	172.72	6.77

Elaboración propia

El consolidado de los resultados de las repeticiones de los tratamientos de teñido de la lana mordentado con diversos sales mordientes se pueden observar en la tabla 16 y el grafico anexo a la tabla.

Tabla16
Consolidado de los resultados obtenidos en Data Color

SAL MORDIENTE	FUERZA	PROMEDIO	D E
Alumbre 25% y	205.77	268.14	9.85
Ácido Tartárico 6%	255.77		11.2
	342.87		12.34
CuSO ₄ (6%)	202.71	249.64	9.5
	252.71		11
	293.49		12.48
Fe SO ₄ (6%)	151.7	178.17	13.23
	171.7		13.13
	211.12		14.88
FeCl ₃ (6%)	361.28	355.86	17.3
	355.6		18.2
	350.7		196.64
K ₂ Cr ₂ O ₇ (6%)	238.13	235.44	10.98
	235.13		11
	233.05		11.16
SnCl ₂ (6%)	267.3	246.44	12.56
	299.3		11.06
	172.72		



Elaboración propia

Al graficar los resultados de intensidad o fuerza del color versus tipo de sal mordiente, se observa que, en el caso del sulfato ferroso, la intensidad es mucho más baja que en caso de las demás sales mordientes. La cantidad de pruebas analizadas por Data Color han sido en número de tres, probablemente las muestras analizadas no han sido las más indicadas. Al estudiar visualmente, la mayoría de las muestras teñidas y mordentadas con sulfato ferroso tiene un color muy cercano a las muestras teñidas y mordentadas con tricloruro ferrico, cuya intensidad es mucho más alta. En los demás casos se puede afirmar que las intensidades del color son muy cercanas, variando la matiz o tono.

En conclusión, se debe precisar que la hipótesis planteada de teñir y mordentar las fibras naturales de estructura proteínicas como las lanas de oveja, se pueden realizar en condiciones óptimas con extracto natural de las hojas de nogal frescas y que, debido a la presencia de sales mordientes, se obtienen una mayor gama de tonalidades del color marrón, desde color marrón más oscuro de matiz amarillo hasta marrón más oscuro de matiz rojo.

Los parámetros de teñidos se han definido en base a los resultados que indican de los gráficos elaborados por espectrofotómetro Data Color.

- Tiempo de teñido = 60 minutos
- Temperatura de teñido = 100°C
- Concentración del colorante = 1%

CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Los resultados de las pruebas experimentales indican los parámetros de mordentados de la lana de oveja, así como los parámetros de teñido de lana mordentada.

Por lo tanto, los parámetros definidos para el proceso de mordentado han sido:

- Temperatura de mordentado = 100 °C porque a temperatura menor no influye en la intensidad de color de las fibras de lana teñida.
- Tiempo de mordentado = 30 minutos

Los parámetros de teñidos se han definido en base a los resultados que indican de los gráficos elaborados por espectrofotómetro Data Color.

- Tiempo de teñido = 60 minutos
- Temperatura de teñido = 100°C
- Concentración del colorante = 1%

Concentración de las sales mordiente en base al peso de la muestra han sido:

- Alumbre (25%) con ácido tartárico (6%)
- Sulfato cúprico (6%)
- Sulfato ferroso (6%)
- Tricloruro ferrico (6%)
- Dicromato de potasio (6%)
- Cloruro de estaño (6%)

También, en el presente trabajo de investigación se han hecho pruebas de teñido de las telas de algodón, así como hilado lana de alpaca. En el anexo se presentan las cartas de colores obtenidos en cada caso de sal mordiente. En el caso del teñido de las telas de algodón que han sido previamente mordentado han dado como resultados telas teñidas que a veces presentan manchas y poca resistencia al lavado, a la exposición en la luz solar, al frote y por lo tanto no se han tomado en cuenta para el estudio instrumental. El tipo de teñido aplicado es un método de teñido directo. La explicación en el caso del algodón consiste en que la estructura del colorante no es afín a la composición de la estructura del algodón.

Para los casos de teñido de hilado de lana de alpaca, los resultados son parecidos al teñido de la lana de oveja, pero los colores son un poco más claros y menos sensibles al tipo de sal mordiente.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Esta investigación se puede contrastar con el trabajo de investigación elaborado por Ing. Carmen M. Luna y Ing. Gladis E. Reyna Mendoza titulado "Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal". El teñido de la lana de oveja se ha evaluado al variar la temperatura, pero sin la presencia de sales mordientes. Las tonalidades de color obtenidas son alrededor de beige hasta marrón. También se ha hecho comparación con el trabajo de investigación realizado por la Investigadora Luna Chávez C. (2013). *Teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, en frío*. UNAC, investigación que analizo el proceso de teñido a temperaturas bajas, sin el uso de sales mordientes. Otras comparaciones que se han tomado en cuenta han sido trabajos artesanales como se indica por ITACAB en la ficha tecnológica "Teñido de lana con

nogal, Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales. Ficha tecnológica 296. Perú., en los cuales no se indican el matiz de un color, sino solamente el color. La sal mordiente utilizada comúnmente ha sido el alumbre con ácido tartárico.

Por otro lado, de la información sobre los diferentes teñidos en base a tintes naturales aplicados sobre lana por medio de mordientes, recopilados en soluciones prácticas por técnicas ancestrales de artistas textiles de Perú y Bolivia (Pazos, 2017) se confirma el uso frecuente de teñidos con colorantes naturales entre lo cual se incluye el teñido de la lana con nogal en presencia de alumbre como sal mordiente.

Ponce Guevara (2011) indica la elaboración de tintes naturales a partir de la planta de nogal y que se usa para el teñido de la lana.

Martínez (2017) presenta un workshop de teñido con colorantes naturales entre los cuales está el uso del extracto de nogal en teñido de lana en presencia de sales mordientes como el alumbre.

La contribución de este trabajo consiste en que al usar varias sales mordientes y al mismo tiempo utilizar el espectrofotómetro **data color** para leer exactamente la fuerza o intensidad de color y el matiz del color, los resultados son más exactos y variados, datos necesarios para poder aplicar este método industrialmente, donde se necesita valoración exacta de un color.

6.3 Responsabilidad ética

El presente trabajo se basa sobre la experiencia como docente y estudios del teñido en las prácticas de laboratorio de Química orgánica II, así como en base a los otros estudios de teñido con colorantes naturales.

CONCLUSIONES

En primer lugar, se debe precisar que los objetivos propuestos de mordentar y teñir fibras naturales de estructura proteínicas como la lana se pueden realizar en condiciones óptimas con extracto natural de las hojas de nogal frescas. Temperatura de mordentado determinada es de 100°C, tiempo de mordentado de 30 minutos. Las concentraciones de las sales mordientes se han tomado respecto al peso de la lana, que han sido:

- Alumbre (25%) con ácido tartárico (6%)
- Sulfato cúprico (6%)

- Sulfato ferroso (6%)
- Tricloruro ferrico (6%)
- Dicromato de potasio (6%)
- Cloruro de estaño (6%)

Los parámetros de teñidos se han definido en base a los resultados que indican de los gráficos elaborados por espectrofotómetro Data Color.

- Tiempo de teñido = 60 minutos
- Temperatura de teñido = 100°C
- Concentración del colorante = 1%

El uso del espectrofotómetro Data Color nos permite determinar exactamente el color con su matiz, respectivamente obteniéndose color marrón de matiz amarillo o marrón de matiz rojo, que difiere para cada tipo de sal mordiente.

RECOMENDACIONES

El estudio del teñido mordentado de las fibras naturales como la lana de oveja con extracto de las hojas de nogal se recomienda continuar para otras fibras naturales como la lana de alpaca.

Es importante analizar parámetros como la concentración del colorante, tiempo de mordentado, temperatura de mordentado, así como el efecto de las sales mordientes para el teñido de las fibras proteicas.

Es necesario usar el espectrofotómetro **data color** para medir exactamente el color y su matiz.

Se recomienda teñir el algodón, pero se debe tomar en cuenta ingredientes auxiliares que contribuya a la solidez del color a la intemperie, luz solar y lavado. Los porcentajes de sales mordientes deben ser lo mínimo posible, así también se debe controlar el tiempo de mordentado, para que no se destruya las fibras de algodón o lana.

Las sales mordientes como cloruro de atacan la calidad de la fibra de lana, por eso se recomienda usar como mordientes productos naturales vegetales y no sales inorgánicas.

Se recomienda estudiar la variación del color del teñido sobre las fibras mordentadas al cambiar las concentraciones de los extractos de colorantes, así como el tiempo de teñido.

En anexo del presente trabajo se indican los resultados del teñido de las telas de algodón y de las fibras de lana de alpaca para poder estudiar mas detenido el teñido de estas fibras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alain Chrismont (1998). *Color, Colorimetría* Paris.p.3 Editoreal 3C Conseil.
- Carey, F. A. (2006) *Química Orgánica*, Mexico, editoreal Mc.Graw Hill.
- Data color (2005) Guía de color para telas con colores sólidos, p.1-4.
- Floru.L.; Langfeld H. W; Tarabasanu, C. (1991).
Coloranti azoici, Romania, editorial Técnica Bucuresti
- Gibaja, S. (1988) *Pigmentos naturales quinónicos*. Lima Perú. Edición Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Khan M.A. Khan (2006) M. Colourage, 7, 2006.
- ITACAB, Teñido de lana con nogal, Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales. Ficha tecnológica 296. Perú.
- Luna Chávez, C.M. (2013). *Teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, en frío*. UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2013>.
- Luna Ch., C.; Reyna M. G. (2015). *Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal* UNAC. Peru
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1057>
- Machaca, A.V. Bustinza Ch. F.A. Corredor A., V. Paucara O. E.E. Quispe P. R. (2015)
Fiber characteristics of huacaya alpaca at cotaruse, Apurímac, Perú
- Martínez Laura, Dis. INTI TEXTIL (2017). Workshop *Teñido con colorantes naturales sobre lana*. Buenos Aires, Argentina
- Melanie, M. (2009). *La química orgánica y los colorantes*. Monterey. México Instituto Tecnológico de Estudios Superiores.
- McRae, B. 1993. *Colors from nature: Growing, collecting & using natural dyes*. Storey Publishing, United States. 160 p.
- Obando Portillo Ruth Elizabet (2013). *Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales*, Ibarra, Ecuador. www.ecotintes.com/content/es/nogal

Ocampo Dávila S.S. (2019) *Optimización del proceso de teñido reactivo de tejidos de algodón sin afectar la apariencia y la solidez al lavado, en el área de tintorería*, Edición Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Pazos, Shirley (2017) *Compilación Soluciones Prácticas; Teñido en base a tintes naturales: conocimiento y técnicas ancestrales de artistas textiles de Perú y Bolivia / Lima Perú*

Pereira Boitano J. (2014) *Control del Proceso de Teñido de las Fibras de Algodón*, UNI- Lima Perú

Polo//Romano, Maribel G. Giudicissi (2006). *Las plantas tintoreras*.

Ponce Guevara M y Morales Jacome D.(2011) “*Estudio de procesos de elaboración de tintes naturales con dos especies vegetales “Nogal” (Junqlans neotropica) y “Guarango” (Caesalpinia spinosa) y propuesta de revalorización de saberes ancestrales con las mujeres de la Asociación de Artesanas “Wuarimi Maki” comunidad de Peguche en el Cantón Otavalo*” Ibarra Ecuador

<http://tex-eco-sost.blogspot.com/2006/09/colorantes-naturales.html>

Raja.V., Vasugi, Kala. *Journal textil Association*. 3, 2005

Rodriguez, M. (1995) *Citoquinas y Piel (Parte I)*. Inmunohematología. Folia Dermatológica Peruana - Vol. 6 ' N° 3

Sumate Boonkird T.J. (2008) *Ultrasonics sonochem. Características de la Fibra de Alpaca Huacaya de Cotaruse, Apurímac, Perú*

Samuel G. (2012). *Teoría del color*. <http://es.scribd.com/doc/110721380/Colorantes>.

Stanciuc, V. (2018) *Colorantes orgánicos en Industria Química*, UNAC, Callao.

Vankar P.S., Tiwari V. Ghopade B. (2001) *Proceeding of convention of natural dyes*. Delhi, 53.

L.G, Wade Jr. (2018) *Química Orgánica*. Madrid, España, editorial Pearson.

Weissemell,K. (1981).*Química orgánica industrial* España. Edición Reverte.

Ing. STANCIUC STANCIUC DE PALMA, VIORICA
Profesor responsable

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
X: Teñido mordentado de fibras naturales con colorante extraído de las hojas de nogal	Tiempo de teñido y mordentado Rango de temperatura	Características físico-químicas de las fibras teñidas	Relacionando las variables Independientes Y1, Y2 y Y3
VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
Y1: Características de la materia prima (hojas de nogal)	Porcentaje de humedad, cenizas	% de humedad, contenido de cenizas	Secado en mufla, molienda,
Y2: Características de las fibras de algodón y lana	Longitud de la fibra, diámetro, peso específico, etc.	Longitud de la fibra, diámetro, peso específico, etc.	
Y3: Método adecuado de teñido con colorante de las hojas de nogal	Tiempo de teñido Rango de temperatura	Color, resistencia al lavado, a la luz, etc.	Pruebas experimentales

Y4 : Método adecuado de mordentado de las fibras de algodón y lana	Tipo de mordiente adecuado, cantidades Tiempo de mordentado Rango de temperatura		Pruebas experimentales
--	--	--	------------------------

Tablas comparativas de teñido mordentado de las los hilados de alpaca, algodón.

Los resultados comparativos de los teñidos se indican en las siguientes figuras:

- a) Sal mordiente alumbre con ácido tartárico y teñido con extracto de nogal para lana de alpaca y algodón.

LANA DE ALPACA + TELA ALGODÓN

MORDIENTE: Alumbre + Ácido tartárico









Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente Alumbre + Ácido tartárico	Mordiente Alumbre + Ácido tartárico	Mordiente Alumbre + Ácido tartárico
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca 			
Algodón 			

Figura A: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Alumbre y ácido tartárico)

Fuente: Elaboración propia

LANA ALPACA Y ALGODÓN
MORDIENTE: CuSO_4







Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente CuSO_4	Mordiente CuSO_4	Mordiente CuSO_4
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca			
Algodón			

Figura B: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Sulfato cúprico)

Fuente: Elaboración propia

LANA ALPACA + TELA ALGODÓN
MORDIENTE: FeSO_4







Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente FeSO_4	Mordiente FeSO_4	Mordiente FeSO_4
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca			
Algodón			

Figura C: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Sulfato ferroso)

Fuente: Elaboración propia

LANA DE ALPACA + TELA ALGODÓN

MORDIENTE: FeCl_3

Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente FeCl_3	Mordiente FeCl_3	Mordiente FeCl_3
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca			
Algodón			

Figura D: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Tricloruro férrico)

Fuente: Elaboración propia

LANA ALPACA Y TELA ALGODÓN

MORDIENTE: SnCl_2

Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente SnCl_2	Mordiente SnCl_2	Mordiente SnCl_2
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca			
Algodón			

Figura E: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Cloruro de estaño)

Fuente: Elaboración propia

LANA DE ALPACA + TELA ALGODÓN

MORDIENTE: $K_2Cr_2O_7$







Prueba Patrón (sin mordiente)	Mordiente $K_2Cr_2O_7$	Mordiente $K_2Cr_2O_7$	Mordiente $K_2Cr_2O_7$
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Alpaca			
Algodón			

Figura F: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de teñido de lana de alpaca y tela de algodón (Mordiente: Dicromato de potasio)

Fuente: Elaboración propia

