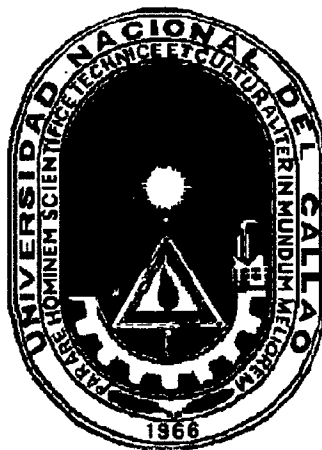
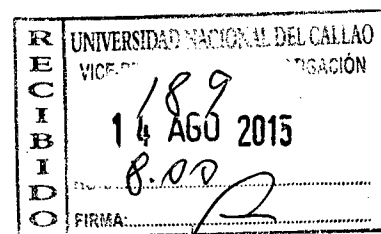


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA



llh Q.
Maurf
04/08/2015
15:30h.
254



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“Influencia de la temperatura en el teñido
de fibras proteínicas (queratina) con
hojas de nogal”**

AUTOR: Ing. CARMEN MABEL LUNA CHAVEZ

**PROFESOR COLABORADOR: Ing. GLADIS ENITH REYNA
MENDOZA**

**(Período de ejecución: Del 01 de Setiembre 2013 al 31 de Agosto 2015
Resolución N ° 831-2013-R. Resolución N ° 315-2013 - CFIQ)**

Callao, 2015

INDICE

I. INDICE	Pág. 01
1.1 Índice de tablas	02
1.2 Índice de figuras y gráficos	03
II. RESUMEN Y ABSTRACT	06
2.1 Resumen	06
2.2 Abstract	07
III. INTRODUCCIÓN	08
3.1 Problema de investigación	08
3.2 Importancia y Justificación	09
IV. MARCO TEORICO	10
4.1. Fibra proteínica: Lana	10
4.1.1. Fibras proteínicas	10
4.1.2. Lana	11
4.1.3. Propiedades de la Lana	15
4.1.4. Queratina	18
4.2. Nogal: colorante natural	21
4.2.1. Colorantes naturales	21
4.2.2. Generalidades del nogal	22
4.2.3. Taxonomía	22
4.2.4. Usos del nogal	23
4.2.5. Composición química	25
4.2.6. Extracción	26
4.3. Tintura	27
4.3.1. Factores que influyen en la cinética de la tintura	28
4.3.2. Métodos de tintura de la lana	30
4.3.3 Teñido con colorantes naturales	32

V. MATERIALES Y MÉTODOS ✓	33
5.1. Materiales	33
5.1.1. Equipos	33
5.1.2 Instrumentos	33
5.1.3 Insumos	33
5.2. Población y muestra	33
5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.	35
5.4. Técnica de análisis o métodos estadísticos utilizados	36
VI. RESULTADOS ✓	37
6.1 Carta de colores obtenidos a diferentes temperaturas	37
6.2 Evaluación instrumental del color	40
6.3 Análisis estadístico	53
VII. DISCUSIÓN ✓	55
VIII. REFERENCIALES ✓	57
IX. APÉNDICE ✓	59
X. ANEXOS ✓	60
10.1 Matriz de Consistencia	60
10.2 Tablas y figuras	61



INDICE DE TABLAS

Tabla N° 4.1 Clasificación de las fibras textiles	Pág. 10
Tabla N°4.2. Características físicas de la lana	17
Tabla N° 6.1 Diferencia de color en lanas no teñido (patrón)-teñido en primera corrida	52
Tabla N° 6.2 Diferencia de color para las muestras teñidas a la misma temperatura (corridas experimentales. 1-5)	52
Tabla N° 6.3 Diferencia de color para las muestras teñidas a la misma temperatura (corridas experimentales. 1-5)	53
Tabla N° 6.4 Teñido de lana expresado como ΔE con respecto a la temperatura de teñido en °C.	53
Tabla N° 9.1 Plan de pruebas experimentales	59



INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura N° 4.1. Partes de la piel	Pág. 12
Figura N° 4.2. Estructura de la fibra de lana	15
Figura N° 4.3. Unión de cadenas peptídicas en la fibra de lana	19
Figura N° 4.4. Reacción de la cisteína con agua caliente o álcali	20
Figura N° 4.5. Árbol de nogal; hojas y fruto	24
Figura N° 4. 6. Naftoquinonas	25
Figura N° 4.7. Cromóforos color café	25
Figura N° 4.8. Zonas cristalinas y amorfas en las fibras textiles	27
Figura N° 5.1. Diferencias entre las hojas de nogal lavadas y no lavadas	34
Figura N° 5.2. Madejas de lana preparadas para la tintura	35
Figura N° 5.3. Muestras de lana antes y después del lavado.	35
Figura N° 5.4. Colorante extraído	36
Fig. N° 6.1 Resultados obtenidos en la primera corrida.	37
Fig. N° 6.2 Resultados obtenidos en la segunda corrida.	37
Fig. N° 6.3 Resultados obtenidos en la tercera corrida.	38
Fig. N° 6.4 Resultados obtenidos en la cuarta corrida.	38
Fig. N° 6.5 Resultados obtenidos en la quinta corrida.	39
Fig. N° 6.6 Carta de colores obtenida a diferentes temperaturas.	39
Fig. N° 6.7 Lectura de color para muestra 1-30 °C	40
Fig. N° 6.8 Lectura de color para muestra 1-40 °C	40
Fig. N° 6.9 Lectura de color para muestra 1-50 °C	41
Fig. N° 6.10 Lectura de color para muestra 1-60 °C	41
Fig. N° 6.11 Lectura e color para muestra 1-70 °C	42
Fig. N° 6.12 Lectura de color para muestra 1-80 °C	42
Fig. N° 6.13 Lectura de color para muestra 1-90 °C	43
Fig. N° 6.14 Lectura de color para muestra 1-100 °C	43
Fig. N° 6.15 Lectura de color para muestras teñidas a 30°C	44
Fig. N° 6.16 Lectura de color para muestras teñidas a 40°C	45
Fig. N° 6.17 Lectura de color para muestras teñidas a 50°C	46

Fig. N° 6.18 Lectura de color para muestras teñidas a 60°C	47
Fig. N° 6.19 Lectura de color para muestras teñidas a 70°C	48
Fig. N° 6.20 Lectura de color para muestras teñidas a 80°	49
Fig. N° 6.21 Lectura de color para muestras teñidas a 90°C	50
Fig. N° 6.22 Lectura de color para muestras teñidas a 100°C	51
Figura 9.1. Extracción del colorante	59
Fig. 9.2. Toma de lecturas en el DATA color	59
Figura N° 10.1. Partes de la piel	61
Figura N° 10.2. Unión de cadenas peptídicas en la fibra de lana	61



II. RESUMEN Y ABSTRACT

2.1 RESUMEN

Para determinar la influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, se utilizó como fibra la lana de oveja la que estuvo disponible en forma de hilos hilados artesanalmente, de color blanco cremoso y sin ningún tratamiento previo y como fuente de colorante las hojas de nogal.

Las pruebas consistieron en cinco corridas experimentales consistentes en tres etapas: tratamiento previo de la lana, extracción del colorante en agua a ebullición y teñido por agotamiento con la solución de colorante extraído. En cada corrida se realizaron teñidos a temperaturas de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 °C.

Las muestras teñidas y una vez secas fueron fotografiadas para elaborar la carta de colores donde se observa la variación del color con la temperatura, las muestras teñidas de color marrón varían en intensidad y tonalidad. En cuanto a intensidad, la evaluación visual indica que a mayor temperatura mayor intensidad del color y en cuanto a tonalidad se verifica que a temperaturas menores de 60 °C las tonalidades tienden al marrón amarillento mientras que sobre 70 °C tienden al marrón rojizo. Lo que no se ha podido establecer exactamente es la temperatura crítica a la cual vira la tonalidad.

La contrastación de la hipótesis se verificó también mediante correlación lineal, obteniendo un valor para el índice de correlación de $R^2 = 0.98$ lo que significa que existe una correlación positiva bastante alta entre las dos variables. El análisis correlacional se realizó con los datos obtenidos de lecturas de color en el Datacolor.

Los resultados obtenidos llevan a concluir que la temperatura influye en la variación del color por lo que el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal a diferentes temperaturas, permitirá obtener diferentes tonalidades del color

Palabras claves: Teñido, lana, queratina, nogal.

2.2 ABSTRACT

To determine the influence of temperature on the dyeing of protein fibers (keratin) with walnut leaves, sheep wool was used as fiber which was available in the form of thread spun by hand, creamy white without any pretreatment and as a source of dye walnut leaves.

The tests consisted of five experimental runs consisting of three stages: pretreatment of wool, the extraction of dye stuff in boiling water and exhaust dyeing in the extracted solution. In each run there were performed dyeings at temperatures of 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 ° C.

The dyed and dried samples were photographed to elaborate the color chart where color variation with temperature is observed, the brown dyed samples vary in intensity and color. In intensity, visual evaluations indicate that the higher the temperature, higher the color intensity and in terms of tones it was verified that at temperatures below 60 ° C tend to dye to yellowish brown above 70 ° C tend to dye to reddish brown. What has not been able to establish was the critical temperature at which turns the tone.

The testing of the hypothesis was also verified by linear correlation, obtaining a value for the correlation index of $R^2 = 0.98$ which means that there is a very high positive correlation between the two variables. The correlation analysis was performed with data from color readings in the Datascolor.

The results lead to the conclusion that the temperature affects the color variation so dyeing protein fibers (keratin) with walnut leaves at different temperatures, allow you to get different tones of the color.

Key words: dyeing, wool, keratin, walnut



III. INTRODUCCION

La lana, es una fibra proteínica de origen animal, por su composición química se clasifica como queratínica, a diferencia de la seda que también siendo proteínica se caracteriza por su contenido alto contenido de fibroína.

La lana, es una fibra que presenta las siguientes características: elástica, flexible, buen aislante térmico y puede ser teñida por colorantes naturales y colorantes sintéticos; pero bajo ciertas condiciones también permiten su tintura con colorantes directos.

Los colorantes sintéticos utilizados para el teñido de la lana son del grupo de colorantes ácidos, denominados así porque para su tintura se requiere un baño ácido.

Los colorantes directos son en gran porcentaje colorantes azoicos, cuya toxicidad en ciertos casos está demostrada.

Rescatando técnicas de tintura ancestrales, aún hoy utilizadas en sectores rurales, se ha comprobado que la lana puede ser teñida con colorantes naturales entre ellos el nogal.

El nogal, planta que forma parte de la flora de nuestro país, contiene ácido gálico, ácido cafeico, quercetina y kaenferol tanto en las hojas, corteza y ramas siendo fuente del color marrón para el teñido de la lana. Este teñido puede realizarse tanto en frío como a altas temperaturas, con uso de mordientes o no y con presencia de productos auxiliares de teñido o en ausencia de ellos, obteniéndose tinturas de color marrón en diferentes tonalidades.

3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El uso de colorantes naturales para la tintura, ya sea con hojas de nogal u otra especie natural que ha sido reportado, así como la información recogida en las zonas donde se realiza este tipo de teñidos; orientan al teñido a temperatura de ebullición, probablemente porque el teñido se realiza simultáneamente a la extracción del colorante.

Si consideramos que la tintura es un proceso que puede realizarse con el colorante ya extraído, de tal manera que la fibra no necesariamente tenga que ser expuesta a temperaturas agresivas, se podría ensayar el proceso de tintura a diferentes temperaturas y observar el efecto de ella sobre el color. Por lo tanto en el presente



trabajo de investigación se tiene como objetivo determinar la influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) usando el colorante extraído de las hojas de nogal, manteniendo constante otros parámetros de la tintura.

3.2. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

Los resultados de la presente investigación, constituirán un aporte tecnológico, y su puesta en ejecución:

1. Aportará valor agregado al proceso tecnológico del teñido de fibras proteínicas (queratina) sobre todo en zonas rurales donde abunda este recurso.
2. Los teñidos actualmente se realizan con colorantes sintéticos sin tratamiento de los efluentes, por lo que además se aportaría con un proceso tecnológico no contaminante o de menor carga contaminante que los actualmente utilizados, toda vez que hará uso de un colorante natural.
3. Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, frente a un proceso contaminante el producto de la investigación constituye un aporte a la ecología al entregar un proceso textil más limpio.

IV. MARCO TEORICO

4.1. FIBRA PROTEINICA: LANA

4.1.1. Fibras proteínicas

Una fibra textil es un sólido relativamente flexible, macroscópicamente homogéneo, con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud-anchura. También se dice de toda sustancia de origen vegetal, animal o sintético, susceptible a producir hilos y telas. Costa (1990)

Luna (2010) haciendo referencia a las fibras naturales, indica que pueden ser de origen animal o vegetal. Las primeras comprenden principalmente las fibras proteínicas queratinizadas (lana y pelos) y las fibras proteínicas no queratinizadas (seda). Entre las segundas se hallan las fibras llamadas seminales (algodón, Kapok) liberianas (lino, cáñamo, yute, ramio) y las fibras llamadas duras, de las hojas o de los troncos (sisal, coco) cuya composición química es celulósica.

De acuerdo a su composición química las fibras textiles pueden clasificarse según la tabla N° 4.1.

Tabla N° 4.1 Clasificación de las fibras textiles

Por su composición química	Fibras celulósicas	Naturales
		Regeneradas
	Fibras proteínicas	
	Las fibras sintéticas pueden tener diversa composición química dependiendo de los monómeros que la constituyen.	

Fuente: elaboración propia

Las fibras proteicas o proteínicas son aquellas que tienen alto contenido de proteínas en su composición. Las fibras proteínicas naturales mas importantes son la lana y la seda, cuyos componentes fundamentales son las escleroproteínas fibrilares: queratina y fibroína, respectivamente. La escleroproteínas son proteínas

simples que se caracterizan por su insolubilidad en medios acuosos y por su alta resistencia mecánica y química. Actúan de producto de sostén en los organismos animales, como la celulosa en las plantas, presentando como ésta estructura fibrilar. A este grupo pertenecen la queratina del tejido corneo (lana, pelo, plumas, cuerno, epidermis, uñas, pezuñas y escamas) y la fibroína de la seda. Luna (2010)

4.1.2 Lana

La lana es el nombre aplicado a las fibras suaves y rizadas que se obtienen principalmente de la piel de las ovejas y del pelo del camello, cabra, auquénidos y conejo. **La lana que se utilizará para la presente investigación proviene del vellón de la oveja**, de la cual existen un gran número de razas, originando lanas muy diferentes en longitud, resistencia y finura de las fibras.

4.1.2.1 Formación de la fibra

La fibra de lana se forma sobre la piel que está formada por 2 capas principales: la epidermis, que es la fina capa exterior y la dermis, que forma el grueso de la piel. En la dermis se encuentran los folículos. El folículo es un órgano de la piel. Koning y Liebich (2008).

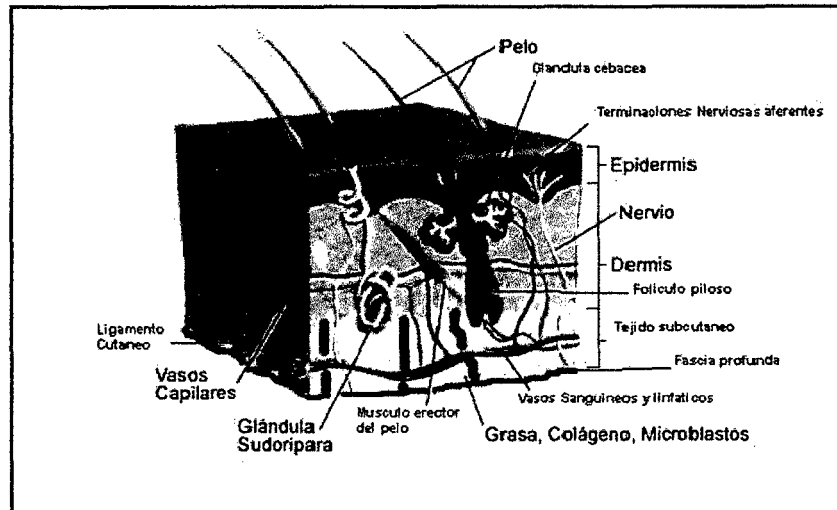
a. El folículo

El folículo es el nombre que se da a las pequeñas bolsitas que aparecen en la piel y que producen fibras tales como el pelo y la lana. Los folículos determinan la cantidad y calidad de la lana que el animal produce.

Buxadé (1996) afirma que en los ovinos existen dos tipos de folículos formadores de lana: los primarios y los secundarios. Que los folículos primarios están provistos de una glándula sebácea y otra sudorípara y que son los que tienen la función termorreguladora. Las glándulas sudoríparas son las que segregan ácidos grasos y sales que protegen a la lana de los rayos ultravioletas y regulan la temperatura corporal del animal.



Figura N° 4.1. Partes de la piel



Fuente: M. Rodríguez (1971).

En una zona del folículo denominada bulbo, se encuentran las células que se multiplican para formar la fibra. Cuando las células mueren se endurecen y son expulsadas del folículo. Este proceso de endurecimiento de las células se llama queratinización debido a que se forma una proteína insoluble.

Por encima del bulbo se van apilando más células que se queratinizan y van rodeando al folículo ensanchándolo en esa parte y coadyuvando a la mayor queratinización de la fibra.

En el tercio superior del folículo la membrana del folículo y la parte superior de los productos de las glándulas sudoríparas y sebáceas, están alineadas con varias capas de células cornificadas¹.

Anexas al folículo se encuentran las glándulas: la glándula sebácea que produce sebo cuya finalidad es la de proteger a la fibra de los elementos climáticos y la glándula sudorípara que se encuentra distribuida en casi todo el cuerpo y segregan el sudor a través del cual el organismo regula la temperatura y elimina toxinas.

¹ Cornificación: engrosamiento producido por aumento de células queratinizadas.

La raíz de la fibra de lana se forma en la base del folículo dentro del cual tiene una rápida división celular. En el interior de las células, los aminoácidos se unen por átomos de azufre produciéndose su endurecimiento. Una vez completo este proceso las células mueren saliendo del folículo como constituyentes de la fibra de lana, Buxadé (1996).

4.1.2.2. Estructura de la Lana.

La fibra de lana se compone de varias partes que tienen estructura y propiedades distintas, estas son: la corteza o cutícula, el cortex y la médula.

La corteza o cutícula:

La cutícula está formada por células laminares superpuestas unas sobre otras en el sentido de la raíz a la punta. Constituye el 10% del total de la fibra y su grosor oscila entre 1 y 2 μm (Rippon, 1992) siendo responsable de propiedades como la humectabilidad y propiedades táctiles de la lana.

Según la finura de la fibra el número de escamas que rodean a la fibra es diferente, mientras más fina es menor el número, y mientras más gruesa mayor número. Una lana con mayor número de escamas las tendrá más aplanadas por lo que su superficie será más lisa y con mayor brillo.

La función de la cutícula de la lana es la de dar resistencia frente a los agentes y fuerzas exteriores. La cutícula se encuentra envuelta por la epicutícula que contribuye a suavizar la aspereza de la misma, es resistente a agentes químicos, e impide la penetración de moléculas extrañas hasta cierto punto. La epicutícula es de naturaleza proteica. Los ácidos grasos están unidos covalentemente a la capa proteica vía enlace éster o tioéster y sus cadenas hidrocarbonadas están orientadas hacia el exterior de la fibra dándole carácter hidrofóbico y resistencia a la epicutícula, frente a ataques con distintos agentes (Negri y col., 1993b; Leeder y Rippon, 1985). Por esta razón la lana repele el agua incluso tras la eliminación de la grasa mediante lavado acuoso o extracción con disolventes.



Bajo la epicutícula se encuentra la exocutícula que es una capa proteica con un contenido de cistina que oscila entre 35 y 15% conforme se va atravesando esta capa. Para Leedder, citado por S. Vilchez (2005), debido a su elevado contenido en enlaces disulfuro es que la lana posee carácter hidrofóbico y constituye una auténtica barrera para la difusión de ciertos compuestos (Leeder, 1986).

El cortex: ocupa aproximadamente el 90% del total de la fibra, es la parte principal de la fibra de lana y responsable de la mayoría de sus propiedades como: resistencia, elasticidad, propiedades tintóreas, etc.

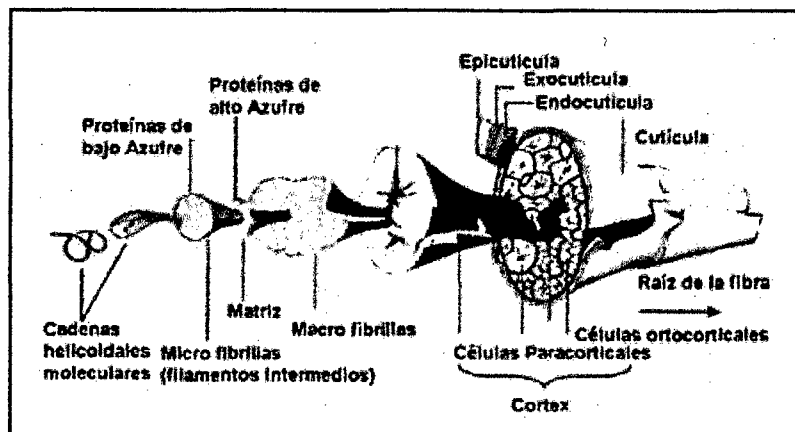
Está formado por células corticales que tienen forma de óvalos alargados estas tienen una longitud entre 80 y 100 micras y una anchura entre 2 y 5 micras. Estas células corticales se encuentran formadas por unas fibrillas más pequeñas llamadas macrofibrillas, y estas se componen de otras mucho más pequeñas llamadas microfibrillas que a su vez se componen de la protofibrilla que es la unidad morfológica más pequeña formadas por las moléculas de la proteína de la lana.

El cortex está formado por una estructura bilateral una llamada orto-cortex y otra llamada para-cortex la dos con distintas cualidades, estas no se presentan en las mismas circunstancias ni proporciones en todas las clases de fibras de lana. A estas se les atribuye el rizado de la fibra, mientras el orto-cortex y para-cortex se dispongan disimétricamente el rizado será mayor, en cambio mientras que cuando estas se dispongan simétricamente o solo exista una sola estructura orto-cortex o para-cortex el rizado será menor o nulo. El orto-cortex es mas elástica y tiene mas afinidad tintórea, mientras él para-cortex es más rígida y con menor afinidad tintórea, esto debido a que el orto posee mayor grado de queratización².

Luna (2010) señala que la corteza esta constituida por fibrillas (o células corticales), que son unas células planas en forma como de cigarrillos. Cuando las lanas naturales son de color, allí es donde esta la melanina, que es el pigmento natural colorido de estas fibras.

² Queratización: endurecimiento de la célula que forma la fibra de lana.

Figura N° 4.2. Estructura de la fibra de lana



Fuente: adaptado de www.cuencarural.com

La medula: Existen fibras con médula y sin médula, las cuales se caracterizan por tener fibras cortas, muy gruesas que terminan en punta debido a que su raíz se ha dañado cortando su crecimiento normal por mala alimentación, posible enfermedad del animal y por ambientes inadecuados. Las fibras medulares presentan problemas en la tintura porque al poseer una medula existe un espacio hueco que no absorbe colorante y se producen tonos más claros que en una fibra que no posee medula.

4.1.3. Propiedades de la Lana.

La estructura de lana hace que ésta tenga cualidades particulares naturales como son el rizado, regulación térmica, capacidad de transmitir humedad, energía absorbida por la ruptura por choque de una materia y capacidades tintóreas.

a. Propiedades físicas.

La lana posee excelentes propiedades como la finura, longitud y el rizado, por otra parte su resistencia es baja y su poder fieltrante es un inconveniente en algunos procesos. Su elasticidad y propiedades térmicas son excelentes, su color es fácilmente alterable. La lana posee suavidad y brillo notable en contra parte con su facilidad de encogimiento. Entre las propiedades físicas de la lana se pueden mencionar:

- **Finura, longitud y rizado de la fibra:** su finura puede variar entre 12 a 130 micras. la longitud se mide tal como se presenta sin forzarla, conservando su ondulación, varía entre los 30 y 400 mm.

El ondulado o rizado se debe a la diferencia de estructuras entre la parte cortical y la corteza por la diferencias de tensiones entre ellas que produce el rizado, el rizado se mide por el numero de ondulaciones por unidad de longitud (cm), o por la relación que existe entre la longitud de la fibra estirada solo lo suficiente para hacerla perder el rizado y la longitud sin estirar. En el primer caso hablamos de frecuencia de ondulación y en el segundo degradado de ondulación. El numero de ondulaciones esta en relación inversa a la finura de la fibra.

- **Peso específico:** El peso específico de la lana es la cantidad de gramos que existe en un volumen (cm^3), la lana cuando está seca posee un valor de $1,30\text{gr}/\text{cm}^3$
- **Color y brillo:** Este va en tonalidades desde un blanco casi puro hasta el amarillo, pero el color más frecuente es un tono blanco marfil, una vez que la lana está limpia.

El amarillamiento de la lana se produce porque está expuesta a la intemperie, a la orina del animal y al almacenamiento con materias sucias que producen alcalinidad, esto causa una degradación de la fibra perdiendo resistencia, tacto, afinidad tintórea, etc. Existen lanas coloreadas naturalmente de color gris, pardo, negras e incluso rosadas.

El brillo es la reflexión de la luz de una superficie opaca, el brillo de lana depende de su superficie; las fibras de lana que tengan escamas muy pronunciadas, con bordes emergentes y formando un conjunto rugoso tendrán un brillo deficiente. Mientras que las fibras en que las escamas estén dispuestas planas, sin bordes proyectados y formando un conjunto liso tendrán un buen brillo. Por la acción de químicos como los álcalis y temperaturas elevadas pueden destruir la uniformidad de la escamosidad perjudicando al brillo.



- **Suavidad y rigidez:** La lana es suave tiene un tacto aterciopelado, esto se relaciona con la finura de la fibra y su rizado; mientras más fina y rizada más suavidad tendrá la fibra. La rigidez es el grado de plasticidad de la fibra de lana que varía según el estado higrométrico de la misma.
- **Resistencia y elasticidad:** La fibra de lana no posee una resistencia muy elevada, alcanza el orden de 1,0 a 1,8 g por denier³, pero es suficiente para las aplicaciones a las que se destina. La elasticidad es la capacidad de de la fibra a ser extendida al ser sometida a una carga y su aptitud para recuperar el estado inicial una vez que cesa esta carga. Este grado de elasticidad tiene su explicación en la morfología de la fibra ya que se produce por el desplegado de las cadenas moleculares y la oposición de los enlaces transversales intercadenas.

Otras propiedades físicas que no tienen mayor influencia en la tintura son: Fijado y supercontracción, propiedades friccionales, poder fieltrante.

Tabla N°4.2. Características físicas de la lana

Propiedad	Característica
Longitud de la fibra	30 a 400 mm.
Diámetro	12 a 130 micras.
Aspecto al microscopio:	
Longitudinal:	En forma de cilindro con escamas superpuestas. Superficie elíptica u oval.
Transversal:	
Peso específico	1,26 a 1,34 gr /cm ³
Resistencia a la rotura (ambiente normal)	1,0 a 1,8 gr / denier
Hinchamiento en agua (% área sección transversal)	32 a 38%
Poder aislante térmico	Bueno
Acción a la luz e intemperie	Pierde resistencia

Fuente: elaboración propia.

b. Propiedades térmicas

³ Denier: peso en gramos de 9000 m de hilo o fibra.

La fibra es mala conductora del calor por lo tanto lo conserva y al admitir gran volumen de aire entre los ligamentos de las fibras adquiere una gran capacidad reguladora de la temperatura entre el cuerpo y el ambiente exterior. Su gran voluminosidad influye en el volumen de aire que almacena, de tal manera que a mayor volumen de aire mejor conservación del calor del cuerpo.

c. Propiedades eléctricas.

Cuando la lana está limpia y seca es muy mala conductora de la electricidad, pero su conductividad se ve directamente influenciada por el contenido en agua. Al ser higroscópica y admitir por sí misma un grado elevado de humedad a condiciones adecuadas de humedad relativa, presenta una conductibilidad buena y no acostumbra a ocasionar molestias debidas a cargas estáticas, siempre y cuando las condiciones de trabajo sean las adecuadas.

d. Propiedades químicas.


Luna (2010) señala que las fibras de lana están compuestas principalmente de queratina, que es una proteína fibrosa. La queratina presenta una elevada capacidad para estirarse y contraerse de forma reversible, propiedad que se comunica a las fibras de lana.

La queratina está presente en la lana en aproximadamente 20-25% de la proporción total y también se encuentra en el cabello humano, las uñas, el cuerpo y las pezuñas de los animales.

Otro componente es la suintina que es el sudor seco que producen las glándulas sudoríparas del animal, además de la grasa que es una secreción producida por las glándulas sebáceas del animal, la grasa de la lana está formada por una mezcla de: Ácidos grasos libres (4 al 10%), alcoholes grasos libres (1 al 3%) y esterres de ácidos y alcoholes grasos (87 al 95%), principalmente.

4.1.4. Queratina.

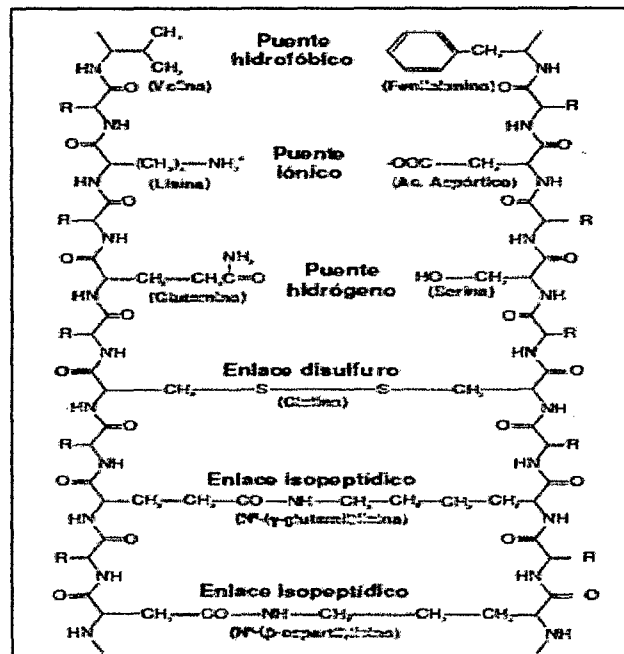
Las fibras de lana están compuestas principalmente de queratina, que es una proteína fibrosa, rica en azufre, este elemento no se encuentra en ninguna otra fibra, esta procede del proceso de catabolismo, es decir, por degradación de las proteínas que constituyen la materia viva.



La queratización es el paso del tejido vivo a fibroso, es la degradación y muerte de las células vivas que formaran el pelo del animal.

S. Vilchez (2005) afirma que las cadenas peptídicas de la queratina se forman por condensación de L- α -aminoácidos a través de sus grupos amino y carboxilo mediante la formación del enlace peptídico. Dichas cadenas peptídicas están unidas entre sí mediante uniones covalentes y no covalentes. Los enlaces que se establecen en la queratina pueden ser intracatenarios o intercatenarios. Los primeros intervienen en los fenómenos de elasticidad y alargamiento mientras que los intercatenarios contribuyen a estabilizar la estructura de la proteína y le proporcionan resistencia a la tracción.

Figura N° 4.3. Unión de cadenas peptídicas en la fibra de lana



Fuente: S. Vilchez (2005)

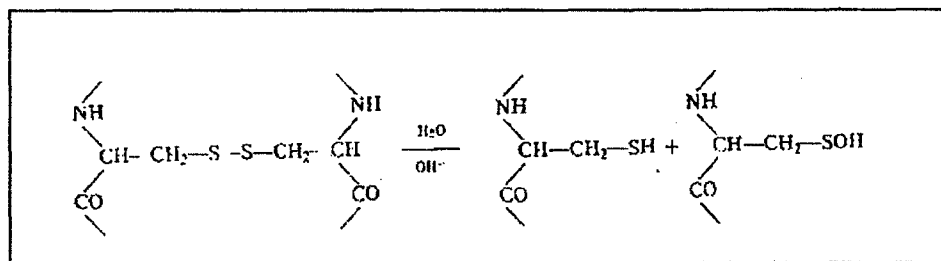
Las uniones pueden ser covalentes como en el caso de los puentes disulfuro del aminoácido cistina: responsables de la elevada estabilidad y baja solubilidad de la queratina.

Un ejemplo de uniones no covalentes son los Puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos -CO y -NH de las cadenas peptídicas, los enlaces iónicos entre grupos con carga contraria y los enlaces hidrofóbicos entre grupos lipófilos de los aminoácidos cuando están en un medio acuoso. Dichos enlaces estabilizan la agregación de las cadenas laterales no polares, reduciendo así el área de contacto con el agua.

La mayoría de los procesos a los que puede ser sometida la lana están en relación a los radicales presentes en la queratina. Por ejemplo el hecho de que el enlace disulfuro puede ser escindido por determinados agentes químicos (reductores, oxidantes y sustancias hidrolizantes) sin que la cadena peptídica se vea afectada, permite efectuar reacciones en el puente disulfuro. Los reductores como hidrógeno, sulfuros, sulfitos y bisulfitos dan complejos cisteínicos; la reacción es reversible de modo que por oxidación puede transformarse de nuevo el resto de cisteína en cistina.

La escisión hidrolítica, con agua caliente o álcalis, conduce a la formación de complejos cisteínicos y ácidos fénicos:

Figura N° 4.4. Reacción de la cisteína con agua caliente o álcali



Fuente: Fundamentos teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura. Luna (2010)

Este proceso es de gran importancia en la preparación y apresto de la lana, cuando se trata por ejemplo de encoger sus fibras (supercontracción) o bien de alargarlas y dar forma (fijar) por medio del calor y la humedad. Por la acción prolongada de la rotura hidrolítica de los enlaces disulfuro por el calor y la humedad, puede

[Handwritten signature]

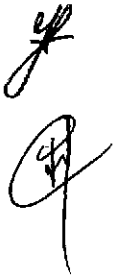
lograrse un alargamiento permanente (fijación) por la formación de nuevos enlaces laterales entre cadenas peptídicas con restos sulfónicos y cadenas con aminogrupos libres como restos de arginina o lisina.

4.2. NOGAL: COLORANTE NATURAL

4.2.1. Colorantes naturales

Gutierrez (2005) y S. Yoshiko (1996) señalan que los colorantes naturales se pueden agrupar según:

- a. **Colorantes Directos** :Son los grupos de colorantes de antocianinas y carotenoides. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir en frío o en caliente. A veces se usa sustancias auxiliares como ácidos o sales. Como ejemplo tenemos, entre otras, la flor de cártamo, cúrcuma y azafrán.
- b. **Mordentados**: Este tipo de colorantes no tienen por sí mismos sino que requieren de un tratamiento especial de sales metálicas solubles, que reaccionan sobre la fibra. Esta técnica se aplica a la mayoría de las plantas que dan color como la gardenia, rubia y palo de Campeche, también se aplica a la cochinilla.
- c. **De Reducción**: Derivados del Indol, estas materias colorantes se encuentran en el interior de los cuerpos vegetales o animales, pero son insolubles, para darles solubilidad, se les aplica una sustancia reductora, obteniéndose una solución incolora que se aplica a la fibra y después, mediante una oxidación aparece el color, como ejemplo el añil.
- d. **Pigmentos** :Polvos de materiales minerales, son insolubles que no tienen poder de entintar, por lo cual solo pueden utilizarse mezclados con otro



cuerpo, como el engrudo, cola, resina y caseína, con los que se forma una pasta para pintar.

La mayoría de los colores que se pueden apreciar en la naturaleza, se debe a la absorción y posterior reflexión que los compuestos hacen, de ciertas longitudes de onda de luz visible.

4.2.2. Generalidades del nogal

Los autores no se han puesto de acuerdo en cuanto a su origen, algunos lo reportan procedente de Persia (región del Himalaya), otros de China y Japón, desde donde fue transportado a Grecia, Italia y a los demás países de Europa.

El nogal se encuentra en estado silvestre en Europa oriental y Asia Menor, asimismo en Norteamérica, formando un cierto número de especies más o menos cultivadas.

El nombre del género deriva del latín iuglans, nombre romano del nogal y de la nuez, que es una abreviatura de Iovis glans; bellota de Júpiter, a su vez versión latina del griego Diós bálanos, nombre de la nuez y de la castaña, que significaba literalmente: bellota o castaña de Zeus.

También es conocido como: Nogal (español), Walnut tree (inglés), Noyer (francés), Noce commune (Italiano), Walnussbaum (alemán).

En el sur de EUA y norte de México se le conoce como nogal pecanero o nuez encarcelada haciendo clara referencia al fruto, La producción mundial de nuez encarcelada se estima en alrededor de las 210,000 toneladas. Los principales productores son los Estados Unidos (72%) y México (25%). Otros productores menores son Australia, Sudáfrica, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto; estos datos muestran que las plantaciones de nogal en el Perú no está tecnificada.

4.2.3. Taxonomía:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Subdivisión: Magnoliophytina



- Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
- Subclase: Hamamelididae
- Orden: Juglandales
- Familia: Juglandaceae.
- Género: Juglans
- Especies cultivadas: Juglans regia (nogal europeo), Juglans cinerea (nogal ceniciento), Juglans nigra (nogal negro), Juglans californica (nogal de California), (Juglans neotropica).

4.2.4. Usos del nogal

Las hojas y ramas del nogal americano son fuente del color marrón. Se usa popularmente como tinte para el cabello. Su uso ancestral por las culturas andinas es largamente conocido. Luna (2010)

El nogal es un árbol endémico en el valle de Marcapata-Madre de Dios en el Perú, también se encuentra a lo largo de los valles interandinos mesotérmicos y en la región central y nororiental del Perú. Es de tronco grueso y hojas frondosas; sus frutos tienen forma de 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 frescos se utilizan en la preparación de cosméticos y en la medicina tradicional.

Respecto a los usos medicinales se reporta su acción antihelmíntica mediante la ingesta de las nueces de los frutos del nogal en ayunas, para expulsar la solitaria, *Tenia sp.*, su acción antiinflamatoria para el caso de articulaciones hinchadas, mediante la aplicación de cataplasma de hojas frescas y molidas en la zona afectada, su acción neutralizadora del estrés mediante el cocimiento de las hojas del Nogal.



Figura N° 4.5. Árbol de nogal; hojas y fruto



Fuente: www.bomengids.nl

Como cosmético, se utiliza en cremas hidratantes para la piel y control de arrugas. (Hageneder, 2005).

Como colorante, se utiliza para el teñido de lana; en este caso se utilizan las hojas y frutos del nogal con no más de 72 horas después de recolectados, el proceso es artesanal, consiguiendo un color castaño, la lana previamente es mordentada con sulfato de aluminio natural denominado "qollpa".

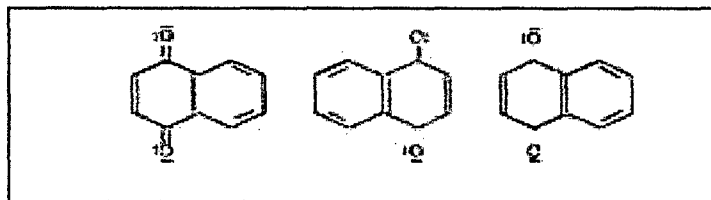
Su acción de teñido sobre la piel se debe al compuesto hidroxilado incoloro que contiene la cáscara del fruto del nogal, el cual al ser retirado se oxida con el aire y da una quinona, la que reacciona con los grupos activos de la proteína de la piel formando un complejo quinona-proteína coloreado, dejando la piel teñida de color café, por un periodo prolongado.

Es importante señalar que el fruto del nogal es una fuente importante de potasio y ácido fólico. Contiene cerca de 15 % de proteínas y 50 % o más de su peso en aceites, incluyendo el ácido-alfalinoleico (Omega 3), el cual aumenta el sistema inmune además de tener un efecto benéfico en el corazón y el sistema circulatorio.

4.2.5. Composición química

Las Naftoquinonas y antraquinonas son colorantes naturales muy comunes. 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.

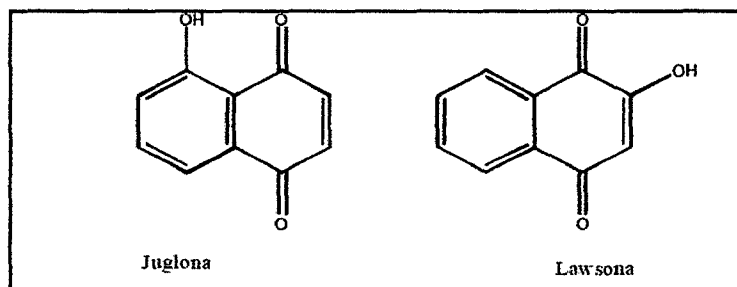
Figura N° 4. 6. Naftoquinonas



Fuente: Pigmentos naturales quinónicos. Gibaja (1998)

Las naftoquinonas 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 rojo⁴.

Figura N° 4.7. Cromóforos color café



Fuente: Pigmentos naturales quinónicos. Gibaja (1998)

Según Gibaja (1998), la juglona se halla al estado de 4-b-D-glucósido del 1,4,5-trihidroxinaftaleno (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)

⁴ Organic chemistry, Pine, s. Hendrickson, et al, Mc Graw Hill Book Company.

El fruto del nogal además de juglona contiene ácido gálico y ácido cafeico, los cuales en medio alcalino se oxidan produciendo polímeros de color oscuro.

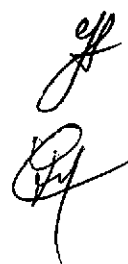
El nogal sería una de las pocas plantas de la cual se podría aprovechar los tintes naturales para el teñido de lanas y cabellos, su madera para la fabricación de muebles, sus frutos para el campo alimentario y de exportación y también por sus propiedades medicinales. (Zúñiga, 2004).

4.2.6. Extracción

El Centro de Recursos para la Transferencia Tecnológica ITACAB, reporta con el código 195, la técnica para la extracción de tinte del nogal (*Juglans nigra*) 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.

Luna (2013) concluye que la lana puede ser teñida con las hojas de nogal a bajas temperaturas luego de haber extraído el colorante a ebullición. Así mismo reporta que el teñido con colorante extraído de hojas de nogal tiñe no solo a la lana sino también a las fibras celulósicas como el algodón.

Con referencia a los colorantes en general, Guirola (2010), señala que hoy en día sobreviven algunas de las técnicas empleadas para la aplicación de plantas tintóreas en diversos artículos, principalmente textiles; pero que aun cuando el conocimiento sobre plantas adecuadas para la extracción y uso se conserva, queda un vacío importante de información.



desde la época prehispánica; pero ninguna ha reportado la técnica específica. Cox (1996), Gibaja (1998)

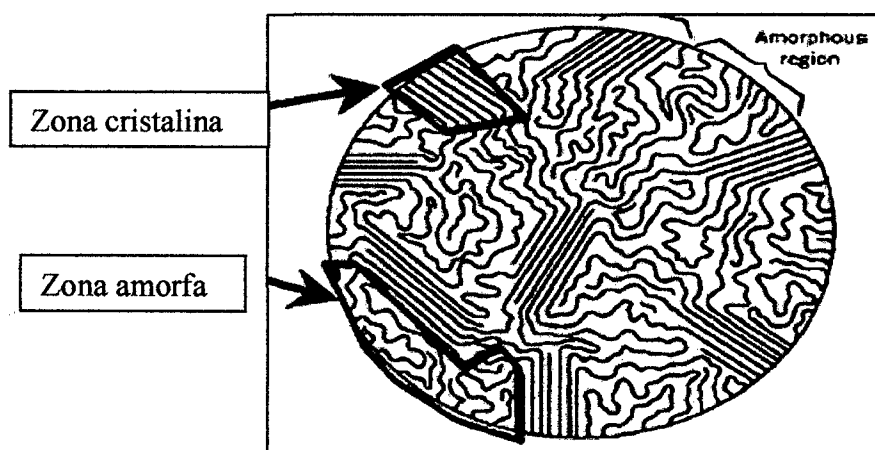
El método a aplicar en la investigación prevé la extracción del colorante a partir de las hojas de nogal mediante extracción en agua a ebullición.

4.3. Tintura

Dado que la tintura de lana y generalmente la de todas las fibras se efectúan en medio acuoso es necesario considerar el comportamiento de la fibra cuando se encuentra en húmedo. Luna (2010) señala que la capacidad de hinchamiento de la fibra cuando está en húmedo indica la facilidad de su teñido, toda vez que éste se realiza en ese medio.

Debido a la estructura fibrosa de la fibra, se considera que las cadenas polipeptídicas están alineadas a lo largo del eje existiendo una orientación variable de unas zonas a otras formando zonas cristalinas y zonas amorfas; la unión entre cadenas adyacentes de las zonas cristalinas se establece mediante enlaces de hidrógeno entre grupos amida, aunque también pueden existir enlaces ácido – base entre grupos amino cargados positivamente y grupos carboxílicos cargados negativamente.

Fig. N° 4.8. Zonas cristalinas y amorfas en las fibras textiles



Fuente: Fund teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura. Luna (2013)

La literatura revisada indica que los espacios de las cadenas cristalinas en las fibras no presentan variación cuando la fibra está en estado seco o húmedo y que, por consiguiente, la causa del hinchamiento de la fibra estaría en la zona amorfa, de tal forma que el poro que la constituye aumenta extraordinariamente de tamaño al encontrarse la fibra en estado húmedo, facilitando la difusión del colorante hacia el interior de la fibra. Gutierrez (2005). Sin embargo Carr (1995) indica que las zonas cristalinas están separadas por “poros” de diámetro que permiten el pasado del colorante al interior de la fibra. Por lo que parece ser que efectivamente el medio acuoso del teñido posibilita que el colorante ingrese a ambas zonas.

4.3.1. Factores que influyen en la cinética de la tintura

Cuando las proteínas se encuentran en una solución fuertemente ácida, se produce una absorción de protones de forma tal que todos los grupos carboxílicos del ácido aspártico no podrán estar ionizados mientras que los grupos amino captarán los protones y adquirirán carga positiva.

Si se aumenta el pH de la solución los equilibrios cambian ya que la proteína cede protones iniciándose la ionización del grupo carboxílico de tal forma que a $\text{pH}=4.4$, se habrán ionizado la mitad de dichos grupos. A un pH próximo la carga total neta será nula; esta situación se denomina punto isoeléctrico, que sería a $\text{pH}=5$.

Por varios motivos se ha llegado a la conclusión de que tanto los aminoácidos como las proteínas presentan un elevado grado de ionización cuando el estado global es neutro.

Klages (1968) señala que la lana debido a la queratina, tiene numerosos grupos químicamente activos, facilita la retención de los colorantes, dominando los procesos de teñido directo por adsorción.

La constitución de la fibra es un factor de gran importancia en la cinética debido a que la cutícula que posee la lana actúa de barrera o membrana aislante frente a la entrada del colorante de tal forma que aquellas lanas en las que se ha producido una cierta eliminación de la cutícula, como la lana clorada, las lanas inencogibles, entre otras, la velocidad de tintura será mucho mayor.

Otro factor de la morfología que incide en la velocidad de tintura es la **superficie específica**, de forma que la velocidad de tintura es mucho mayor en las fibras finas que en las gruesas por presentar las primeras mayor superficie específica, si bien teñidas ambas con el mismo % de colorante, las gruesas parecen más oscuras que las delgadas.

Otros investigadores indican que también la **constitución química** influye en la velocidad de tintura, de tal forma que al aumentar el contenido de cistina aumenta la resistencia que la fibra ofrece a la difusión del colorante retardando la tintura, ya que la cistina forma enlaces que dan lugar a una reticulación intercadena actuando como barreras a la penetración del colorante en la fibra.

Luna (2010) señala que **los pretratamientos** se deben dar a la fibras antes de ser teñidas, con el objetivo de limpiarlas y eliminar las impurezas de tal manera que puedan realizarse en ellas teñidos, estampados y acabados de apariencia impecable.

Las impurezas externas y gruesas de la fibra se retiran de manera similar que en las fibras de algodón durante las operaciones de limpieza de la fibra. Los pretratamientos ayudaran a limpiar las impurezas propias de la fibra. En el mismo texto Luna afirma que la lana está contaminada por sustancias grasas producto del contacto con la piel de animal o del contacto con la mano de los recolectores (si el proceso de recolección fuera manual), con partículas de tamaño apreciable como pequeñas piedrecillas, arena o trozos de vegetales que se van enredando en las fibras o de estiércol animal y que por esta razón requieren de mayor limpieza antes de su teñido. Las impurezas externas y gruesas se eliminan durante la primera etapa del proceso en la parte seca (apertura de la fibra, cardado, etc.).

Pero la secreción glandular que acompaña a la lana y que tiene como principal componente la lanolina, le da carácter hidrofóbico, las glándulas sudoríparas producen una serie de mezclas de sales orgánicas e inorgánicas, junto con la úrea y algunos aminoácidos que en su conjunto se pueden eliminar mediante un lavado con agua caliente o jabones ligeramente alcalinos, recordemos que la lana no es resistente a los álcalis.

En caso no se haya podido eliminar los residuos vegetales enredados en la lana, se requiere de otro tratamiento denominado carbonizado que consiste en un tratamiento de la fibra con ácido sulfúrico para hidrolizar la celulosa. Y dependiendo del color a teñir puede hacerse necesario un blanqueo químico de la fibra para aclararla.

Como se teñirá en color oscuro sólo se procederá a un lavado previo con carboxilato y humectante a 40 °C.

Con respecto a la temperatura, la lana por debajo de los 40°C absorbe lentamente los colorantes (en referencia a colorantes industriales), y no es hasta los 60°C, que puede considerarse que la tintura es suficientemente rápida, si bien se cumple que al estado de equilibrio la cantidad de colorante fijada por la fibra disminuye al aumentar la temperatura.

Entre 40° y 60° C, la absorción es aún bastante lenta, habiéndose llegado a la conclusión de que para que tenga lugar la tintura es necesaria que se produzca el hinchamiento de la fibra, fenómeno que no se inicia hasta los 40 ° C. y no presenta la extensión suficiente hasta los 60°C. De todo lo dicho se deduce que la tintura de la lana debe iniciarse a 40 -50°C y que a partir de 60°C la velocidad se incrementa sensiblemente con la temperatura.

Luna (2013) en su trabajo teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, en frío y durante las prácticas de laboratorio de Tecnología textil observa que al variar la temperatura también hay una variación en el color, por lo que en el presente trabajo de investigación se realizará el teñido de lana en el rango de 30 a 100 °C.

4.3.2. Métodos de tintura de la lana

Luna (2010) en su trabajo teñido de fibras proteínicas con hojas de nogal en frío, menciona que una de las formas de teñir la lana es **por agotamiento**. Se denomina así al teñido en el cual la fibra se sumerge en el baño de tintura (o solución de tintura) y se mantiene en contacto el sistema fibra-baño por un tiempo prolongado para que el colorante migre (se agote) del baño hacia la fibra.



Pero también se usa el sistema de tintura **por impregnación y desarrollo**, empleado generalmente para teñido de telas.

La lana puede ser teñida por colorantes sintéticos, los que se emplean para teñidos a nivel industrial y por colorantes naturales como se hacía desde tiempos ancestrales. Hoy en día a nivel industrial e incluso artesanal, la lana es teñida en baño ácido y neutro.

En lo referente a los colorantes que tiñen a la lana por cualquiera de los métodos arriba mencionados se sabe que la lana puede ser teñida por **colorantes “ácidos”**, denominados así porque la tiñen en medio ácido. Estos colorantes presentan bajo agotamiento (migración del baño a la fibra) cuando tiñen en baño neutro. Justamente se denominan ácidos porque su agotamiento requiere pH menor o igual que 5.5, además de temperatura de ebullición y tiempo de teñido aproximadamente de una hora.

El teñido de la lana con colorantes ácidos se explica porque cuando las proteínas se encuentran en una solución fuertemente ácida, se produce una absorción de protones de forma tal que todos los grupos carboxílicos del ácido no podrán estar ionizados mientras que los grupos amino captarán los protones y adquirirán carga positiva, facilitando la unión con colorantes ácidos que se caracterizan por tener carga negativa.

Sin embargo también puede observarse colorantes que tiñen la lana a pH entre 6-8.5, es decir en medio neutro y de manera similar a como sucede con los colorantes directos sobre fibras celulósicas, siempre a ebullición, lo que puede explicarse por la formación de enlaces de tipo puente de hidrógeno entre colorante-fibra y que quedaría demostrado por la poca resistencia del colorante a permanecer en la fibra luego de tratamientos en húmedo.

Actualmente es muy utilizado el teñido industrial de algodón con colorantes reactivos; pero el primer colorante reactivo reportado en la literatura fue un colorante para lana, lanzado al mercado en 1932 por la I.G.Farben, el Anaranjado Supramin R, de tipo azoico. El hecho de que la lana no sea teñida por colorantes reactivos a bajas temperaturas se puede explicar por la existencia de la cutícula, ya que, para que el colorante ingrese a la fibra la cutícula debe estar abierta lo cual

sólo ocurre si la temperatura es elevada; en cuanto a la disminución del agotamiento al aumentar el pH es sabido que los colorantes reactivos se fijan a pH alcalinos sin embargo esto también favorece la hidrólisis del colorante disminuyendo el rendimiento del teñido. Estas razones descartan el uso de los mismos colorantes reactivos del algodón en lana.

En el presente trabajo de investigación se trabajará en medio neutro.

4.3.3 Teñido con colorantes naturales

La ATCC (1992) señala que existen tres formas o métodos de cómo los colorantes pueden ser retenidos por las fibras:

a. Adsorción Física: Las fuerzas con las cuales los colorantes son atraídos por la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas.

b. Adsorción Mecánica: Consiste en la formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra.

c. Reacción en la Fibra: Las moléculas o iones de colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de las fibras, pero en las condiciones correctas reaccionan y se enganchan así mismo por enlaces covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras.

Cox (1996) señala que en las zonas rurales, el teñido se realiza introduciendo la lana en la solución donde se está extrayendo el colorante natural a ebullición y por tiempos no menores a una hora. Para el teñido de lana de oveja y alpaca, Lock (1997), indica que consta de dos etapas: la preparación de la lana y el proceso de teñido. Para preparar la lana debe hervirse con agua para eliminar la suciedad, enjuagándola luego repetidas veces con agua fría. Para el proceso de teñido señala un método directo que puede realizarse con agua fría o caliente y un método indirecto cuando la lana se mordenta previamente. Gibaja (1998), Zelansky y Fisher (2001) reportan el uso del nogal para el teñido de lana mordentada. Luna (2013) reporta el teñido de lana con hojas de nogal en media hora.

Para la investigación, se ha considerado media hora para el teñido por el método de agotamiento. De la misma manera la lana será preparada previamente sólo mediante un lavado con jabón del tipo carboxilato porque las lejías suaves eliminan la grasa pero no maltratan la fibra.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 Equipos

Para la extracción del colorante:

Se utilizó un recipiente de acero inoxidable de 3 L de capacidad.

Colador de malla.

Jarras medidoras de volumen.

Cocina a gas.

Balanza SOEHNLE (d:1g. max. 250g)

Para la tintura de la fibra:

Jarras de teñido de acero inoxidable de 250 mL.

Jarras medidoras de volumen.

Cocina a gas.

Baguetas

Balanza SOEHNLE (d:1g. max. 250g)

5.1.2 Instrumentos

Termómetros de 0 -120 °C

Datacolor SPECTRAFLAS HSF 450 SERIAL 1233

5.1.3 Insumos

Jabón en barra (carboxilato)

Humectante textil

Lana de oveja

Hojas de nogal

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Las hojas de nogal que se utilizaron en la investigación provienen del distrito de Colcamar, provincia de Luya, en la región Nor oriental del Departamento de

Amazonas, lugar donde existen plantaciones de nogal de manera endémica y que los lugareños los utilizan para comercializar sus frutos y utilizar sus hojas con fines medicinales.

Se recolectaron aproximadamente 5 Kg hojas de los árboles; las cuales fueron trasladadas vía terrestre hasta Lima en un periodo de 20 horas, para evitar la degradación de las hojas por el tiempo de traslado y la humedad se procedió a un lavado rápido, secado y almacenado hasta su utilización en las diferentes pruebas experimentales.

Esto permitió observar un cambio de coloración en las hojas como se muestra en la figura a continuación.

Figura N° 5.1. Hojas de nogal



a. Sin lavar

b. lavadas

Fuente: elaboración propia

Para la extracción del colorante se tomaron muestras al azar de 10 gr de hojas de nogal lavadas y secas, las que se llevaron a ebullición con 1,5 L de agua, la mezcla se hirvió hasta la reducción del volumen del agua de extracción a 1 L, obteniendo así el licor colorante.

Unidad de análisis: Por la disponibilidad de la fibra, el teñido se realizó sobre madejas de lana de oveja, color blanco crudo, fibras hiladas artesanalmente. Cada madeja se preparó con un peso de 2 gr, para procurar que la madeja entera permaneciera dentro del baño durante el teñido a altas temperaturas.

Figura N° 5.2. Madejas de lana preparadas para la tintura



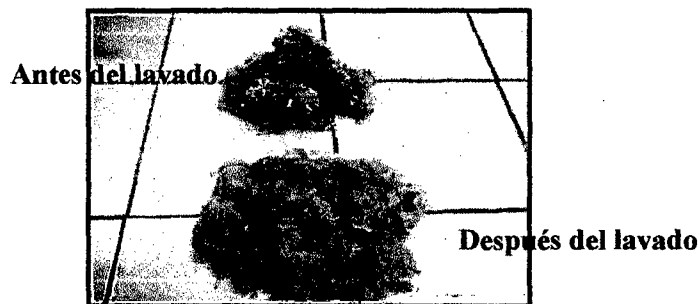
Fuente: elaboración propia

5.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las pruebas experimentales constaron de tres etapas:

- a. **Limpieza de las fibras de lana, previo al teñido:** Se realizó mediante un lavado con jabón de tipo carboxilato (jabón en barra) a temperatura de 60°C, seguido de un enjuague posterior con abundante agua corriente y finalmente secado con corriente de aire fresco. De esta manera se eliminó las grasas sin deterioro de la fibra. Sin grasa la fibra es hidrofílica y presentará mayor facilidad de teñido.

Figura N° 5.3. Muestras de lana antes y después del lavado



Fuente: elaboración propia

- b. **Extracción del colorante de las hojas de nogal,** utilizando como solvente el agua. La extracción se realizó a temperatura de ebullición y debido al volumen

de agua utilizado en la extracción el tiempo de extracción estimado fue de 2 horas aproximadamente.

La extracción se realizó para una relación P/P: 1/100 entre las hojas y el agua corriente.

Figura N° 5.4. Colorante extraído de las hojas de nogal



Fuente: elaboración propia

2.-**Tintura de la lana:** Sumergiendo las madejas de lana en el licor del colorante por media hora a la temperatura correspondiente.

Una vez teñidas las fibras de lana, los resultados se registraron fotográficamente para cada corrida experimental con la finalidad de realizar un primer análisis visual. Los resultados de todas las corridas experimentales realizadas fueron sometidas a evaluación de color con el Data color a fin de evaluar las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

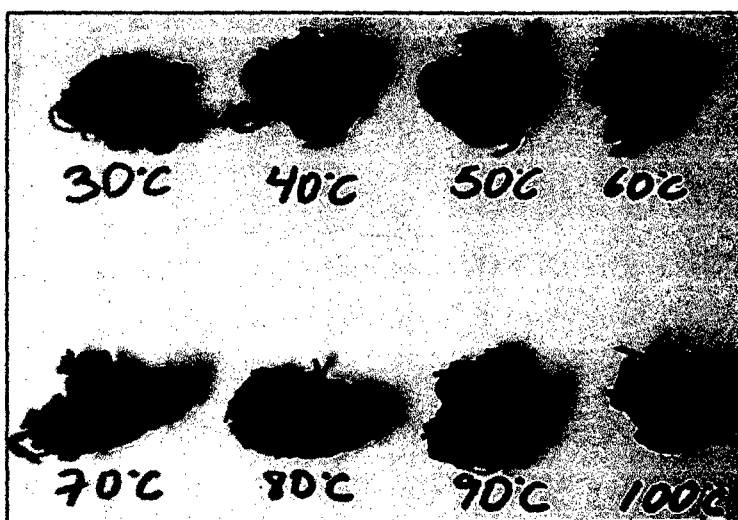
5.4 TECNICAS DE ANALISIS O METODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

Para la contrastación de la hipótesis se hará uso de Análisis de varianza de una sola vía a fin de determinar si existen o no diferencias significativas entre las diferentes tonalidades de color por efecto del teñido a diferentes temperaturas

VI. RESULTADOS

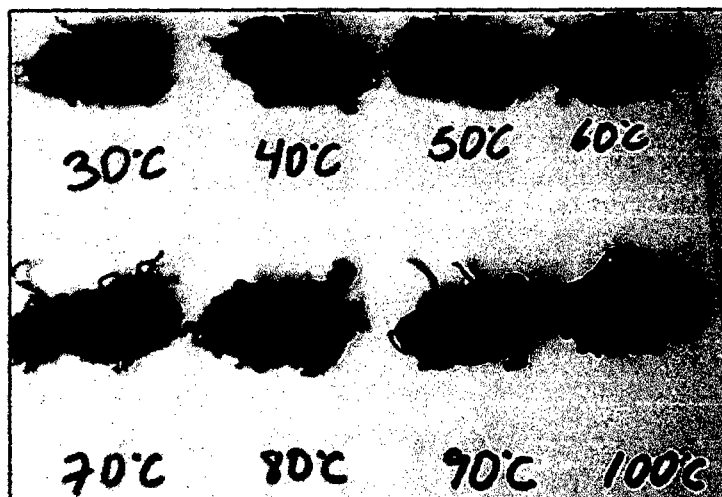
6.1 CARTA DE COLORES OBTENIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Fig. N° 6.1 Resultados obtenidos en la primera corrida.



Fuente: elaboración propia

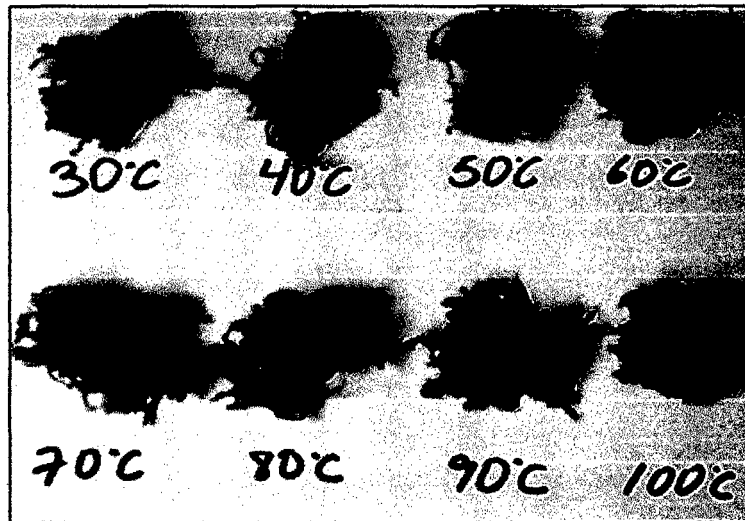
Fig. N° 6.2 Resultados obtenidos en la segunda corrida.



Fuente: elaboración propia

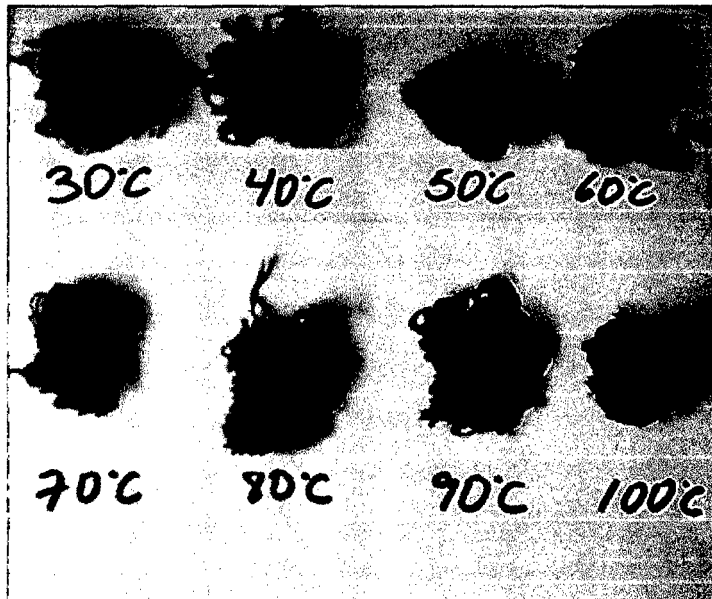
Handwritten signature or initials.

Fig. N° 6.3 Resultados obtenidos en la tercera corrida.



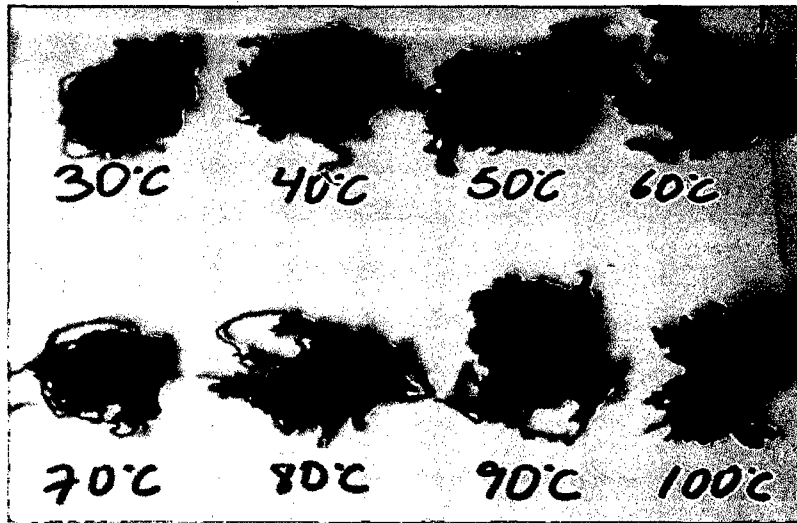
Fuente: elaboración propia

Fig. N° 6.4 Resultados obtenidos en la cuarta corrida.



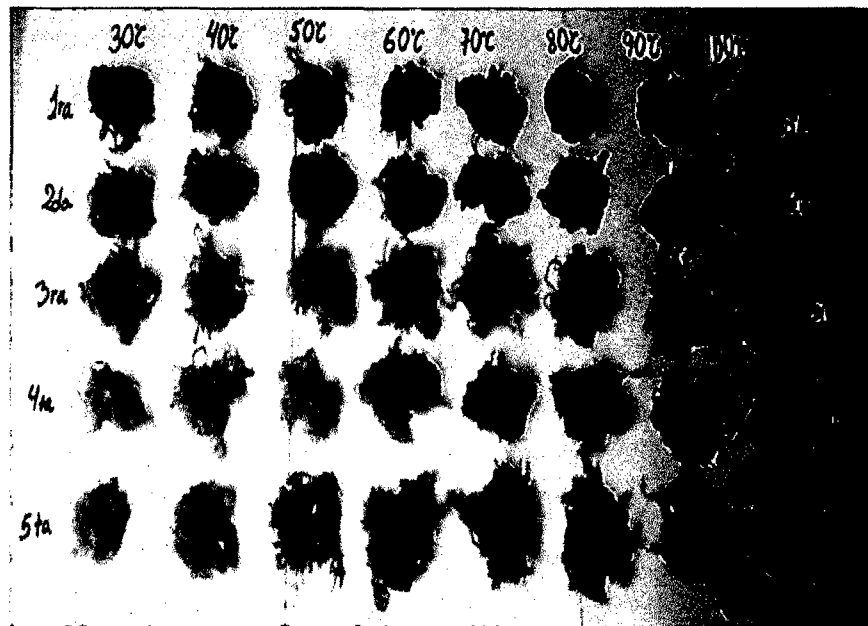
Fuente: elaboración propia

Handwritten signature or initials.



Fuente: elaboración propia

Fig. N° 6.6 Carta de colores obtenida a diferentes temperaturas.

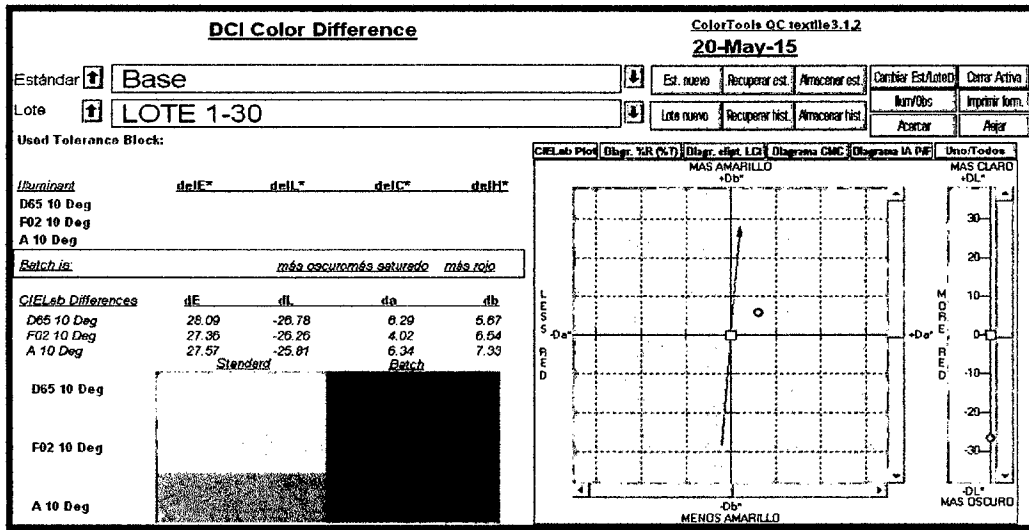


Fuente: elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN INSTRUMENTAL DEL COLOR

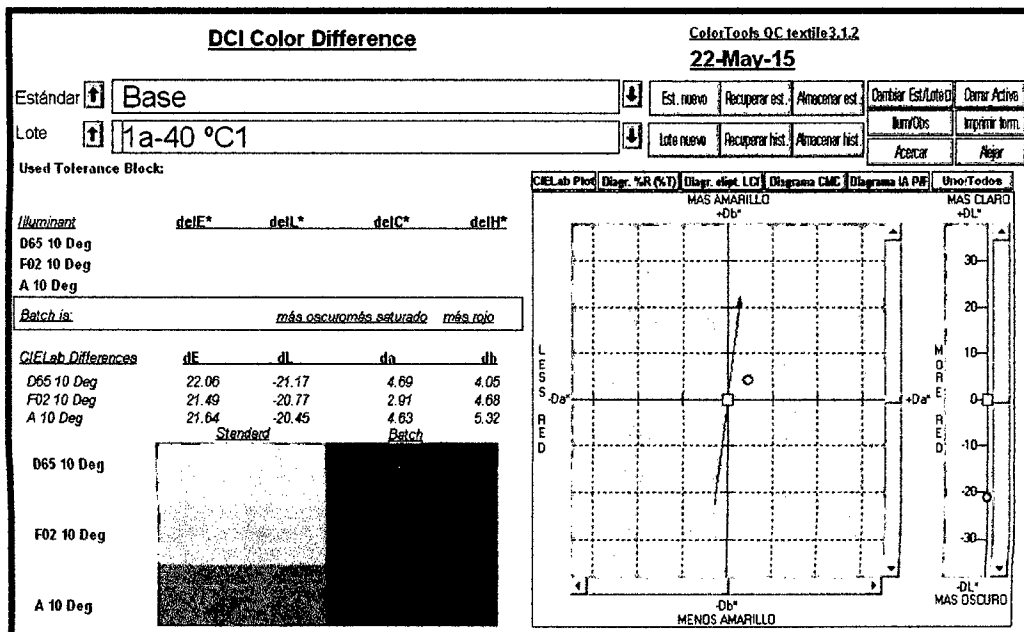
6.2.1. Diferencias de color con respecto a la muestra sin teñir

Fig. N° 6.7 Lectura de color para muestra 1-30°C



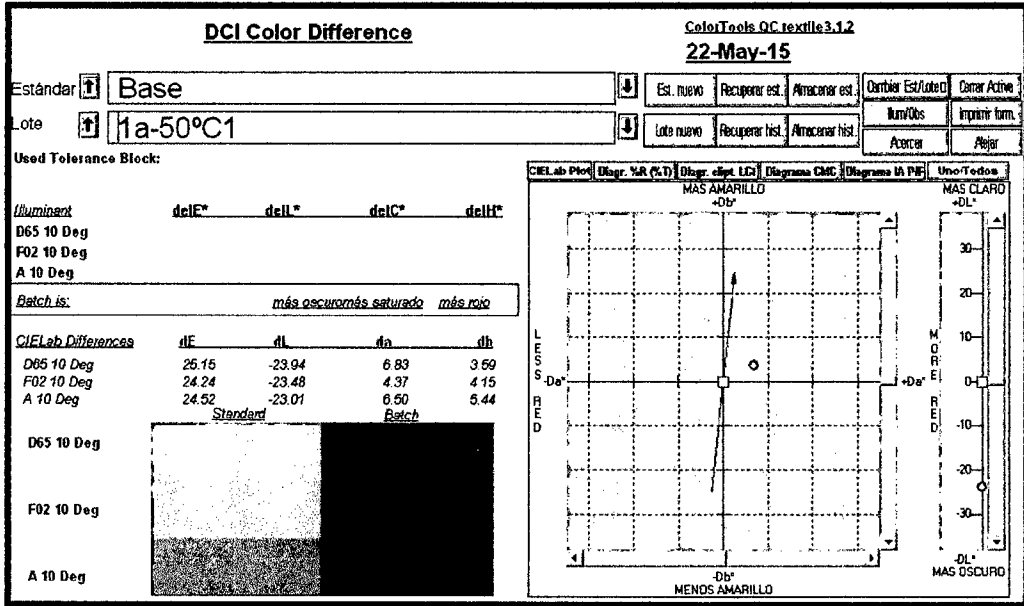
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.8 Lectura de color para muestra 1-40°C



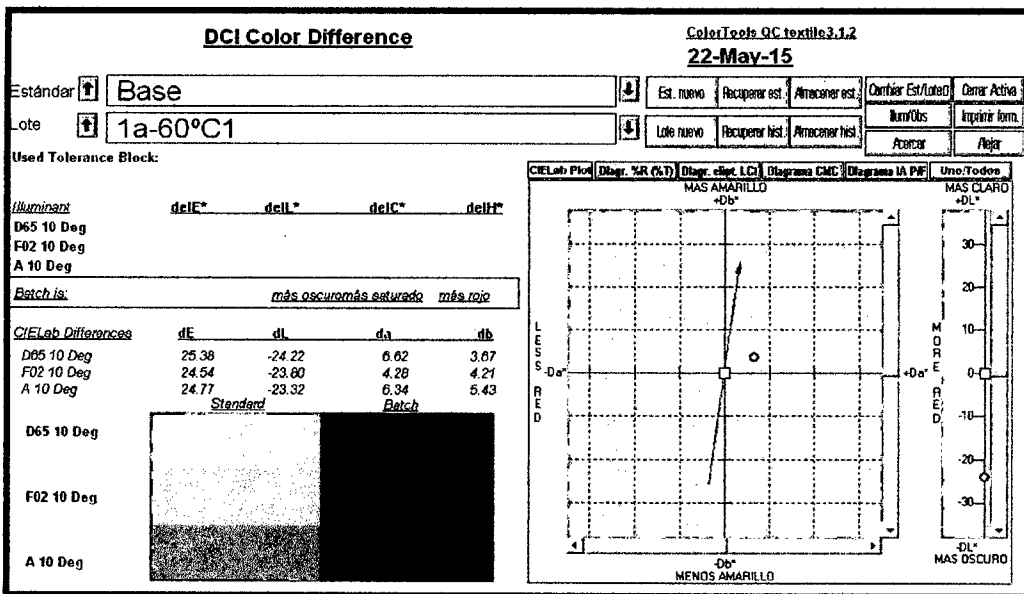
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.9 Lectura de color para muestra 1-50°C



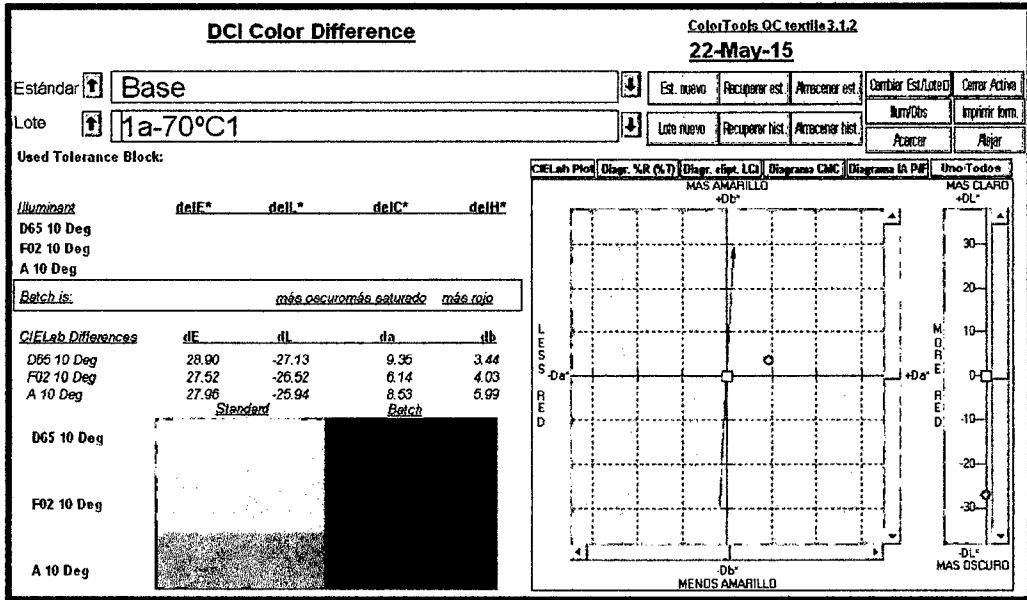
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.10 Lectura de color para muestra 1-60°C



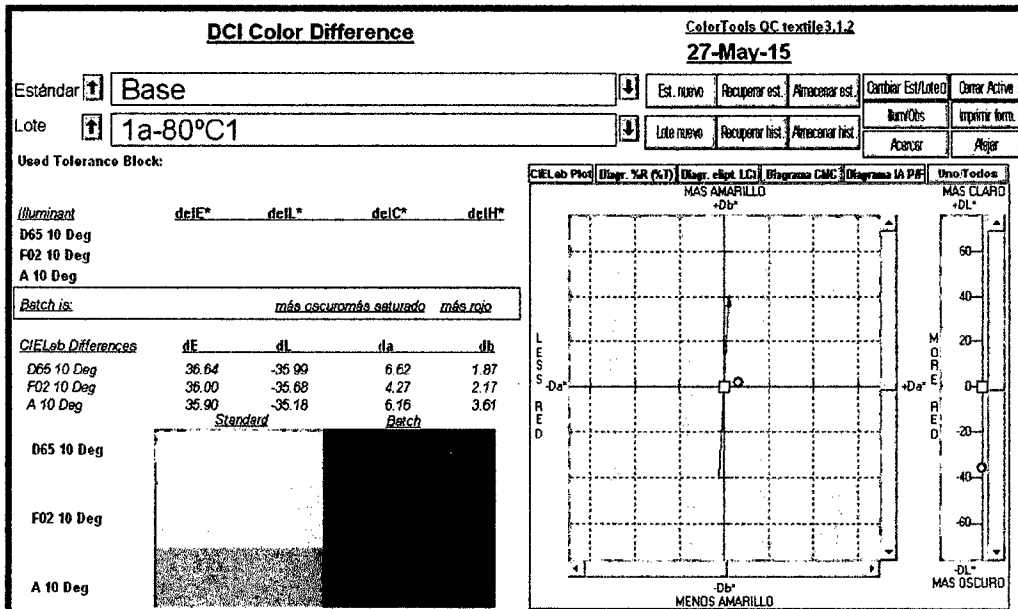
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.11 Lectura e color para muestra 1-70°C



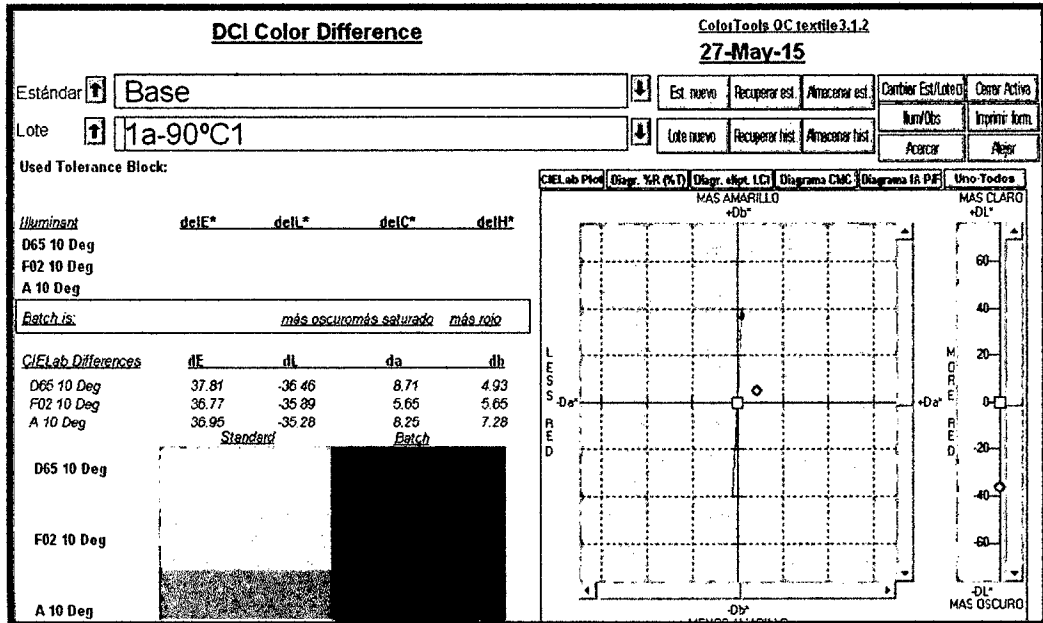
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.1.2 Lectura de color para muestra 1-80°C



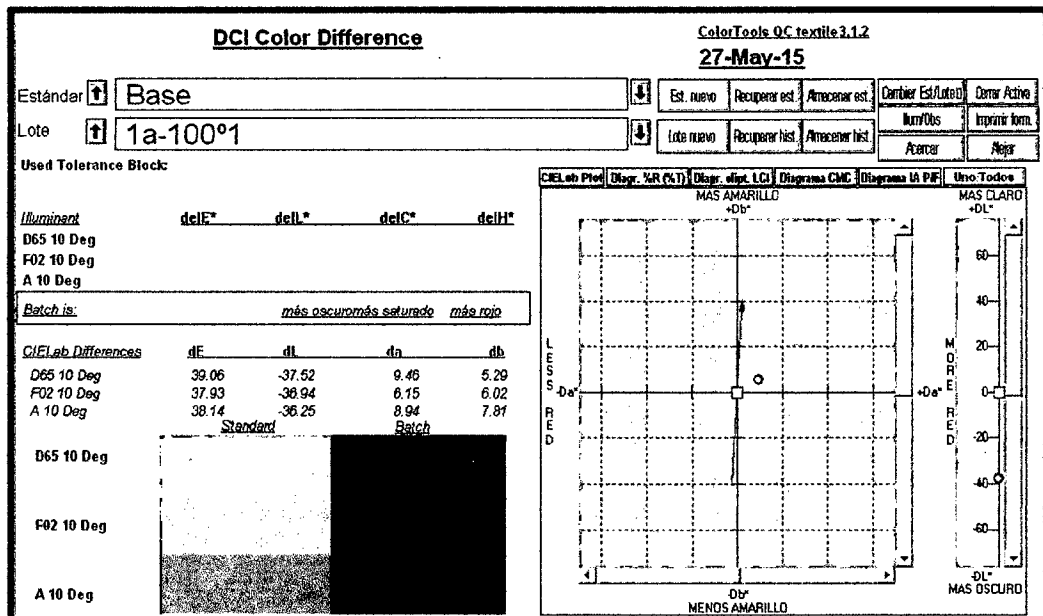
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.13 Lectura de color para muestra 1-90°C



Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.14 Lectura de color para muestra 1-100°C

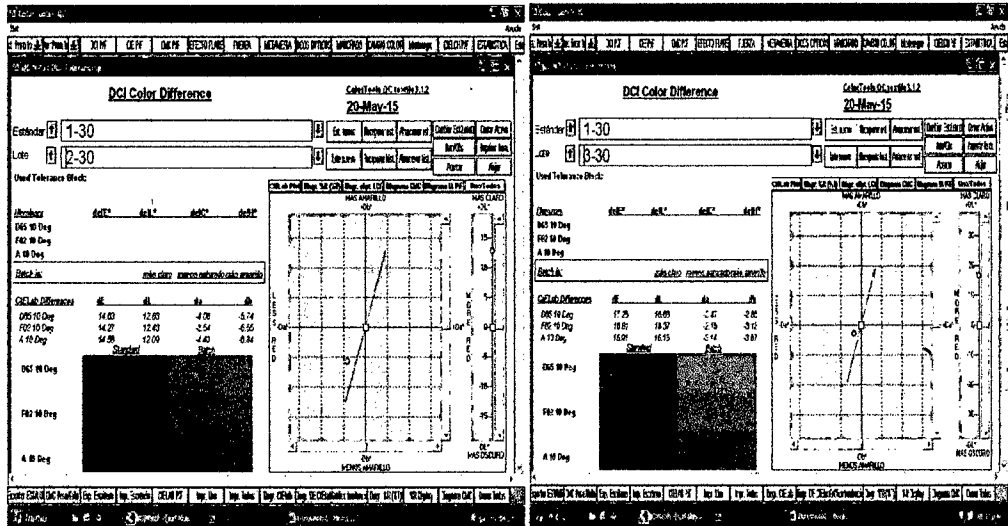


Fuente: Resultados reportados por el Data color

[Handwritten signature]

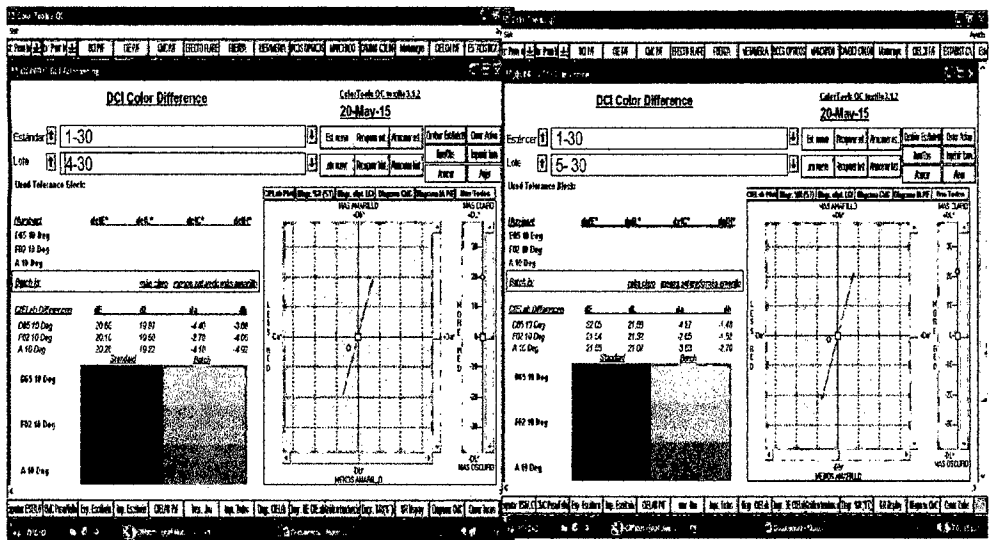
6.2.2. Diferencias de color entre muestras teñidas a la misma temperatura

Fig. N° 6.15 Lectura de color para muestras teñidas a 30°C



(a)

(b)

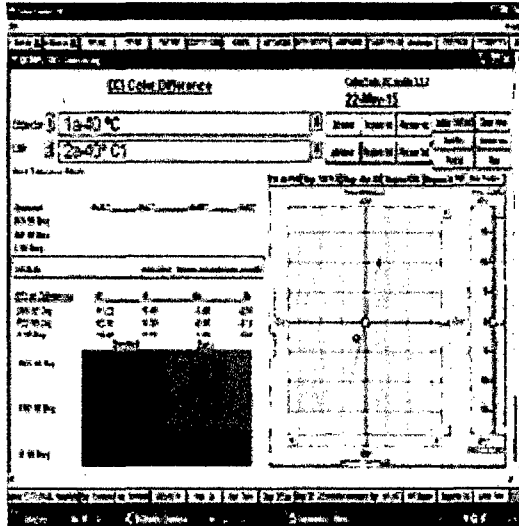


(c)

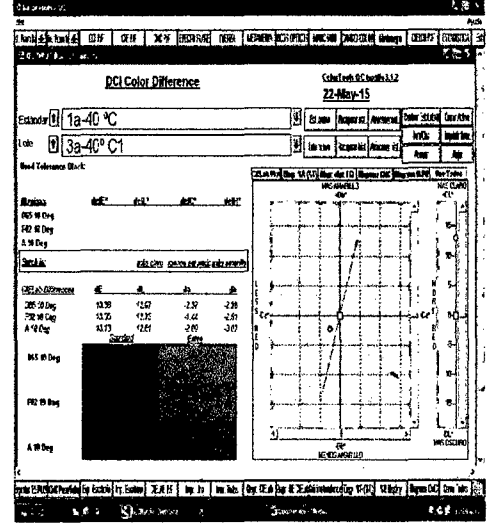
(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.16 Lectura de color para muestras teñidas a 40°C

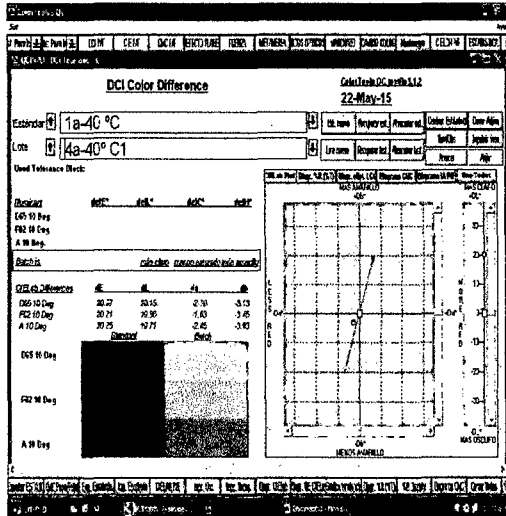


(a)

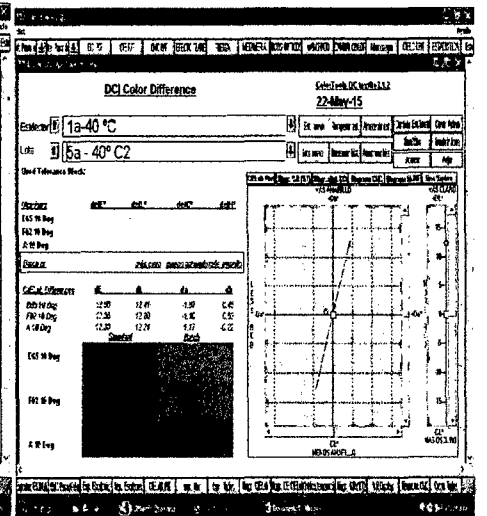


(b)

[Handwritten signature]



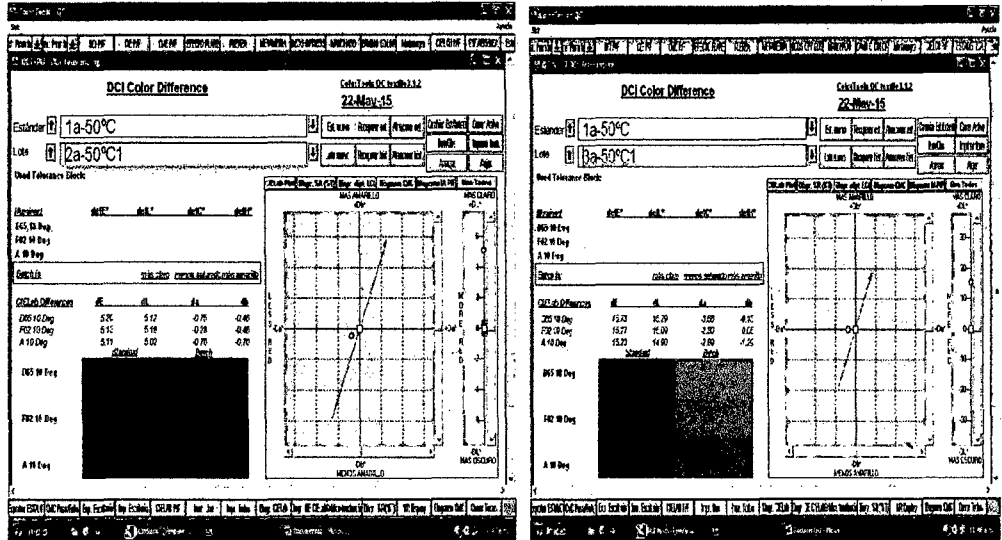
(c)



(d)

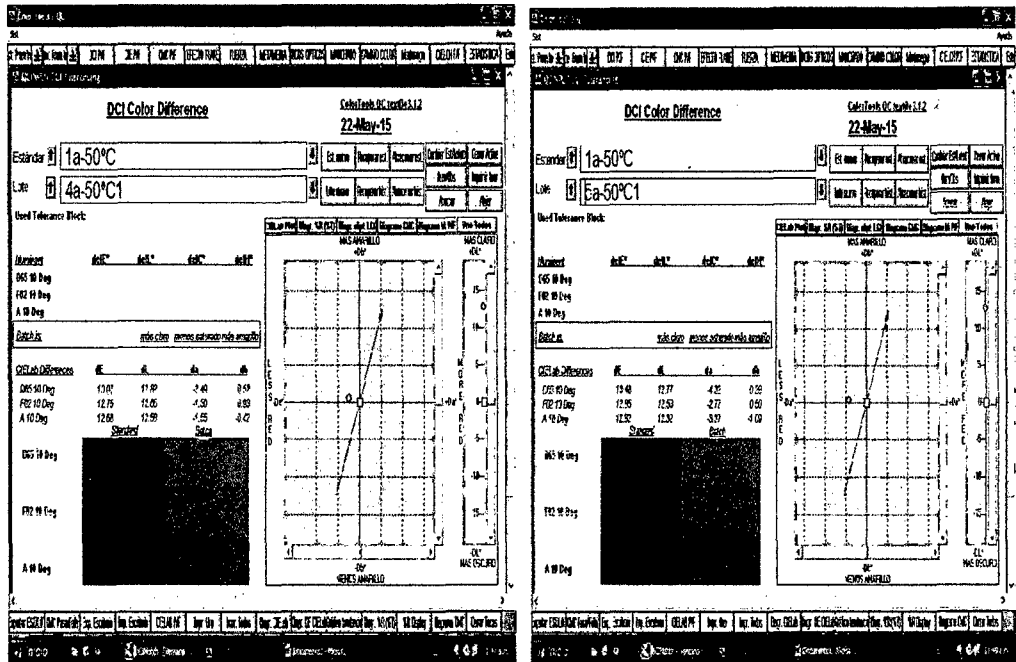
Fuente: Resultados reportados por el Data color

Fig. N° 6.17 Lectura de color para muestras teñidas a 50°C



(a)

(b)



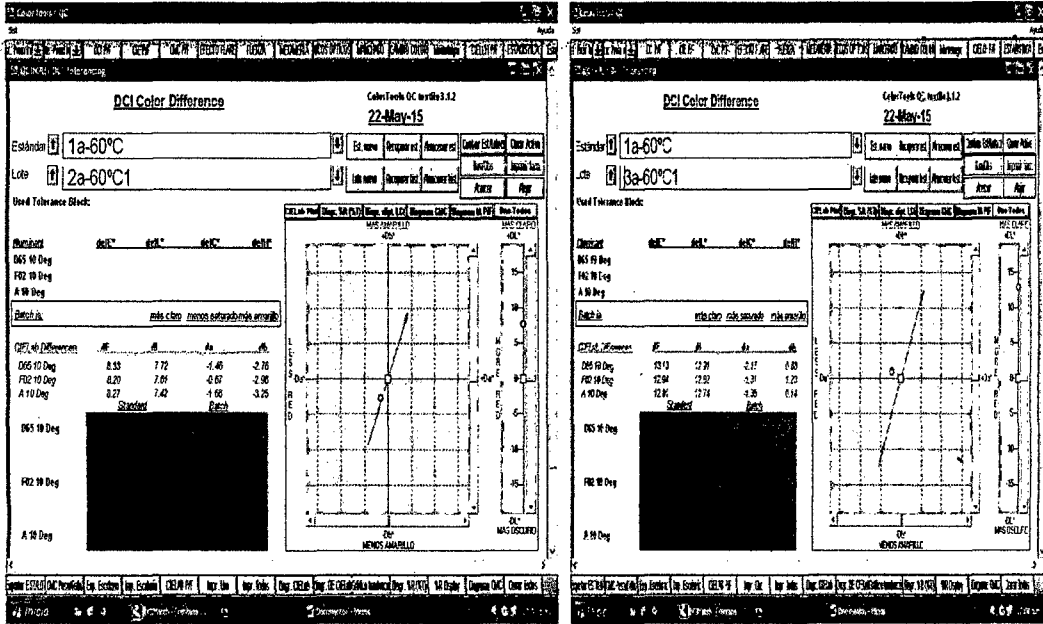
(c)

(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

Handwritten signature

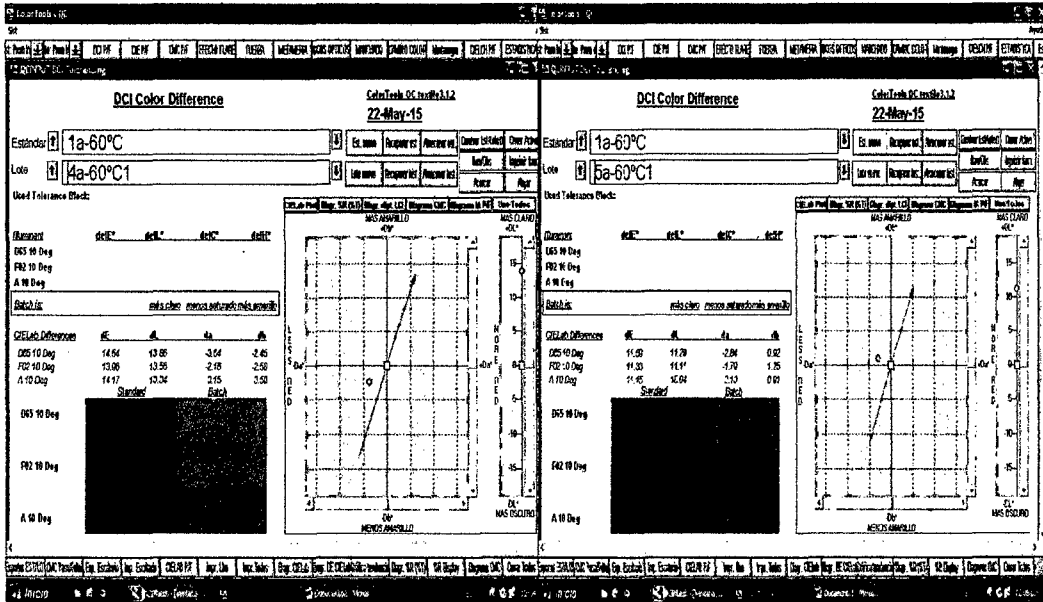
Fig. N° 6.18 Lectura de color para muestras teñidas a 60°C



(a)

(b)

[Handwritten signature]

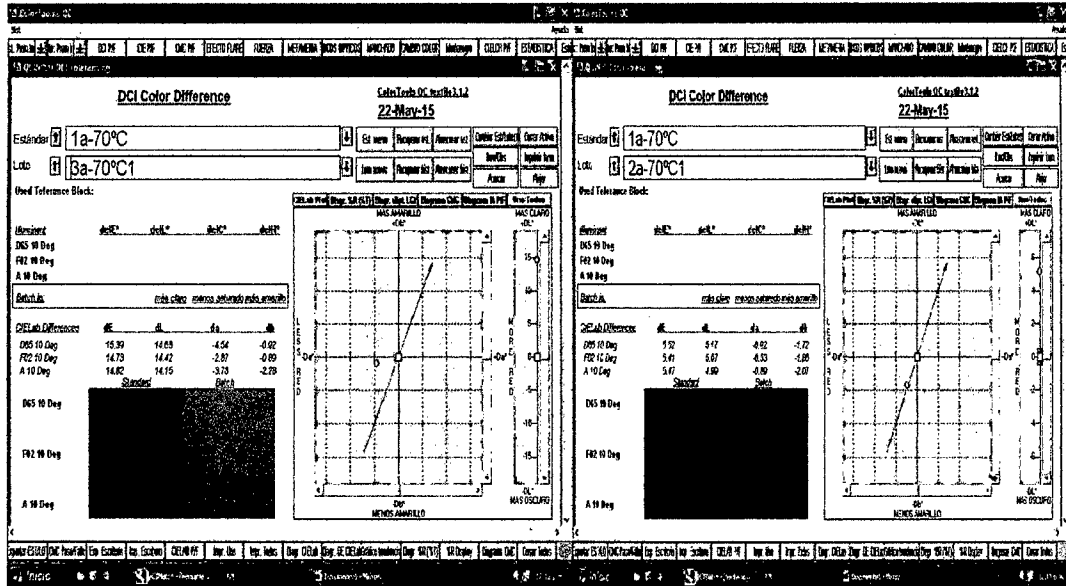


(c)

(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

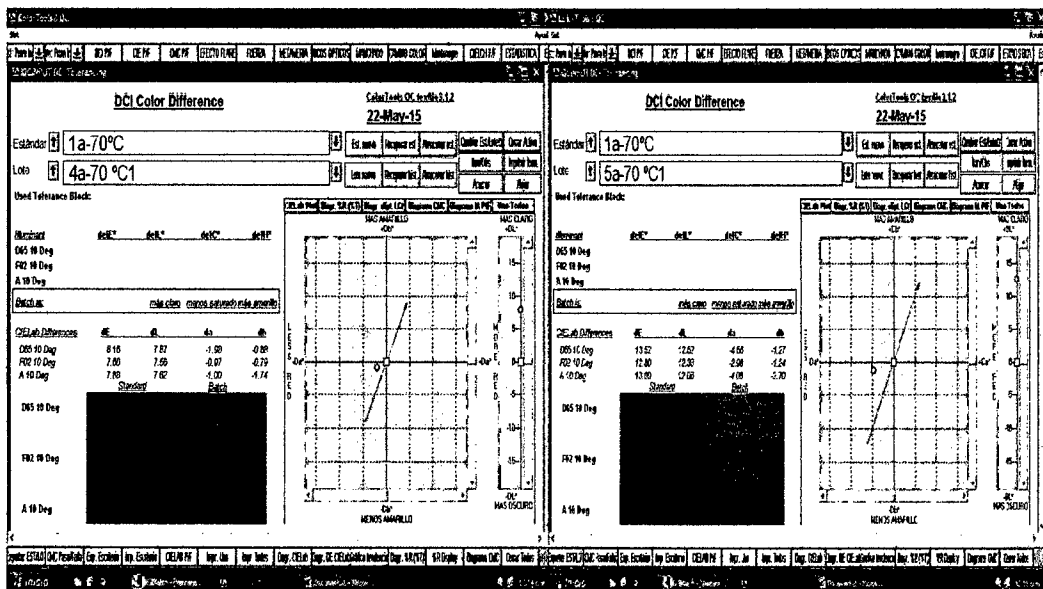
Fig. N° 6.19 Lectura de color para muestras teñidas a 70°C



(a)

(b)

Handwritten signature

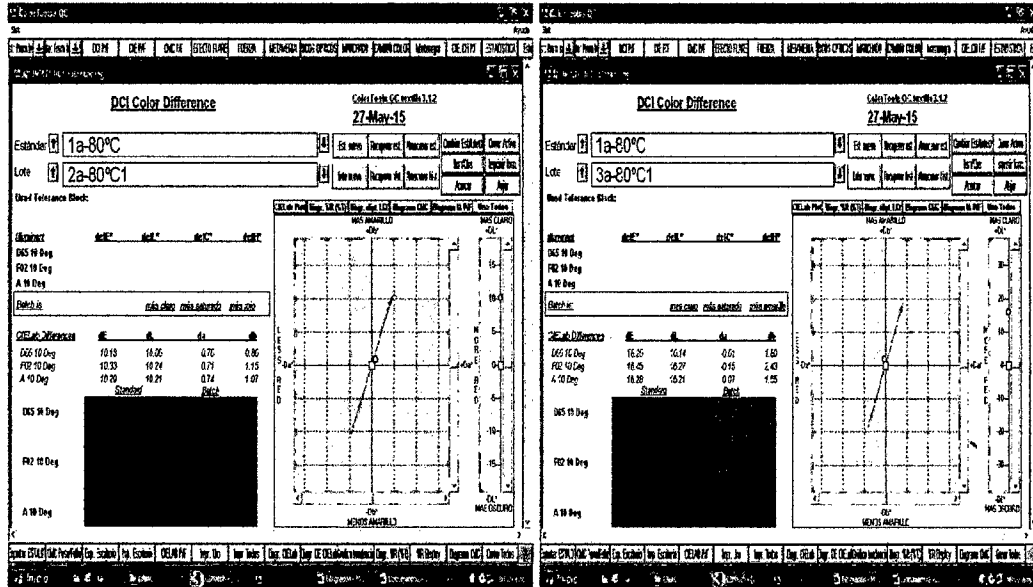


(c)

(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

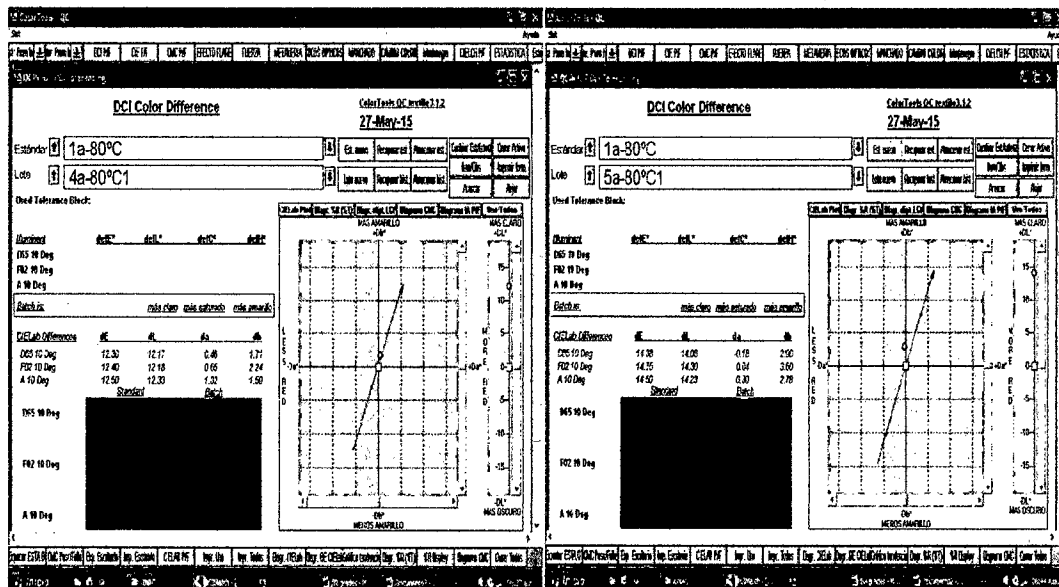
Fig. N° 6.20 Lectura de color para muestras teñidas a 80°C



(a)

(b)

[Handwritten signature]

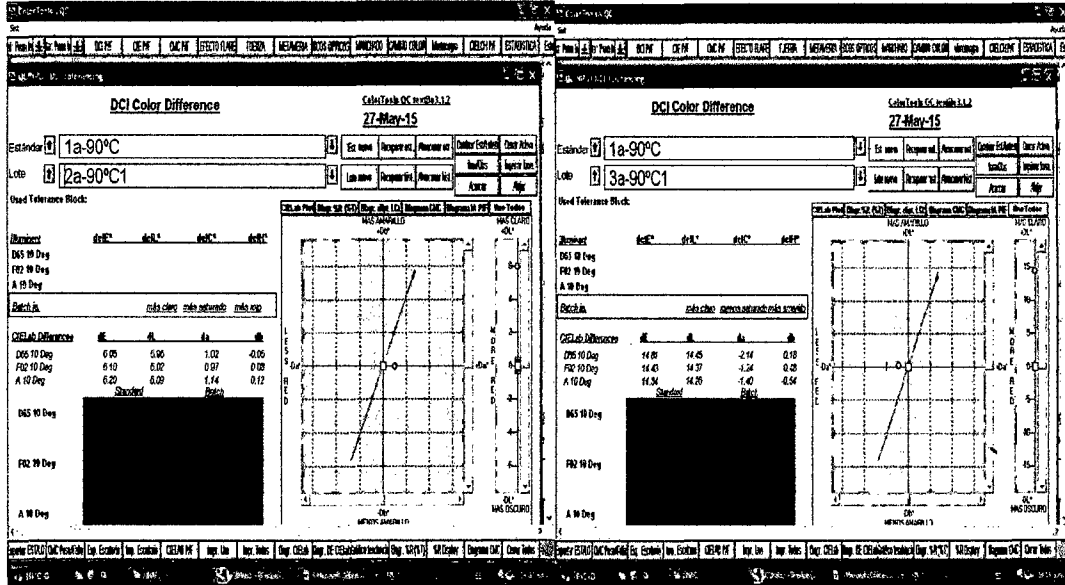


(c)

(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

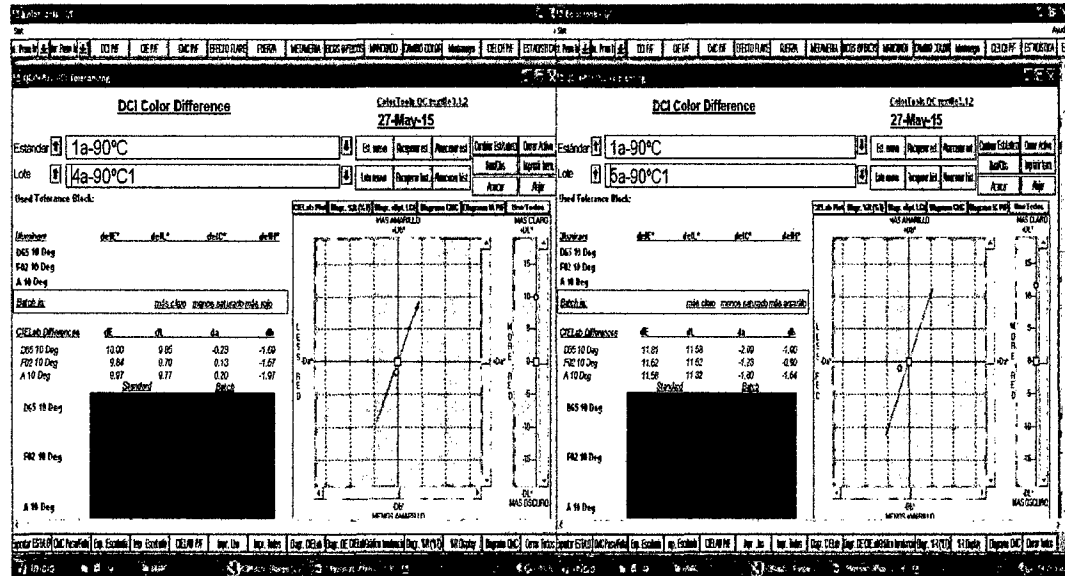
Fig. N° 6.21 Lectura de color para muestras teñidas a 90°C



(a)

(b)

[Handwritten signature]

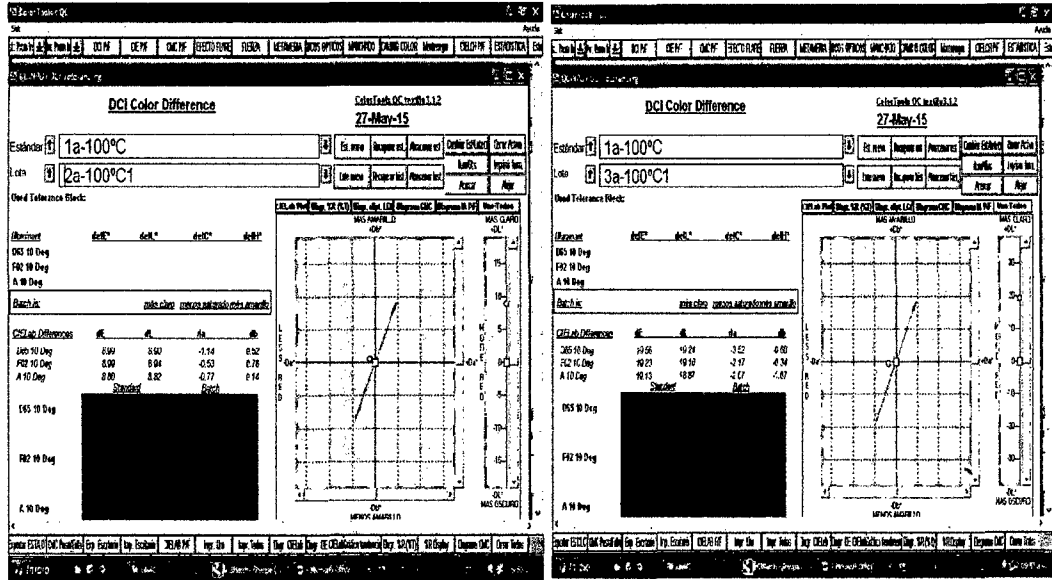


(c)

(d)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

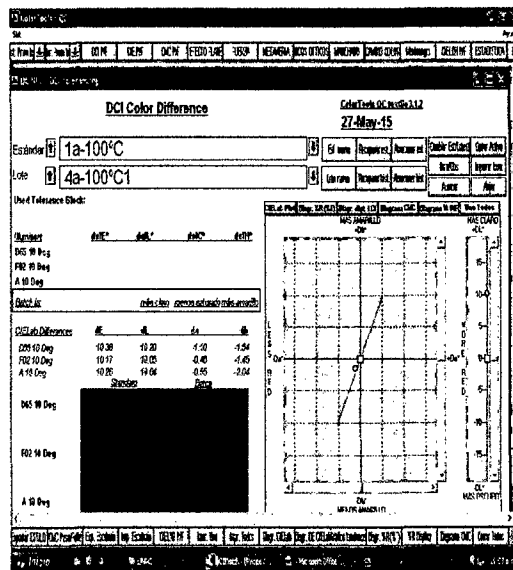
Fig. N° 6.22 Lectura de color para muestras teñidas a 100°C



(a)

(b)

Handwritten signature



(c)

Fuente: Resultados reportados por el Data color

6.2.3. Diferencia total del color (DE) con respecto a la muestra sin teñir (Patrón)

Tabla N° 6.1 Diferencia de color en lanas no teñido (patrón)-teñido en primera corrida

Temperatura (°C)	ΔE (iluminante D65)
30	28.09
40	22.06
50	25.15
60	25.38
70	28.90
80	36.64
90	37.81
100	39.06

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 6.2 Diferencia de color para las muestras teñidas a la misma temperatura (corridas exp. 1-5)

Temperatura °C	ΔE (iluminante D65)				
	1/patrón	2/1	3/1	4/1	5/1
30	28.09	14.63	17.26	20.68	22.05
40	22.06	11.02	13.38	20.57	12.56
50	25.15	5.20	15.73	13.07	13.48
60	25.38	8.33	13.13	14.54	11.59
70	28.90	15.39	5.52	8.16	13.52
80	36.64	10.13	16.25	12.30	14.38
90	37.81	6.05	14.61	10.0	11.81
100	39.06	8.99	19.56	10.38	-

Fuente: elaboración propia

6.2.3. Diferencias de color según sistema de tolerancia CMC (Pasa/Falla)

Tabla N° 6.3 Diferencia de color para las muestras teñidas a la misma temperatura (corridas exp. 1-5)

Temperatura °C	1/patrón	2/1	3/1	4/1	5/1
30	12.41	7.49	8.41	10.19	10.87
40	9.76	5.13	6.31	9.41	5.97
50	11.77	2.41	8.23	6.62	7.99
60	11.67	3.97	6.66	7.46	6.47
70	14.10	2.59	8.56	4.15	7.89
80	15.27	4.88	7.94	5.93	7.15
90	16.64	3.22	7.68	5.01	6.17
100	14.54	4.87	10.73	5.35	7.93

Fuente: elaboración propia

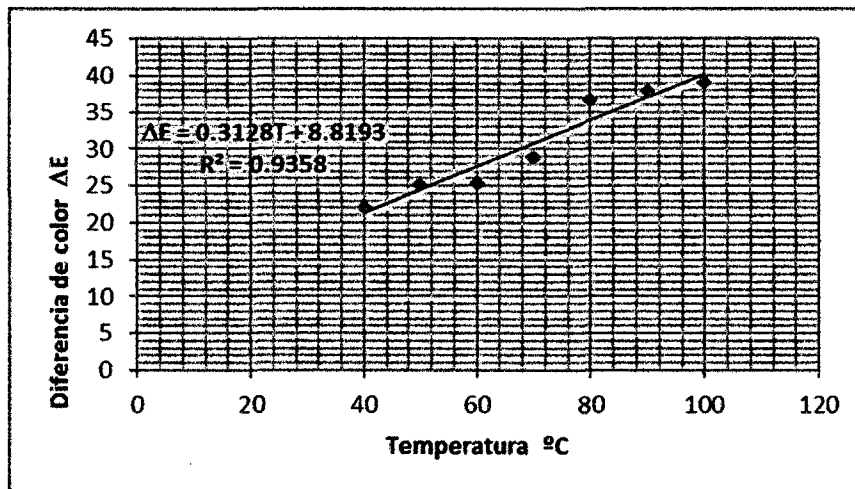
6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla N° 6.4 Teñido de lana expresado como ΔE con respecto a la temperatura de teñido en °C.

T°C	ΔE
40	22.06
50	25.15
60	25.38
70	28.90
80	36.64
90	37.81
100	39.06

Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 6.1 Índice de correlación entre Teñido de lana expresado como ΔE con respecto a la temperatura de teñido en °C.



Fuente: elaboración propia

Se observa que el 93,58 % de los datos se explican por medio de la ecuación $\Delta E = 0.3128 T + 8.8193$.

Donde, ΔE es la diferencia de color a diferente temperatura con respecto al estándar de 30°C.

Además se observa alta correlación entre la temperatura y color.

VII. DISCUSION

En las evidencias fotográficas (Fig. 6.1-6.6) se puede visualizar la influencia de la temperatura en el teñido de lana (fibras proteínica queratina) con hojas de nogal.

Esto mismo se puede confirmar con la medida instrumental de la variación del color entre un patrón (lana no teñida) y la muestras teñidas a partir de 30 °C (Fig. 6.7 – 6.13). Por lo que se puede concluir que **la lana puede ser teñida con el colorante extraído de las hojas de nogal obteniéndose diferentes tonalidades del color marrón, apreciables a partir de los 40 °C.**

En la Figura N° 6.6 se presenta la **carta de colores para el teñido de lana con hojas de nogal a diferentes temperaturas de teñido.** Además se verifica la diferencia de intensidad del color conforme la temperatura de teñido se incrementa por lo que se puede concluir que **el color se intensifica, probablemente producto de un mayor agotamiento del colorante, a temperaturas superiores a los 70 °C.** Aun cuando se ha observado que los colores obtenidos en cada corrida han sufrido variación, la tendencia a incrementar la intensidad con la temperatura se mantiene.

La tabla 6.24 y gráfico 6.1 indican que se logra 0,3128 unidades de incremento en la coloración por cada °C de temperatura para el rango de temperaturas desde 40°C hasta 100°C, por lo que se comprueba que **la temperatura influye en la variación del color por lo que el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal a diferentes temperaturas, permitirá obtener diferentes tonalidades del color,** tal como se sostenía en la hipótesis; pero de acuerdo a la carta de colores obtenida se observa que el color que refleja el teñido es marrón y que lo que varía son las tonalidades (saturación con otros colores) que lo hacen aparecer marrón con tonalidad más amarilla a las temperaturas entre 40 y 70 °C y marrón con tonalidad rojiza de 80 a 100 °C.

La hipótesis planteada sugería que las tonalidades a obtener estarían variando entre el amarillo y marrón mientras que los resultados obtenidos nos hacen concluir que **el color del teñido de lana con hojas de nogal varía con la temperatura de teñido desde marrón con tonalidad amarilla hasta marrón con tonalidad rojiza.**

Los resultados visuales indican que a temperaturas de teñido entre los 70 y 80 °C se produce variación de la tonalidad amarilla hacia el rojo siendo posible extender esta misma conducta entre los 60 y los 70 °C; aun cuando no ha podido establecerse **la temperatura crítica de cambio de tonalidad, se considera que ésta se halla alrededor de los 70 °C.**

La reproducibilidad del color con colorantes sintéticos que tienen características de concentración homogénea es difícil de alcanzar para dos lotes diferentes de teñido, por lo tanto es lógico suponer que la reproducibilidad del color con colorantes naturales es mucho más difícil de alcanzar ya que están expuestos a variaciones con las condiciones ambientales desde el mismo momento de su recolección. Esto explicaría la diferencia entre los colores de los teñidos realizados a la misma temperatura ya que se realizaron en diferentes corridas. Por lo que se recomienda que trabajos de investigación semejantes al presente se realicen en corridas simultáneas para prevenir interferencias.



VIII. REFERENCIALES

1. Aspland J.R., **Reactive Dyes and Their Application.** American Association of Textile Chemist & Colorist, Vol 24 (N°5), May 1992
2. Balick, M.J., Cox, P.A. PLANTS, PEOPLE AND CULTURE. THE SCIENCE OF ETHNOBOTANY. New York: Scientific American Library, 1996.
3. Buxadé, C. ZOOTECNICA BASES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL, Tomo VIII, Barcelona- España: ediciones Mundiprensa 1996.
4. Carr, C.M., 1995. CHEMISTRY OF THE TEXTILES INDUSTRY. Blacky Academic and Professional. Cambridge, pp. 361.
5. Costa, M. LAS FIBRAS TEXTILES Y SU TINTURA - VOL. II : QUIMICA TEXTIL, Lima- Perú: CONCYTEC 1990.
6. Hageneder, F., THE LIVING WISDOM OF TREES. Duncan Baird Publishers, London. 2005
7. Gibaja Oviedo, S. PIGMENTOS NATURALES QUINÓNICOS, Perú: UNMSM, Fondo Editorial, 1998.
8. Guirola, CA, TINTES NATURALES, Guatemala: Asociación FLAAR mesoamérica, 2010.
9. Gutierrez, UTILIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES EN EL TEÑIDO DE FIBRAS DE ALGODÓN EN TEJIDO DE PUNTO APLICADOS POR EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Guatemala, 2005.
10. ITACAB, TEÑIDO DE LANA CON NOGAL, Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales. Ficha tecnológica 296. Perú.
11. Klages, F. TRATADO DE QUIMICA ORGANICA, Tomo III, Zaragoza- España: Editorial Reverté S.A, 1968.



12. König, H y Liebich, G. ANATOMÍA DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS: TEXTO Y ATLAS EN COLOR, Volumen 2, Madrid: editorial médica panamericana, Segunda edición, 2008.
13. Leeder JD, Rippon JA, INT WOOL TEXT RES CONF. Vol IV. Tokio. Rivett ED. 1985
14. Lock S, O. COLORANTES NATURALES, Lima-Perú: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 1 ed. 1997.
15. Luna, C. M. FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS SOBRE LAS FIBRAS TEXTILES Y SU TINTURA, Informe final de investigación. UNAC, Callao 2010.
16. Luna, C. M. TEÑIDO DE FIBRAS PROTEÍNICAS (QUERATINA) CON HOJAS DE NOGAL, EN FRIO, Informe final de investigación. UNAC, Callao 2013.
17. Olaya, J.M y Mendez F.J. GUÍA DE PLANTAS Y PRODUCTOS MEDICINALES, Bogotá- Colombia: Convenio Andrés Bello, 2005.
18. Pareja, B. Los tintes para el cabello. Folia Dermatológica Peruana, 2000, Vol. 11 N° 3
19. Rodriguez, M. Citoquinas y Piel (Parte I). Inmunodermatología. Folia Dermatológica Peruana - Vol. 6 • N.º 3 Setiembre de 1995
20. Sharapin, N. FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FITOTERAPEÚTICOS, Bogotá- Colombia: CYTED, 2000.
21. Vilchez, M. Susana, NUEVOS TRATAMIENTOS DE LANA CON ENZIMAS. Barcelona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Universidad de Barcelona. 2005.
22. Yoshiko, S. COLORANTES NATURALES. México: Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, 1996.
23. Zelansky, P. y Fisher, M., COLOR. Madrid Ed. AKAL, 2001.
24. RADBOUD UNIVERSITEIT, **¿Cómo reconocer a qué especie pertenece un árbol específico?**. Disponible en: www.bomengids.nl/uk/hoofdsleutel.html&prev=search. Consultada el 17 de Julio 2015

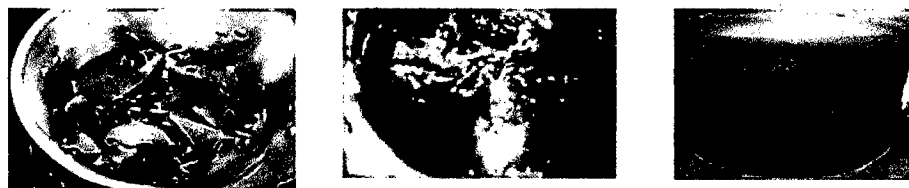


IX. APÉNDICE

Tabla N° 9.1. Plan de pruebas experimentales

Temperatura (°C)	Corridas experimentales				
30	C1	C2	C3	C4	C5
40	C1	C2	C3	C4	C5
50	C1	C2	C3	C4	C5
60	C1	C2	C3	C4	C5
70	C1	C2	C3	C4	C5
80	C1	C2	C3	C4	C5
90	C1	C2	C3	C4	C5
100	C1	C2	C3	C4	C5

Figura 9.1. Extracción del colorante



Fotografías tomadas durante la extracción del colorante

Fig. 9.2. Toma de lecturas en el DATA color



Fotografías de las muestras de lana preparadas para la investigación



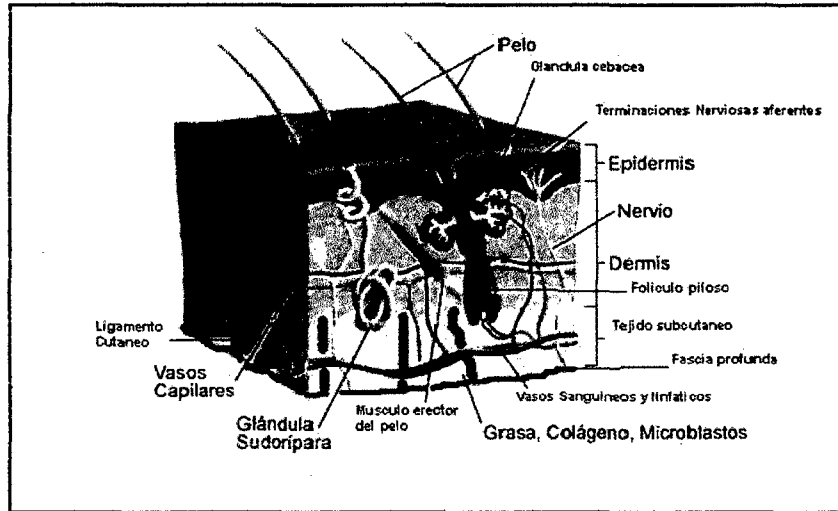
X. ANEXOS

10.1 Matriz de Consistencia: "Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cómo influye la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>1. ¿Qué colores y tonalidades se obtienen tiñendo la fibra proteínica (queratina) con hojas de nogal, a diferentes temperaturas?</p> <p>2. ¿Cuál es la temperatura crítica en la que las fibras proteínicas (queratina) teñidas con hojas de nogal experimentan cambio de color</p>	<p>GENERAL:</p> <p>✓ Determinar la influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>✓ Elaborar la carta de colores del teñido de las fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, a diferentes temperaturas.</p> <p>✓ Determinar la temperatura crítica en la que las fibras proteínicas (queratina) teñidas con hojas de nogal experimentan cambio de color.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>✓ El teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal a diferentes temperaturas, permitirá obtener diferentes tonalidades del color amarillo y marrón.</p> <p>ESPECÍFICA</p> <p>✓ A diferentes temperaturas de teñido, de las fibras proteínicas (queratina) teñidas con hojas de nogal, se obtendrán diferentes tonalidades de color.</p> <p>✓ Existe una temperatura crítica en la que las fibras proteínicas (queratina) teñidas con las hojas de nogal experimentan un cambio de color</p>	<p>VI</p> <p>Temperatura</p> <p>VD</p> <p>✓ Color</p> <p>✓ Tonalidad</p>	<p>Como se trata de una investigación experimental se empleará el análisis observacional, registrando datos previos y posteriores a la aplicación del proceso en prueba y la comparando resultados obtenidos mediante análisis organolépticos e instrumental según se requiera.</p> <p>Se trabajarán sobre muestras tomadas aleatoriamente de un paquete de fibras de lana.</p>	<p>Fibras proteínicas (queratina): Lana.</p> <p>Se trabajará con muestras de fibras (fibras sueltas ó hilos) lavadas y de color claro de lana de oveja.</p>

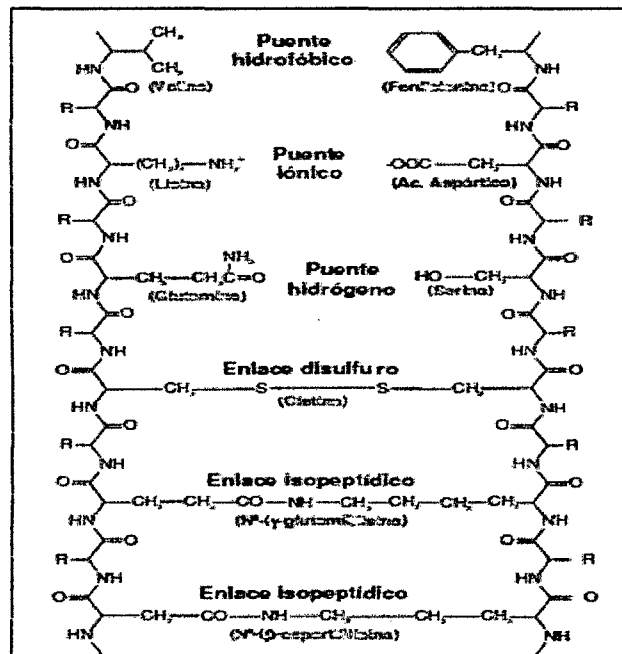
10.2. Tablas, figuras y gráficas de las fuentes de información

Figura N° 10.1. Partes de la piel



Fuente: M. Rodríguez (1971).

Figura N° 10.2 Unión de cadenas peptídicas en la fibra de lana



Fuente: S. Vilchez (2005)

[Firma manuscrita]