

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

AGO 2013



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE  
 INGENIERÍA QUÍMICA

**Teñido de fibras proteínicas (queratina) con  
 hojas de nogal, en frio**

Ing. Carmen Mabel Luna Chávez

(Período de ejecución: 24 meses. Del 01 de Setiembre 2011 al 31  
 de Agosto 2013)

Resolución N ° 942-2011-R . Resolución N ° 046-2011 - CGFIQ)

1110  
 05-08-201-  
 249.

Callao, Agosto 2013

## INDICE

I. RESUMEN /	Pág.	01
II. INTRODUCCIÓN /		02
III. MARCO TEORICO /		
<b>1. Fibra proteica: Lana</b>		<b>04</b>
1.1 Fibras proteicas		04
1.2 Lana		05
1.2.1 Formación de la fibra		05
1.2.2 Estructura de la Lana		07
1.2.3 Propiedades de la Lana		10
1.2.4 La Queratina		14
1.3 Tintura		16
1.3.1 Factores que influyen en la cinética de la tintura		17
1.3.2 Temperatura de tintura		18
1.3.3 Métodos tintura de la lana		18
1.3.4 Tintura con colorantes sintéticos		19
<b>2. El nogal: colorante natural</b>		<b>21</b>
2.1 Colorantes naturales		21
2.2. Generalidades del nogal		23
2.2.1 Nombre a lo largo del mundo		23
2.2.2 Taxonomía		23
2.2.3 Origen		24
2.2.4 Usos del nogal		24
2.3 Antecedentes del teñido con nogal		25

<b>3. Teñido con colorantes naturales</b>	30
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	33
4.1 Selección de muestra.	33
4.2 Unidad de análisis	35
4.3 Insumos, materiales y equipos.	35
4.4 Plan de pruebas experimentales	36
4.5 Parte experimental	38
4.5.1 Limpieza de las fibras de lana, previo al teñido	38
4.5.2 Extracción del colorante y tintura de la lana	38
4.5.3 Recetas y curva utilizadas	39
4.5.4 Teñido	41
<b>V RESULTADOS</b>	42
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	43
6.1 Teñido en frío	43
6.2 Influencia del lavado previo de las hojas	44
6.3 Influencia de la temperatura	46
6.4 Influencia del humectante	48
6.5 Influencia del electrolito	50
6.6 Influencia del tiempo de teñido	53
<b>VII REFERENCIALES</b>	56
<b>VIII APÉNDICE</b>	58
<b>IX ANEXOS</b>	60

## RESUMEN

El teñido de las fibras proteínicas (queratinas) como la lana, hoy en día es realizado con colorantes ácidos y reactivos en medio ácido. Sin embargo la constitución química de la fibra también posibilita la tintura por colorantes naturales de manera directa o con el uso de mordientes, tal como lo hacían en tiempos remotos.

El presente trabajo de investigación, trata de rescatar una técnica que utiliza las hojas de nogal para teñir a la lana por maceración en agua y a ebullición, pero a diferencia de ésta, se plantea realizarlo en frío, tratando de incorporar productos auxiliares y reactivos utilizados a nivel industrial y estudiando la influencia que el tiempo pueda tener en la misma.

El colorante utilizado es el extraído de las hojas de nogal, con el cual se ha conseguido teñir hilos de lana en color marrón amarillento (beige), resultando que el teñido es posible de realizar a temperaturas entre 25 y 40 °C (“en frío”), directamente por el sistema de teñido por agotamiento tanto en 30 como a 60 minutos. Sin que necesariamente el teñido requiera del uso de productos auxiliares o electrolito.



# Dyeing of protein fibers (keratin) with walnut leaves in cold

## ABSTRACT



The dyeing of protein fibers (keratins) as wool, is today performed with acid dyes in acidic medium and reagents. However, the chemical composition of the fiber also enables dyeing natural dyes directly or with the use of mordants, as they did in ancient times.

The present research, trying to rescue a technique using walnut leaves to dye the wool by soaking in water and boil, but unlike the latter, do arise in cold, trying to incorporate auxiliaries and reagents used to industrial and studying the influence that the time may have on it.

The dye used is extracted from leaves of walnut, which has been achieved in wool dyeing yarns yellowish brown color (beige), resulting in that the dyeing is possible to perform at temperatures between 25 and 40 ° C ("cold"), directly by the exhaustion dyeing system in both 30 and 60 minutes. Without necessarily requiring the use of dyeing auxiliaries or electrolyte.

1119  
251  
05-08-2013.

## II INTRODUCCION

Las fibras proteínicas naturales mas importantes son la lana y la seda, cuyos componentes fundamentales son la queratina y fibroína, respectivamente. Los tejidos de lana son ampliamente usados por ser flexibles, elásticos, y aislantes térmicos, estas particularidades le permite ser utilizada preferentemente como fibra textil.

Los colorantes más utilizados para el teñido de la lana son colorantes sintéticos, y entre ellos los colorantes ácidos, denominados así por que para que el colorante se fije en la fibra es necesario el medio ácido. Estos colorantes son en gran porcentaje colorantes azoicos, cuya toxicidad en ciertos casos está demostrada.

Antiguamente, el teñido de fibras naturales con colorantes también naturales tuvo gran importancia, la que disminuyó con la invasión de fibras sintéticas; en la actualidad, al encontrarnos en una era con tendencia a tecnologías menos contaminantes, la importancia del uso de fibras y colorantes naturales ha cobrado espacio.

Es conocido en ciertas zonas rurales, que la corteza del nogal tiñe la lana y el cabello canoso en tonos marrones. Las hojas y ramas del nogal son fuente del color marrón. Su uso ancestral por las culturas andinas para el teñido de lana también es conocido.

Dentro de un proceso de tinción, son muchos los factores que se debe tomar en cuenta para obtener un buen teñido de fibras textiles. En el presente informe se trata de recopilar los fundamentos más importantes para un proceso de teñido en frio con el colorante de las hojas del nogal.

Por ello el objetivo de la investigación es: Diseñar un proceso para la tintura de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, a bajas temperaturas. Para lo cual, además se han considerado como objetivos específicos:



- Diseñar una curva de tintura para el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, a bajas temperaturas.
- Determinar la mínima temperatura de teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal para la curva de tintura diseñada.
- Determinar los parámetros principales de la tintura de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal para la curva de tintura diseñada.
- Formular la receta para la tintura de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal.
- Determinar la solidez de la tintura de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal.

Los resultados de la presente investigación, constituirían un aporte tecnológico y su puesta en ejecución es importante porque:

Aportará un nuevo proceso tecnológico para el teñido de fibras proteínicas (queratinas); se trata de un proceso tecnológico no contaminante o de menor carga contaminante que los actualmente utilizados, toda vez que hará uso de un colorante natural; constituye un aporte a la ecología textil, al tratar una fibra natural con colorantes naturales y además a temperatura ambiental.



### III MARCO TEORICO

#### 1. FIBRA PROTEINICA: LANA

##### 1.1. Fibras proteicas

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)

De acuerdo a su composición química las fibras textiles pueden clasificarse según la tabla N° 1.

**Tabla N° 1. Clasificación de las fibras textiles**

<b>Por su composición química</b>	<b>Fibras celulósicas</b>	Naturales
		Regeneradas
	<b>Fibras proteínicas</b>	
	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)

## **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 domésticas también 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.

### **1.2.1. Formación de la fibra.**

La fibra esta constituida por una cutícula, la corteza y médula (que depende el grosor de la lana, en las mas finas casi no es apreciable). Alrededor de células cilíndricas internas existe, en dirección longitudinal, una capa de células fusiformes, agrupadas en microfibrillas y fibrillas que constituyen la parte principal de la fibra proteínica.

Para comprender mejor como se forma la lana y sus propiedades, es conveniente revisar literatura sobre la piel que es donde se forman las células.

La piel 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 dado 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 es el que tiene 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.

En dirección longitudinal, el folículo puede dividirse en las siguientes regiones:

-región del bulbo

-región por encima del bulbo

-tercio superior del folículo.

**a. Región del bulbo:** Dentro de esta se encuentra la papila, que comprende un grupo de células de la dermis. El bulbo contiene las células germinativas, se multiplican para proveer las células de la fibra. Las células mueren y son expulsadas del folículo con fibra de lana. Este proceso de endurecimiento de las células se llama queratinización debido a que se forma una proteína insoluble.

**b. Región por encima del bulbo:** Esta región tiene una forma ligeramente en espiral, y además es más gruesa de un lado que del otro, ya que el folículo tiene una especie de hinchazón en uno de sus lados. Las células de la fibra están diferenciadas, y la propia fibra se queratiniza a medida que es rodeada por las capas ya queratinizadas de la vaina interna de la raíz.

**c. Tercio superior del folículo:** En esta región la vaina externa de la raíz tiene una estructura similar a la epidermis. La membrana del folículo y la parte superior de los productos de las glándulas sudoríparas y sebáceas, están alineadas con varias capas de células cornificadas<sup>1</sup>.

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

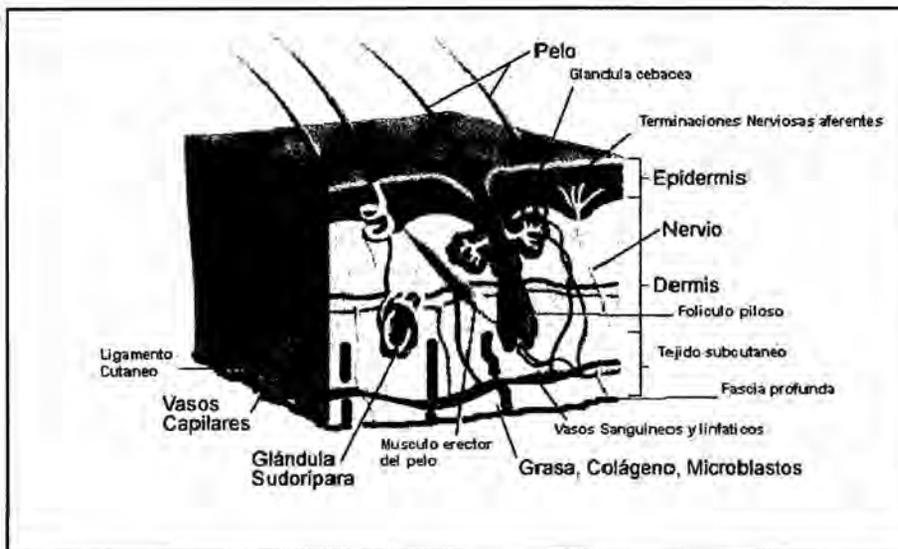
---

<sup>1</sup> Cornificaciones: engrosamiento producido por aumento de células queratinizadas.

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.

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).

**Figura 1. Partes de la piel**



Fuente: Diversas fuentes de anatomía y fisiología animal.

### 1.2.2. Estructura de la Lana.

La estructura orgánica de la lana es muy compleja ya que se compone de varias partes, las principales que tienen estructura y propiedades distintas, son: la corteza o cutícula, el cortex y la médula.

**La corteza o cutícula:** Está compuesta por escamas que redondean a la fibra dispuesta como las escamas de un pez, compone el 10% total de la fibra y son fácilmente observables al microscopio. Las escamas tienen un ancho promedio de 35 micras y

mientras que su longitud oscila entre las 30 micras. Según la finura de la fibra el número de escamas para redondear 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 con lo que su superficie será más lisa y con mayor brillo.

La función de la cutícula de la lana es la de sujetar durante el crecimiento dentro del folículo así también de dar resistencia de 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 de polisacárido y ocupa el 1% de la fibra en total.

**El cortex:** 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.

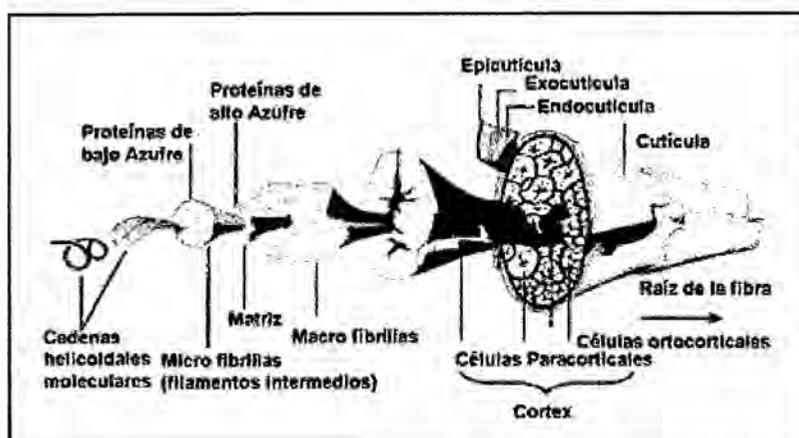
Está formado por células corticales que tienen forma de óvalos alargados estas tienen una longitud entre 80 y 100 micras y una anchura entre 2 y 5 micras. Estas células corticales se encuentran formadas por unas fibrillas más pequeñas llamadas macrofibrillas, y estas se componen de otras más pequeñas 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. 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 queratización<sup>2</sup>.

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.

**Figura 2. Estructura de la fibra de lana**



Fuente: [www.cuencarural.com](http://www.cuencarural.com)

**La medula:** La medula se puede presentar de manera continua o discontinua, a si mismo en muchos casos la medula tiende a romperse formando espacios vacios de aire que producen un efecto de reflexión de la luz produciendo un color blanco de tiza especialmente en el pel caní (pelo canino), que son fibras cortas, muy gruesas que terminan en punta esto debido a que su raíz se ha dañado cortando su crecimiento normal por mala alimentación, posible enfermedad del animal y por ambientes inadecuados; las segundas forman el pelo o fibras lisas son de igual longitud que las fibras normales debido a que en estas no se interrumpe su crecimiento. Las fibras

<sup>2</sup> Queratización: endurecimiento de la célula que forma la fibra de lana.

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.

### **1.2.3. 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 fieltante 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. Existen lanas con ondulaciones regulares y otras con ondulaciones irregulares.

- **Peso específico:** El peso específico de la lana es la cantidad de gramos que existe en un volumen ( $\text{cm}^3$ ), 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 a el 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, nervio 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 mas suavidad tendrá las 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 posee una resistencia no muy elevada, del orden 1,0 a 1,8 g por denier<sup>3</sup>, sin embargo es suficiente para las aplicaciones para las que se la destina. La elasticidad es la capacidad de




---

<sup>3</sup> Denier: peso en gramos de 9000 m de hilo o fibra.

extensión de la fibra la ser sometida a una carga y su aptitud para recuperar el estado inicial una vez que cesa esta carga. Morfológicamente la elasticidad 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 fricciónales, poder fieltrante, absorción de humedad, higroscopicidad.

Tabla N°2. Características físicas de la lana

<b>Propiedad</b>	<b>Característica</b>
Longitud de la fibra	30 a 400 mm.
Diámetro	12 a 130 micras.
<b>Aspecto al microscopio:</b>	
Longitudinal:	En forma de cilindro con escamas superpuestas.
Transversal:	Superficie elíptica u oval.
Peso específico	1,26 a 1,34 gr./cm <sup>3</sup>
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**

La fibra es mala conductora del calor por lo tanto es buena en conservarlo y además por admitir gran volumen de aire entre los ligamentos de las fibras tiene una capacidad reguladora de la temperatura entre el cuerpo y el ambiente exterior. Además presenta

gran voluminosidad esto ayuda a que el volumen de aire que almacena sea mayor mejorando la conservación del calor del cuerpo.

#### **c. Propiedades eléctricas.**

La lana completamente limpia, desgrasada y seca es muy mala conductora de la electricidad, pero su conductividad aumenta rápidamente al hacerle su 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 presente en aproximadamente entre 20-25% de la proporción total, se encuentra también en el cabello humano, las uñas, el cuerpo y las pezuñas de los animales.

Además contiene suintina que es el sudor seco que producen las glándulas sudoríparas del animal. Otra sustancia que podemos encontrar en la lana es la grasa que es una secreción producida por las glándulas sebáceas del animal, la grasa de la lana está formada por una mezcla de un número elevado de componentes, que se pueden reunir en tres grupos principales: Ácidos grasos libres (4 al 10%), alcoholes grasos libres (1 al 3%) y esterres de ácidos y alcoholes grasos (87 al 95%)

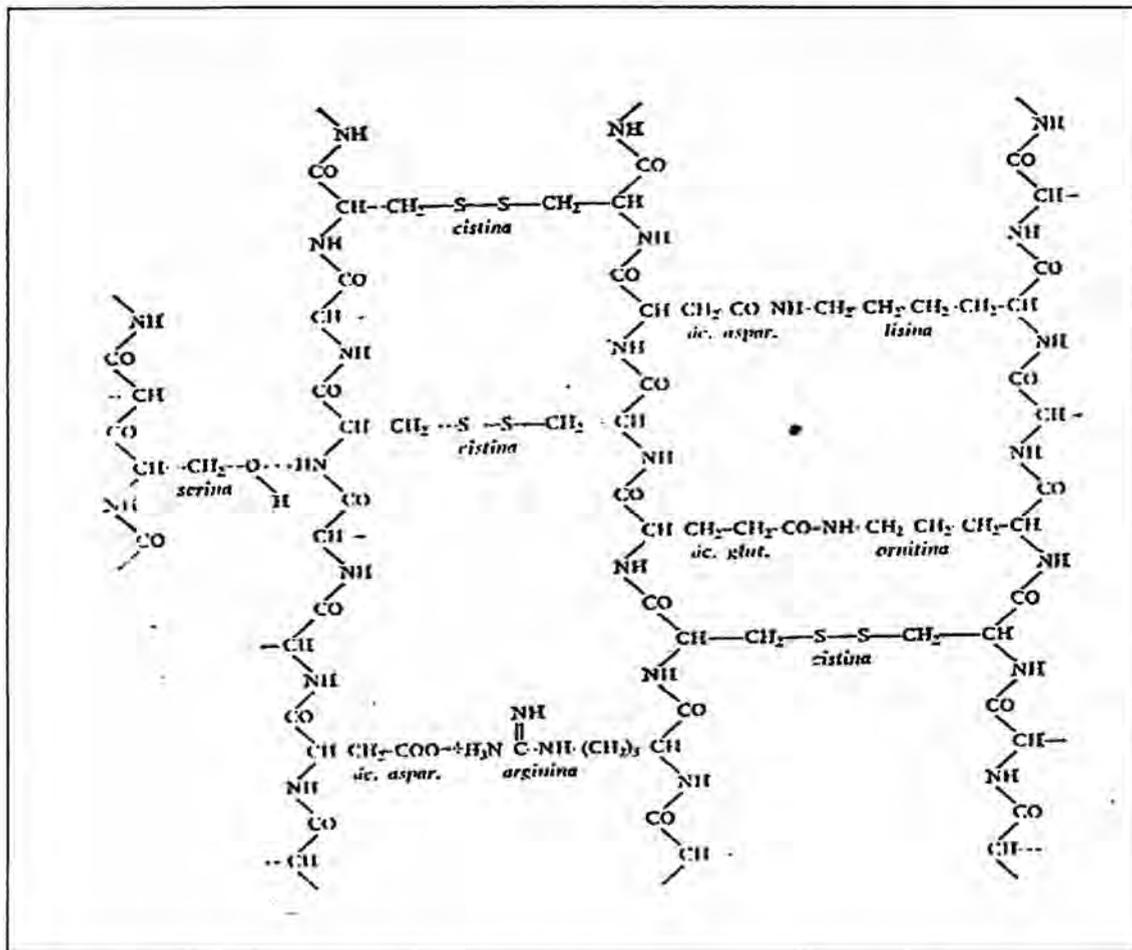


### 1.2.4. La Queratina.

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.

Figura 3. Unión de cadenas peptídicas en la fibra de lana



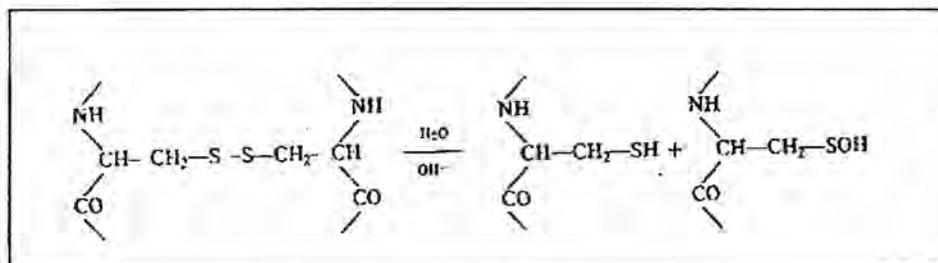
Fuente: Fundamentos teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura. Luna. 2010

La lana es resistente a los ácidos pero no a los álcalis fuertes, pero 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 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 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.

### 1.3. Tintura

Generalmente las tinturas se efectúan en medio acuoso y se observa que cuando una fibra textil se sumerge en el agua tiene tendencia a hincharse más o menos, según los grupos hidrofílicos de la molécula. La literatura revisada indica que exámenes con rayos X nos demuestran 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, es necesario buscar la causa del hinchamiento de la fibra en la sustancia 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).

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.

Carr (1995) indica que las zonas cristalinas están separados por “poros” de diámetro que permiten el pasado del colorante al interior de la fibra.

De lo anterior se desprende que las proteínas tienen carácter anfotérico, siendo capaces de combinarse con ácidos y álcalis. Si una proteína, que este exenta de ácido y de álcali se sitúa en una solución ácida o alcalina, el pH de la solución generalmente varía y esta variación es debida a la absorción o liberación de protones por parte de la proteína.

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.

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  $\text{pH}=5$ .

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

### **1.3.1. Factores que influyen en la cinética de la tintura**

**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, etc, la velocidad de tintura es 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 intercadenaada actuando como barreras a la penetración del colorante en la fibra.

### **1.3.2. Temperatura de Tintura.**

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.

**Para la investigación los 40° C se considerarán como referencia de máxima temperatura para teñidos en frío y como mínima, el promedio de la temperatura del ambiente, 25°C.**

### **1.3.3. Métodos de tintura de la lana:**

Para poder comprender más fácilmente, el proceso de tintura, es necesario definir previamente el término **tintura 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.

Hoy en día, existe también el sistema de tintura por impregnación y desarrollo, utilizado generalmente para telas.



La lana puede ser teñida por colorantes sintéticos, los que se emplean para teñidos a nivel industrial y por colorantes naturales como lo hacían nuestros antepasados. A nivel industrial e incluso artesanal, la lana es teñida en baño ácido y neutro.

#### **1.3.4. Tintura con colorantes sintéticos**

##### **Tintura con colorantes ácidos:**

Los colorantes “ácidos”, se denominan así porque tiñen en medio ácido. Estos colorantes presentan un agotamiento (medida de la cantidad de colorante que ha migrado del baño a la fibra) muy bajo cuando tiñen en baño neutro. Estos colorantes requieren PH menor o igual que 5.5, temperatura de ebullición y tiempo de teñido aproximadamente de una hora.

Esta tintura 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 aspártico 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 se han aplicado colorantes a pH que oscilan 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.

##### **Tintura con colorantes reactivos:**

Resulta un poco sorprendente el hecho de que el primer colorante reactivo fuese un colorante para lana, lanzado al mercado en 1932 por la I.G.Farben, el Anaranjado Supramin R, de tipo azoico, si bien en aquel momento no se relacionaron sus elevadas solidez con el hecho de formar un enlace covalente con la fibra. Posteriormente en 1954 se inicia la verdadera introducción de los colorantes reactivos.



Si bien en principio se intentó utilizar para lana los mismos colorantes reactivos que para el algodón, principalmente los diclorotriazínicos, éstos presentan dos inconvenientes: La fibra de lana no absorbe colorante a baja temperatura, debido a la existencia de la cutícula. -Si se eleva la temperatura para producir la apertura de la cutícula la absorción es como la de un colorante ácido, y el agotamiento disminuye al aumentar el pH, favoreciéndose la hidrólisis, por lo que el rendimiento.

Por ello se buscaron otros tipos específicos de colorantes reactivos para lana, con elevada fijación para obtener elevadas solidez en húmedo ya que la eliminación del colorante hidrolizado es más difícil que en el algodón, si bien la velocidad de reacción no debe ser demasiado elevada, con el objeto de que exista la posibilidad de migración y se mejore la igualación evitando las diferencias entre punta y raíz -tippy wool-, ni demasiado lenta para que no se prolongue demasiado el proceso.

La fibra de lana presenta mayor variedad de puntos reactivos que el algodón, ya que el colorante puede fijarse en:

- Los grupos amino terminales de las cadenas laterales.
- Los grupos tio de la cisteína
- Los grupos hidroxilo de algunos aminoácidos como el triptófano, la tirosina y la serina.

Así mismo los enlaces que se pueden producir son:

1. Enlace salino igual que los colorantes ácidos debido a la presencia de grupos sulfónicos en la molécula del colorante.
2. Enlace hidrófugo por valencias secundarias, tales como puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, etc.
3. Enlace covalente entre puntos reactivos de la fibra y el grupo reactivo del colorante.

Los dos primeros tipos de enlace dan lugar a un colorante deficientemente fijado, pero presenta ciertas dificultades de eliminación en los lavados posteriores de tintura, por lo que es prácticamente imprescindible que el colorante se fije por enlace covalente, con el objetivo de que la cantidad de colorante fijado a la fibra sea lo más elevada posible.

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

## **2. EL NOGAL: COLORANTE NATURAL**

### **2.1. Colorantes naturales:**

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

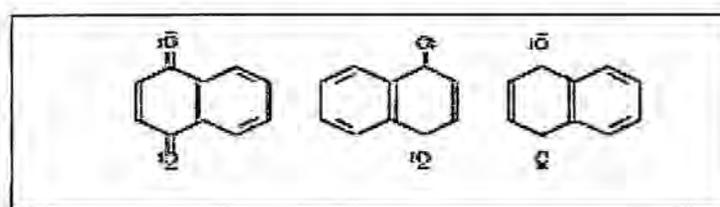
- a. **Colorantes Directos:** Son los grupos de colorantes de antocianinas y carotenoides. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir en frío o en caliente. A veces se usa sustancias auxiliares como ácidos o sales. Como ejemplo tenemos, entre otras, la flor de cártamo, cúrcuma y azafrán.
- b. **Mordentados:** Este tipo de colorantes no tienen por si mismo el poder en entintar, solo con 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, cochinilla y palo de Campeche.
- 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 esta el añil.

d. **Pigmentos:** Polvos de materiales minerales, son insolubles que no tienen poder de entintar, por lo cual solo pueden utilizarse mezclándose 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.

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.

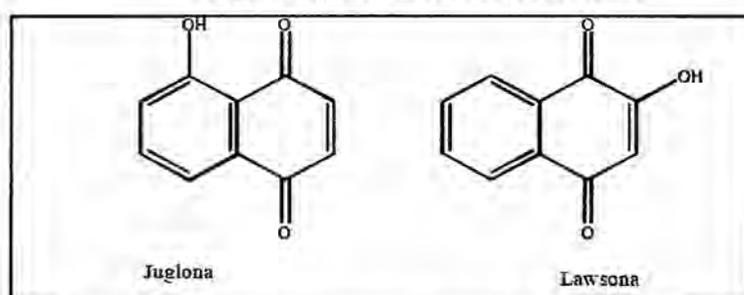
**Figura 5. Naftoquinonas**



Fuente: Pigmentos naturales quinónicos. Gibaja

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 rojo<sup>4</sup>.

**Figura 6. Cromóforos color café**



Fuente: Pigmentos naturales quinónicos. Gibaja

<sup>4</sup> Organic chemistry, Pine, s. Hendrickson, et al, Mc Graw Hill Book Company.

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)

## **2.2. Generalidades del nogal.**

### **2.2.1. Nombre a lo largo del mundo:**

- Nogal (español), Walnut tree (inglés), Noyer (francés), Noce commune (Italiano),  
Walnussbaum (alemán).
- Sustantivo colectivo: nocedal, nozalera.

### **2.2.2. 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).

### **2.2.3. Origen:**

Procedente de Persia (región del Himalaya), según unos autores, o de China y Japón, según otros; fue transportado a Grecia y luego a Italia y a los demás países de Europa. Existen evidencias fósiles de la presencia del nogal *J. regia*, en la Península Ibérica, que se remontan al paleolítico.

El nogal se encuentra vegetando en estado silvestre en la 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 *lovis 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.

### **2.2.4. 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.

El nogal es un árbol endémico en el valle de Marcapata-Madre de Dios en el Perú, 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.

Las hojas y los frutos frescos 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, *Tenia sp.*



Como cosmético: como agua facial para evitar la formación de arrugas en el rostro, el cocimiento de la cáscara 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. Para el teñido de lana.

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 "qollpa". La vestimenta andina de color castaño han sido teñidas con nogal.

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. 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.

### **2.3 Antecedentes del teñido con nogal.**

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 hierva 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.

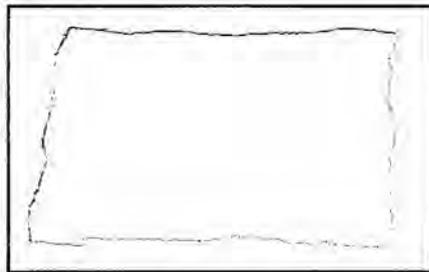
Por otro lado, de la información sobre los diferentes tintes naturales recopilados por historiadores, éstos son aplicados a la lana, en su mayoría, por medio de mordientes y a ebullición.

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 tiñen a las fibras celulósicas (algodón) y proteínicas (lana). Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

#### **Caso 1:**

Se colocaron de 100 gr. de hojas frescas de nogal en 150 ml. de agua y se inició la extracción con incremento de temperatura. En cuanto la solución comenzó a ebulir se incorporó la fibra celulósica y se mantuvo a esa temperatura (98 -100 °C) por una hora, a partir de ese tiempo se agregó cloruro de sodio (12 % del peso de la tela) en 3 partes equitativas cada 15 minutos. Una vez cumplidos los 15 minutos posteriores a la última adición de sal se retiró la fibra de la solución, se enjuagó y secó.

**Figura 7. Muestra de tela de algodón teñida con hojas de nogal**



Fuente: resultados de pruebas en el laboratorio de la FIQ-UNAC.

Con esta prueba se verifica que las fibras de algodón se pueden teñir con el colorante de las hojas del nogal, en medio neutro. También se verifica que la tintura se realiza a ebullición y simultáneamente a la extracción del colorante, sin necesidad de usar mordiente.

**Caso 2:**

Se prepararon tres muestras de tela en las que se mezclaron fibras de algodón y lana.

**Figura 8. Muestras iniciales de tejidos de lana/algodón**



Fuente: Pruebas experimentales en el laboratorio de la FIQ-UNAC

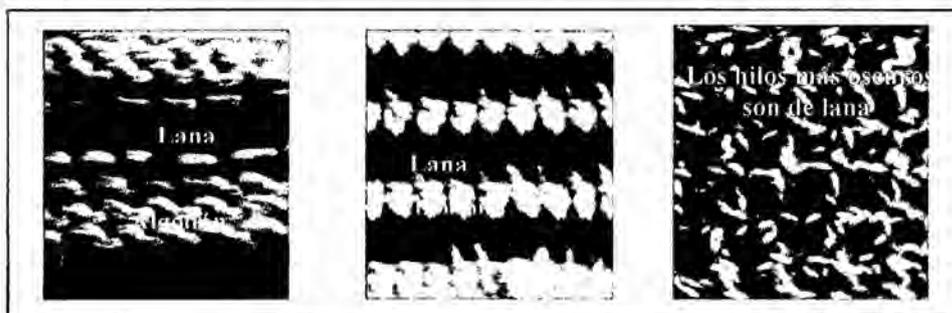
Estas muestras, que pesaron 25 gr., se colocaron en un recipiente con 760 ml. de agua y 0,6 gr. de humectante y se dejaron humectando por 5 minutos.

A continuación se agregaron 30 gr. de hojas de nogal, llevando la solución a ebullición. Iniciada la ebullición se agregó 1 gr. de electrolito (sal común) y gotas de jugo de limón (medio ácido), manteniendo en ebullición por espacio de 45 minutos agregando 2



gramos de electrolito en dos partes cada 15 minutos. Finalmente se extrajo la tela teñida, se enjuagó y llevó a secar.

**Figura 9. Muestras de tejidos lana/algodón luego del teñido.**



Fuente: Resultados pruebas experimentales en el laboratorio de la FIQ-UNAC

Con esta prueba se verifica que, en medio ácido, las hojas de nogal tiñen bien a las fibras de lana y muy ligeramente a las fibras de algodón. También se verifica que la tintura se realiza a ebullición y simultáneamente a la extracción del colorante.

### Caso 3:

- a. Mordentado. Se pesaron 1.3 g de alumbre, 0,3 g de tartrato de sodio y se disolvieron en 200 ml. de agua destilada. En esta solución se introdujo una muestra de 50 g. de tela de algodón y se llevó a ebullición por 50 minutos.
- b. Teñido. En un recipiente se colocaron aproximadamente 30 g de hojas y tallos de nogal en 1000 ml. de agua, la tela mordentada y se llevó a ebullición. Iniciada la ebullición se agregó gotas de limón a la solución y se mantuvo a la misma temperatura por 1 hora.

**Figura 10. Muestras de tejidos de algodón antes y luego del teñido.**



Fuente: Resultados pruebas experimentales en el laboratorio de la FIQ-UNAC

Con esta prueba se verifica que, en medio ácido, las hojas de nogal tiñen bien a las fibras de algodón previamente mordentadas. También se verifica que la tintura se realiza a ebullición y simultáneamente a la extracción del colorante; pero que bajo estas condiciones el teñido no se fija en la fibra y se decolora con el enjuague.

En las fuentes referenciales revisadas no se reportan más publicaciones sobre la tintura específicamente con nogal.

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 aún cuando el conocimiento sobre plantas adecuadas para la extracción y uso se conserva, queda un vacío importante de información.

Se puede encontrar referencias al teñido de fibras de algodón o lana, con el nogal, en América central y del sur, indicando que eran técnicas usadas 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 sólo de las hojas de nogal mediante extracción en agua a ebullición; pero a diferencia de los**



**métodos aplicados, según información recopilada, el teñido se realizará en frío y sin uso de mordiente.**

La presencia de electrolitos afecta positivamente la fase de difusión por la mayor energía que toman las moléculas, las cuales vibran y se desplazan a mayor velocidad al interior de la fibra, ayudando a una mejor difusión del colorante en la fibra, Klages (1968).

De modo similar, la literatura técnica de fabricantes de colorantes y productos auxiliares, así como las recetas y curvas de teñido en las tintorerías, recomiendan el uso de por lo menos un producto auxiliar<sup>5</sup> como el humectante<sup>6</sup>.

Luna (2004) señala que la curva de teñido es la representación gráfica Temperatura VS tiempo del proceso de teñido, en el que además se indican los productos auxiliares y colorantes a utilizar. La receta es el listado de los reactivos y auxiliares a utilizar y la concentración a usar.

**En la investigación a realizar se ha previsto observar la influencia del electrolito y del humectante en la tintura.**

### **3. TEÑIDO CON COLORANTES NATURALES.**

Los químicos y coloristas textiles saben que existen tres formas o métodos de cómo los colorantes pueden ser retenidos por las fibras:

**a. Adsorción Física:** Las mismas fuerzas con las cuales se atraen los colorantes a la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos subsecuentes de lavado.

---

<sup>5</sup> Producto auxiliar: sustancia orgánica, generalmente tensoactiva, que ayuda a desarrollar procesos homogéneos y libres de fallas, en el menor tiempo posible.

<sup>6</sup> Humectante: Tensoactivo que facilita la humectación de la fibra, facilitando el ingreso de la solución de colorante de manera homogénea al interior de la fibra.

**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:** Aquí 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 químicos covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras. El número pequeño de grupos funcionales solubles es totalmente inadecuado y causa que las nuevas moléculas grandes se disuelvan en agua.

Gibaja (1998), Zelansky y Fisher (2001) reportan el uso del nogal para el teñido de lana mordentada.

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.

Lock (1997) reporta tecnologías de tinción para la lana de oveja y alpaca, indicando 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 tinción señala un método directo que puede realizarse con agua fría o con agua caliente y un método indirecto cuando la lana se mordenta previamente.

Es necesario hacer mención que de acuerdo a la información recopilada de consultas directas a pobladores de la zona rural donde se conoce el uso del nogal, todos señalan que en el caso del nogal, la extracción del colorante en frío es escasa.

**Para la investigación, se ha considerado como uno de los parámetros o variables el tiempo de contacto entre el colorante y la fibra, tomando como referencia una hora**



que es lo que la información recopilada reporta como tiempo de agotamiento y media hora para verificar que en tiempos menores no se produce la tintura. 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.



## IV MATERIALES Y METODOS

Las pruebas experimentales constaron de dos etapas:

1.- **Extracción del colorante de las hojas de nogal**, utilizando como solvente el agua.

El procedimiento se realizó a temperatura de ebullición y debido al volumen de agua utilizado en la extracción y al objetivo de la investigación, el tiempo de extracción estimado fue de 20 minutos e inmediatamente a continuación la,

2.- **Tintura de la lana**: Sumergiendo la lana en la solución del colorante, de acuerdo a los parámetros considerados para el estudio.

### 4.1 Selección de la muestra

Se ha tratado de identificar las zonas más cercanas a Lima donde existan plantas de Nogal, ya que no se ha encontrado información oficial sobre las zonas específicas de plantaciones, así mismo, siguiendo la información de las zonas donde se usó el nogal tanto para el teñido artesanal de lana como del cabello que señalaban a Pallasca en Ancash y Trujillo en La Libertad, se ha tomado contacto con la zona y aun cuando se ha confirmado su uso no se ha podido encontrar la materia prima (nogal).

En la ciudad de Cajamarca, es donde se han podido localizar varias plantas de nogal en pie, aunque los pobladores manifiestan que debido al boom de la construcción de casas de ciudad y departamentos, los árboles que generalmente estaban en los patios de las casas están siendo eliminados.

Se tomaron como muestras, hojas verdes de los árboles; aproximadamente 02 Kg.

**Figura 11. Muestra de hojas de nogal recolectadas.**



Fuente: Fotografía tomada a la muestra.

Se observó que luego de 02 días en Lima, las hojas empezaban a mostrar estragos de la humedad en su superficie, por lo que se procedió al lavado y secado, reservando aproximadamente 300 gr. sin lavar.

Los 300g de hojas que no se lavaron, se secaron para evitar su deterioro, observándose diferencias en el aspecto, especialmente en lo que a color se refiere, entre las hojas que fueron lavadas y las que no se lavaron. Estas diferencias pueden apreciarse en la siguiente figura.

**Figura 12 . Diferencias entre las hojas de nogal lavadas y no lavadas**



Fuente: Fotografía tomada a la muestra

Debido a la disponibilidad de dos grupos de hojas de nogal, se trabajará con ambas para observar influencia, o no, del lavado previo sobre la extracción del colorante para nuestro caso: Hojas de nogal lavadas (secas) y hojas de nogal sin lavar (secas).

**Peso de muestras:** 10 gramos de hojas de nogal.

**4.2 Unidad de análisis:** Fibras de lana de oveja, color blanco crudo, fibras hiladas artesanalmente. Se han preparado en forma de madejas.

Peso de las madejas: 2 gr.

**Figura 13. Madejas de lana preparadas para la tintura**



Fuente: Fotografía tomada a la muestra

**4.3 Insumos, materiales y equipos:**

Agua corriente

Cloruro de sodio (sal común)

Humectante

Malla coladora

Recipiente resistente al calor

Probetas de 100 ml.

Termómetro (0 – 100 °C)

Recipientes plásticos

Cámara fotográfica



Cocinilla

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

#### **4.4. Plan de pruebas experimentales:**

Considerando la hipótesis: “El teñido de fibras proteínicas (queratina) con ‘hojas de nogal se puede realizar en frío con colorante de reciente extracción, mediante el sistema de teñido por agotamiento utilizando productos auxiliares (humectantes/detergentes) y electrolito (cloruro de sodio).

**Unidad de análisis:** Fibras proteínicas (queratina)

#### **Variables Independientes**

- **Y = Extracción del colorante**, que se realizará para todos los casos, en agua a ebullición por 20 minutos. Inicialmente se había previsto la extracción reciente y extracción anticipada; pero empíricamente se ha observado que el teñido se evidencia visualmente con extracciones recientes. Por lo que el tiempo de extracción del colorante en todos los casos será inmediatamente previo a la tintura, en consecuencia ya no se considerará como variable.

- **Z =Uso de productos auxiliares:**

Z1: se hará uso de un agente humectante en concentración de 1 g/L de solución de teñido.

Z2: Sin uso de un agente humectante.

- **U =Uso de electrolito**

U1: Se hará uso del cloruro de sodio comercial, en cantidad proporcional al 12% del peso de la fibra.

U2: Sin uso de electrolito.

▪ **V= Tiempo de teñido**

V1: 30 minutos

V2: 60 minutos

**Variable dependiente: X = Teñido con hojas de nogal en frío.**

Habiéndose presentado dos tipos de muestra de hojas de nogal, se considerará:

- $X_1$  = Teñido con hojas (lavadas y secas) de nogal en frío.
  - $X_{11}$ : a 25 °C
  - $X_{12}$ : a 40 °C (es el estándar durante el teñido en frío con colorantes industriales)
- $X_2$  = Teñido con hojas (sin lavar y secas) de nogal en frío.
  - $X_{21}$ : a 25 °C
  - $X_{22}$ : a 40 °C (es el estándar durante el teñido en frío con colorantes industriales)

TABLA 3. Plan de pruebas experimentales

Hojas de nogal X	Teñido en frío con hojas de nogal	P. auxiliar Z	Electrolito U	Tiempo V	Prueba Nº
$X_i$	$X_{11}$ : a 25 °C	Z1	U1	V1	1
				V2	2
			U2	V1	3
				V2	4
		Z2	U1	V1	5
				V2	6
			U2	V1	7
				V2	8
	$X_{12}$ : a 40 °C	Z1	U1	V1	9
				V2	10
			U2	V1	11
				V2	12
		Z2	U1	V1	13
				V2	14
			U2	V1	15
				V2	16

X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> 1: a 20 °C	Z1	U1	V1	17
				V2	18
		Z2	U1	V1	19
			U2	V2	20
		Z1	U1	V1	21
			U2	V2	22
	X <sub>2</sub> 2: a 40 °C	Z1	U1	V1	23
			U2	V2	24
		Z2	U1	V1	25
			U2	V2	26
		Z1	U1	V1	27
			U2	V2	28
Z2	U1	V1	29		
	U2	V2	30		
			U1	V1	31
			U2	V2	32

Fuente: elaboración propia

## 4.5 PARTE EXPERIMENTAL

**4.5.1. Limpieza de las fibras de lana, previo al teñido:** Se realizó en un lavado con jabón de tipo carboxilato (jabón en barra) a temperatura no mayor de 60°C, con enjuague posterior con abundante agua corriente y secado. 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 14. Muestras de lana previo y luego del lavado.**



Fuente: Fotografía tomada durante el proceso.

### 4.5.2 Extracción del colorante y tintura de la lana:

Se llevaron a ebullición 30 gr de hojas de nogal en 1000 ml. de agua, manteniendo la temperatura por 30 minutos, mediante una malla coladora se separó la solución de

*[Handwritten signature]*

colorante de las hojas. El volumen promedio de extracto obtenido en todos los casos fue de 700 ml.

La extracción de colorante se realizó por separado para las hojas de nogal lavadas previamente como para las que no fueron lavadas, bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura, no observándose diferencias en los extractos.

**Figura 15. Solución del colorante extraído.**



Fuente: Fotografía tomada durante el proceso.

#### 4.5.3. Recetas y curvas utilizadas.

En todas las pruebas, se utilizaron:

Peso de la fibra = 2 gr.

Relación del baño<sup>7</sup> = 1 gr de lana /50 ml de baño.

Volúmen del baño= 100 ml

- **Recetas:**

##### Receta (1)

Auxiliares y reactivos (A)	Concentración	
	g/L	% peso de lana
Humectante	1	
Cloruro de sodio		12

<sup>7</sup> Relación de Baño: peso de la fibra con respecto al volumen de la solución de teñido.

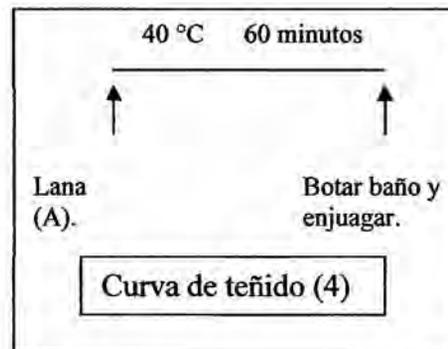
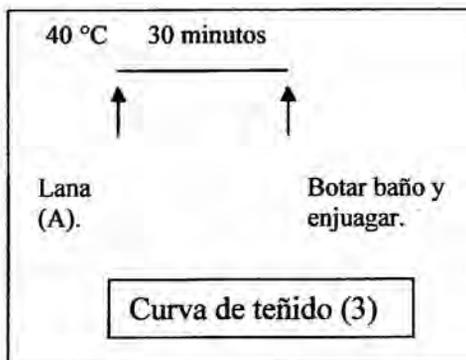
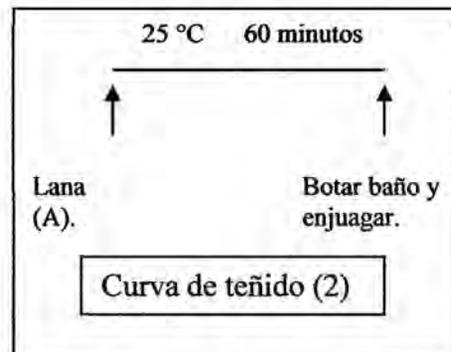
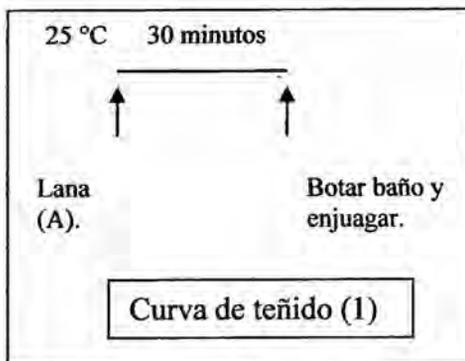
Receta (2)

Auxiliares y reactivos (A)	Concentración	
	g/L	% peso de lana
Humectante	1	

Receta (3)

Auxiliares y reactivos (A)	Concentración	
	g/L	% peso de lana
Cloruro de sodio		12

• **Curvas de teñido:**



Las líneas de las curvas representan las isotermas del teñido.

2

#### 4.5.4. Teñido

Para el teñido se tuvo en cuenta el plan de pruebas experimentales, utilizando recetas y curvas de tintura de acuerdo a los parámetros previstos para cada prueba. Las recetas y curvas aplicadas para el teñido con  $X_1$  y  $X_2$  son similares para el caso donde los parámetros se repiten; por lo que se ha trabajado con 03 recetas y 04 curvas de teñido.

Tal como se muestra en la tabla a continuación.

TABLA 4. Recetas y Curvas aplicadas en cada prueba

Hojas de nogal X	Teñido en frío con hojas de nogal	P. auxiliar Z	Electrolito U	Tiempo V	Prueba N°	Receta N°	Curva N°
$X_1$	$X_{11}$ : a 25 °C	Z1	U1	V1	1	1	1
				V2	2	1	2
			U2	V1	3	2	1
				V2	4	2	2
		Z2	U1	V1	5	3	1
				V2	6	3	2
			U2	V1	7	Sólo col.	1
				V2	8	Sólo col.	2
	$X_{12}$ : a 40 °C	Z1	U1	V1	9	1	3
				V2	10	1	4
			U2	V1	11	2	3
				V2	12	2	4
		Z2	U1	V1	13	3	3
				V2	14	3	4
			U2	V1	15	Sólo col.	3
				V2	16	Sólo col.	4
$X_2$ Hojas sin lavar	$X_{21}$ : a 25 °C	Z1	U1	V1	17	1	1
				V2	18	1	2
			U2	V1	19	2	1
				V2	20	2	2
		Z2	U1	V1	21	3	1
				V2	22	3	2
			U2	V1	23	Sólo col.	1
				V2	24	Sólo col.	2
	$X_{22}$ : a 40 °C	Z1	U1	V1	25	1	3
				V2	26	1	4
			U2	V1	27	2	3
				V2	28	2	4
		Z2	U1	V1	29	3	3
				V2	30	3	4
			U2	V1	31	Sólo col.	3
				V2	32	Sólo col.	4

Fuente: elaboración propia

## V RESULTADOS

TABLA 5. Resultados obtenidos en cada prueba

Prueba N°1	Prueba N°2	Prueba N°3	Prueba N°4
Prueba N°5	Prueba N°6	Prueba N°7	Prueba N°8
Prueba N°9	Prueba N°10	Prueba N°11	Prueba N°12
Prueba N°13	Prueba N°14	Prueba N°15	Prueba N°16
Prueba N°17	Prueba N°18	Prueba N°19	Prueba N°20
Prueba N°21	Prueba N°22	Prueba N°23	Prueba N°24
Prueba N°25	Prueba N°26	Prueba N°27	Prueba N°28
Prueba N°29	Prueba N°30	Prueba N°31	Prueba N°32

Fuente: elaboración propia

*Handwritten signature or mark.*

## VI DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Teñido en frio

A diferencia de la técnica reportada por el ITACAB (Centro de recursos tecnológicos) y de la información recolectada sobre teñido de lana con colorantes naturales, que señalan que la lana puede ser teñida por las hojas de nogal a temperatura de ebullición y simultáneamente a la extracción del colorante ; se verifica la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación ya que se evidencia que las fibras proteínicas (queratina), son teñidas por el colorante extraído de las hojas de nogal, a temperaturas entre 25 y 40 °C (en frio), por agotamiento. Hay que mencionar que la extracción del colorante si se realizó a ebullición y previo al teñido.

**Figura 15. Muestras de Lana teñidas**



Fuente: Fotografía tomada a los resultados del proceso.

## CONCLUSION

1. Las fibras proteínicas (queratina) pueden ser teñidas directamente, en frio, con el colorante extraído de las hojas de nogal. Considerando teñido “en frio”, el teñido a temperaturas entre 25 y 40 °C.

2. El color que se obtiene es marrón amarillento (beige).
3. El teñido de las fibras proteínicas (queratina) con las hojas de nogal puede realizarse en dos etapas: extracción del colorante en ebullición y luego el teñido en frío.

### RECOMENDACION

- Realizar otros estudios para determinar la mínima temperatura a la que pueden teñirse las fibras proteínicas (queratina) con el colorante extraído de las hojas de nogal.
- Repetir el estudio, pero utilizando hojas frescas, para determinar el color que se obtendría.

### 6.2. Influencia del lavado previo de las hojas:

Para ello se contrastaron los resultados de las pruebas que se detallan en la tabla

TABLA 6. Resultados obtenidos de pruebas con recetas y curvas idénticas

Hojas lavadas X <sub>1</sub>	Hojas sin lavar X <sub>2</sub>	Par de comparación	OBSERVACIONES
Prueba N°1	Prueba N°17		Prueba 1 color ligeramente más amarillento que la 17 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°2	Prueba N°18		Prueba 2 color ligeramente mas intenso que la 18. Se observa mayor grosor de hilo en 18.
Prueba N°3	Prueba N°19		Prueba 3 color ligeramente mas intenso que la 19 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°4	Prueba N°20		Prueba 4 color ligeramente mas intenso que la 20 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°5	Prueba N°21		Prueba 21 color ligeramente mas intenso que la 5 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°6	Prueba N°22		Prueba 22 color ligeramente mas intenso que la 6 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.

Handwritten mark or signature.

Prueba N°7	Prueba N°23		Prueba 7 color ligeramente más intenso que la 23 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°8	Prueba N°24		Prueba 8 color ligeramente más intenso que la 24 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°9	Prueba N°25		Prueba 25 color ligeramente más intenso que la 9 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°10	Prueba N°26		Prueba 26 color más intenso que la 10 en toda la madeja.
Prueba N°11	Prueba N°27		Prueba 11 color ligeramente más intenso que la 27 en la parte externa de la madeja. En parte interna la 27 ligeramente más amarillenta.
Prueba N°12	Prueba N°28		Prueba 12 color ligeramente más intenso que la 28 en la parte externa de la madeja. En parte interna la 28 ligeramente más amarillenta.
Prueba N°13	Prueba N°29		Prueba 29 color ligeramente más intenso que la 13 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°14	Prueba N°30		Prueba 30 color ligeramente más intenso que la 14 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°15	Prueba N°31		Prueba 31 color ligeramente más intenso que la 15 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
Prueba N°16	Prueba N°32		Prueba 32 color ligeramente más intenso que la 16 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.

Fuente: elaboración propia

Comparadas el par de muestras sometidas a la misma receta y curva de teñido, se observan ligeras variaciones de intensidad de color entre ellas, que pueden atribuirse a otros factores como irregularidad del hilado, tipos de lana no uniforme durante el hilado, tonalidades de lana cruda<sup>8</sup>, agitación del baño, etc, que impiden uniformidad del teñido en toda la fibra y madeja.

<sup>8</sup> Lana cruda: Lana que no ha sido sometida a ningún tratamiento.

## CONCLUSION

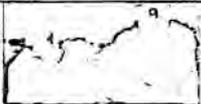
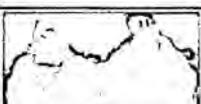
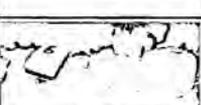
El lavado previo de las hojas de nogal, no influye sobre la tintura de las fibras de lana. Es decir, las fibras proteínicas (queratina) pueden ser teñidas por las hojas de nogal lavadas o sin lavar.

## RECOMENDACION

Es preferible lavar las hojas de nogal, antes de la extracción del colorante, para evitar partículas extrañas en el extracto del colorante que puedan interferir con el teñido.

### 6.3. Influencia de la temperatura

TABLA 7. Resultados obtenidos de la comparación de pruebas a 25 y 40 °C.

Hojas de nogal X	Temp. 25°C	Temp. 40°C	Par de comparaciones	OBSERVACIONES
X <sub>1</sub> Hojas lavadas	1	9		No se aprecia diferencia
	2	10		El color resultante de la prueba 10 es mucho mas claro.
	3	11		No se aprecia diferencia
	4	12		No se aprecia diferencia
	5	13		No se aprecia diferencia
	6	14		No se aprecia diferencia
	7	15		No se aprecia diferencia
	8	16		No se aprecia diferencia



En el caso de los teñidos con hojas de nogal lavadas, teñir entre los 25 °C y 40 °C, no establece ninguna diferencia.

Continuación de la TABLA 7.

Hojas de nogal X	Temp. 25°C	Temp. 40°C	Par de comparaciones	OBSERVACIONES
X <sub>2</sub> Hojas sin lavar	17	25		Prueba 25 color ligeramente mas intenso que la 17 en toda la madeja.
	18	26		Prueba 25 color ligeramente mas intenso que la 17 en toda la madeja.
	19	27		No se aprecia diferencia.
	20	28		No se aprecia diferencia.
	21	29		No se aprecia diferencia.
	22	30		No se aprecia diferencia.
	23	31		No se aprecia diferencia.
	24	32		No se aprecia diferencia.

Fuente: elaboración propia

En el caso de los teñidos con hojas de nogal sin lavar, teñir entre los 25 °C y 40 °C, no establece ninguna diferencia, excepto en dos casos, donde podría deberse a otros factores.

## CONCLUSION

- Las fibras proteínicas (queratina) se pueden teñir en frio con las hojas de nogal, considerando “en frio” temperaturas entre 25 y 40 °C.



- **Las curvas de tintura** que se pueden utilizar para el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, a bajas temperaturas son las 4 curvas presentadas en el presente trabajo de investigación.
- La mínima temperatura a la que se puede dar el teñido (según resultados de esta investigación) es de 25 °C, utilizando curvas 1 y 2.

#### **RECOMENDACION**

Realizar estudios para determinar si a temperaturas menores a 25 °C también se puede realizar el teñido.

#### **6.4.. Influencia del humectante**

Se contrastaron los resultados de las pruebas que se detallan en la tabla 8.

En todos los pares se observa teñido no homogéneo, esto puede deberse a las irregularidades en la fibra, sin embargo observando las partes internas de las madejas no se detectan mayores diferencias.

#### **CONCLUSION**

El uso de un producto auxiliar como el humectante no influye en el teñido en frío de las fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal.

#### **RECOMENDACION**

Realizar un estudio, utilizando otro producto auxiliar con funciones diferentes al humectante.

TABLA 8. Resultados obtenidos de la comparación de pruebas en presencia y ausencia de humectante.

Hojas de nogal X	Con humectante Z1	Sin humectante Z2	Par de comparación	OBSERVACIONES
X <sub>1</sub>	1	5		No se aprecia diferencia.
	2	6		No se aprecia diferencia.
	3	7		No se aprecia diferencia.
	4	8		No se aprecia diferencia.
	9	13		No se aprecia diferencia.
	10	14		Prueba 14 color ligeramente mas intenso que la 10 en toda la madeja.
	11	15		No se aprecia diferencia.
	12	16		No se aprecia diferencia.

*[Handwritten signature]*

Continuación de la TABLA 8.

Hojas de nogal X	Con humectante Z1	Sin humectante Z2	Par de comparación	OBSERVACIONES
X <sub>2</sub> Hojas sin lavar	17	21		No se aprecia diferencia.
	18	22		No se aprecia diferencia, excepto en la parte externa de la madeja
	19	23		No se aprecia diferencia.
	20	24		No se aprecia diferencia, excepto en la parte externa de la madeja.
	25	29		No se aprecia diferencia.
	26	30		No se aprecia diferencia.
	27	31		No se aprecia diferencia.
	28	32		No se aprecia diferencia, excepto en la parte externa de la madeja.

Fuente: elaboración propia.

### 6.5. Influencia del electrolito

Para ello se contrastaron los resultados de las pruebas que se detallan en la tabla 9



TABLA 9. Resultados obtenidos de la comparación de pruebas en presencia y ausencia de electrolito.

Hojas de nogal X	Con electrolito U1	Sin Electrolito U2	Par de comparación	OBSERVACIONES
X <sub>1</sub>	1	3		No se aprecia diferencia.
	2	4		No se aprecia diferencia.
	5	7		No se aprecia diferencia.
	6	8		No se aprecia diferencia.
	9	11		No se aprecia diferencia.
	10	12		Prueba 10 color ligeramente mas claro que la 12 en la parte externa de la madeja. En parte interna son similares.
	13	15		No se aprecia diferencia.
	14	16		No se aprecia diferencia.

Exceptuando el par de pruebas 10-12, no hay diferencias.



Continuación de la TABLA 9.

Hojas de nogal X	Con electrolito U1	Sin electrolito U2	Par de comparación	OBSERVACIONES
X <sub>2</sub> Hojas sin lavar	17	19		No se aprecia diferencia.
	18	20		No se aprecia diferencia.
	21	23		No se aprecia diferencia.
	22	24		No se aprecia diferencia.
	25	27		Prueba 25 color ligeramente mas oscuro que la 27 en toda la madeja.
	26	28		Prueba 26 color ligeramente más oscuro que la 28 en toda la madeja.
	29	31		No se aprecia diferencia.
	30	32		No se aprecia diferencia.

Fuente: elaboración propia

## CONCLUSION

El teñido en frio de las fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, es independiente del uso de electrolito, cuando se tiñe por agotamiento.



## RECOMENDACION

Realizar un estudio usando sulfato de sodio como electrolito, para verificar que no hay influencia del electrolito en el teñido.

### 6.6. Influencia del tiempo de teñido.

TABLA 10. Resultados obtenidos de la comparación de pruebas en diferentes tiempos de agotamiento.

Hojas de nogal X	Tiempo 30 minutos	Tiempo 60 minutos	Comparación de pruebas	OBSERVACIONES
X <sub>1</sub>	1	2		Prueba 2 color ligeramente mas intenso que la 1.
	3	4		No se aprecia diferencia.
	5	6		Prueba 6 color ligeramente mas intenso que la 5.
	7	8		Prueba 8 color ligeramente mas intenso que la 7.
	9	10		Prueba 9 color ligeramente mas intenso que la 10.
	11	12		No se aprecia diferencia.
	13	14		Prueba 14 color ligeramente mas intenso que la 13.
	15	16		Prueba 16 color ligeramente mas intenso que la 15.

Fuente: elaboración propia



En 5 pares de prueba se observa que el color se hace ligeramente más intenso a 60 minutos.

Continuación de la TABLA 10

Hojas de nogal X	Tiempo 30 minutos	Tiempo 60 minutos	Comparación de pruebas	OBSERVACIONES
X <sub>2</sub> Hojas sin lavar	17	18		No se aprecia diferencia.
	19	20		Prueba 20 color ligeramente mas intenso que la 19.
	21	22		Prueba 22 color ligeramente mas intenso que la 21.
	23	24		Prueba 24 color ligeramente mas intenso que la 23.
	25	26		Prueba 26 color ligeramente mas intenso que la 25.
	27	28		Prueba 28 color ligeramente mas intenso que la 27.
	29	30		Prueba 30 color ligeramente mas intenso que la 29.
	31	32		Prueba 32 color ligeramente mas intenso que la 31.

Fuente: elaboración propia

En siete de ocho pares de prueba se observa que el teñido es ligeramente mas intenso cuando el tiempo de teñido es de 60 minutos.



## CONCLUSION

- El teñido en frío de las fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, se intensifica a tiempos de agotamiento de 60 minutos.
- El tiempo de agotamiento parece ser el **parámetro principal de la tintura** de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal. Se pueden utilizar las 4 curvas diseñadas.

## RECOMENDACION

Realizar un estudio usando tiempos de agotamiento mayores a 1 hora para determinar el máximo porcentaje de agotamiento del colorante extraído de las hojas de nogal.

Finalmente, aunque pueden utilizarse cualquiera de las 3 recetas diseñadas en el presente trabajo para la tintura de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal; sólo basta con poner en contacto la fibra con el colorante extraído para que se produzca la tintura, sin que necesariamente se reproduzcan exactamente los colores aquí obtenidos aunque si la tendencia al amarillo marrón.

Con respecto a la solidez<sup>9</sup> se ha comprobado que el teñido es sólido a los tratamientos húmedos, es decir resiste a los lavados.

---

<sup>9</sup> Solidez: resistencia del teñido a permanecer en la fibra luego de los diversos tratamientos a los que pueda ser sometido como lavado, planchado, etc.

## VII REFERENCIALES

1. Balick, M.J., Cox, P.A. PLANTS, PEOPLE AND CULTURE. THE SCIENCE OF ETHNOBOTANY. New York: Scientific American Library, 1996.
2. Buxadé, C. ZOOTECNICA BASES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL, Tomo VIII, Barcelona- España: ediciones Mundiprensa 1996.
3. Costa, M. LAS FIBRAS TEXTILES Y SU TINTURA - VOL. II : QUIMICA TEXTIL, Lima- Perú: CONCYTEC 1990.
4. Gibaja Oviedo, S. PIGMENTOS NATURALES QUINÓNICOS, Perú: UNMSM, Fondo Editorial, 1998.
5. Guirola, CA, TINTES NATURALES, Guatemala: Asociación FLAAR mesoamérica, 2010.
6. 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.
7. ITACAB, TEÑIDO DE LANA CON NOGAL, Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales. Ficha tecnológica 296. Perú.
8. Klages, F. TRATADO DE QUIMICA ORGANICA, Tomo III, Zaragoza- España: Editorial Reverté S.A, 1968.

9. König,H y Liebich, G. ANATOMÍA DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS: TEXTO Y ALTLAS EN COLOR, Volumen 2, Madrid: editorial médica panamericana, Segunda edición, 2008.
10. Lock S, O. COLORANTES NATURALES, Lima-Perú: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 1 ed. 1997.
11. Luna, C. M. FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS SOBRE LAS FIBRAS TEXTILES Y SU TINTURA, Informe final de investigación. UNAC, Callao 2010.
12. Olaya, J.M y Mendez F.J. GUÍA DE PLANTAS Y PRODUCTOS MEDICINALES, Bogotá- Colombia: Convenio Andrés Bello, 2005.
13. Pareja, B. Los tintes para el cabello. Folia Dermatológica Peruana, 2000, Vol. 11 N° 3
14. Sharapin, N. FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FITOTERAPEÚTICOS, Bogotá- Colombia: CYTED, 2000.
15. Yoshiko, S. COLORANTES NATURALES. México: Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, 1996.

## VIII APÉNDICE

TABLA 3. Plan de pruebas experimentales

Hojas de nogal X	Teñido en frío con hojas de nogal	P. auxiliar Z	Electrolito U	Tiempo V	Prueba N°
X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> 1: a 25 °C	Z1	U1	V1	1
				V2	2
			U2	V1	3
				V2	4
		Z2	U1	V1	5
				V2	6
			U2	V1	7
				V2	8
	X <sub>1</sub> 2: a 40 °C	Z1	U1	V1	9
				V2	10
			U2	V1	11
				V2	12
		Z2	U1	V1	13
				V2	14
			U2	V1	15
				V2	16
X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> 1: a 20 °C	Z1	U1	V1	17
				V2	18
			U2	V1	19
				V2	20
		Z2	U1	V1	21
				V2	22
			U2	V1	23
				V2	24
	X <sub>2</sub> 2: a 40 °C	Z1	U1	V1	25
				V2	26
			U2	V1	27
				V2	28
		Z2	U1	V1	29
				V2	30
			U2	V1	31
				V2	32

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. Recetas y Curvas aplicadas en cada prueba

Hojas de nogal X	Teñido en frío con hojas de nogal	P. auxiliar Z	Electrolito U	Tiempo V	Prueba N°	Receta N°	Curva N°
X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> 1: a 25 °C	Z1	U1	V1	1	1	1
				V2	2	1	2
			U2	V1	3	2	1
				V2	4	2	2
		Z2	U1	V1	5	3	1
				V2	6	3	2
			U2	V1	7	Sólo col.	1
				V2	8	Sólo col.	2
	X <sub>1</sub> 2: a 40 °C	Z1	U1	V1	9	1	3
				V2	10	1	4
			U2	V1	11	2	3
				V2	12	2	4
		Z2	U1	V1	13	3	3
				V2	14	3	4
			U2	V1	15	Sólo col.	3
				V2	16	Sólo col.	4
X <sub>2</sub> Hojas sin lavar	X <sub>2</sub> 1: a 25 °C	Z1	U1	V1	17	1	1
				V2	18	1	2
			U2	V1	19	2	1
				V2	20	2	2
		Z2	U1	V1	21	3	1
				V2	22	3	2
			U2	V1	23	Sólo col.	1
				V2	24	Sólo col.	2
	X <sub>2</sub> 2: a 40 °C	Z1	U1	V1	25	1	3
				V2	26	1	4
			U2	V1	27	2	3
				V2	28	2	4
		Z2	U1	V1	29	3	3
				V2	30	3	4
			U2	V1	31	Sólo col.	3
				V2	32	Sólo col.	4

Fuente: elaboración propia

## IX ANEXOS

Clasificación de los colorantes según su naturaleza química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante	$\lambda_{máx}$ , nm
• tetrapirroles (lineales y cíclicos)	ficobilinas	azul-verde	610-650 (ficocianinas)
		amarillo-rojo	540-570 (ficoeritrinas)
	clorofila	verde	640-660
• carotenoides (tetraterpenoides)	carotenoides	amarillo-anaranjado	400-500
• flavonoides	flavonas	blanco-crema	310-350
	flavonoles	amarillo-blanco	330-360
	chalconas	amarillo	340-390
	auronas	amarillo	380-430
	antocianinas	rojo-azul	480-550
• xantonas	xantonas	amarillo	340-400
• quinonas	naftoquinonas	rojo-azul-verde	
	antraquinonas	rojo-púrpura	420-460
• derivados indigoides e indoles	indigo	azul-rosado	
	betalainas	amarillo-rojo	470-485 (betaxantinas) 530-554 (betacianinas)
• pirimidinas sustituidas	pterinas	blanco-amarillo	
	flavinas	amarillo	
	fenoxazinas	amarillo-rojo	
	fenazinas	amarillo-púrpura	

Fuente: Colorantes Naturales. Lock, O.