

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA



**“COMPORTAMIENTO DEL COLORANTE DE LAS
HOJAS DEL NOGAL (*Juglans neotrópica* Diels)
DURANTE EL TEÑIDO DE FIBRAS DE LANA
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE TEÑIDO Y
TIEMPO DE POS COSECHA”**

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO
ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA

AUTORES: CARMEN MABEL LUNA CHAVEZ

GLADIS ENITH REYNA MENDOZA

CALLAO, 2020

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

Jurado de Sustentación de Tesis:

Dr. Carlos Alejandro Ancieta Dextre:	Presidente
Dr. Oscar Juan Rodríguez Taranco:	Secretario
Dr. Juan Taumaturgo Medina Collana:	Miembro
Mg. Ricardo Rodríguez Vílchez:	Miembro

Dr. Julio César Calderón Cruz: Asesor de tesis:

Libro de actas N° 01

Acta N° 008

Fecha de aprobación de la tesis: 23 de noviembre 2020

DEDICATORIA

Este trabajo, producto de la condensación de saberes ancestrales que han llegado a nuestro conocimiento a través de relatos personales, experiencias vivenciales en comunidades del interior del Perú y que tiene muy poca difusión científica, se lo dedicamos de manera muy especial a las nuevas generaciones para que recuperen técnicas manejadas por culturas milenarias respetando el medio ambiente y la diversidad, para un desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Dios por cada día de vida y la oportunidad de culminar este proyecto.

A nuestros padres quienes apostaron por nuestra preparación y nos encaminaron profesionalmente.

A nuestras familias que supieron comprender que investigar demandaba parte del tiempo que debimos dedicarle y apoyaron nuestro proyecto.

A nuestros alumnos, exalumnos y practicantes del Instituto de Investigación de especialización en agroindustria (IIEA) quienes dedicaron parte de su tiempo a apoyarnos en las actividades experimentales y de medición de resultados.

A nuestros colegas que orientaron y apoyaron durante el desarrollo de este trabajo

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	12
INDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCION.....	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Descripción de la realidad problemática	18
1.2 Formulación del problema.....	19
1.2.1 Problema general	19
1.2.2 Problemas específicos	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 Limitantes.....	20
1.4.1 Teórico	20
1.4.2 Temporal.....	21
1.4.3 Espacial	21
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Bases teóricas	23
2.2.1. Nogal.....	23
2.2.2. Fibras proteínicas	27
2.2.3 Colorantes textiles	29
2.2.4 Teñido de lana con colorantes naturales	32
2.2.5 Medición del color.....	33
2.3. Bases conceptuales.....	36
2.4 Definición de términos básicos.....	40
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	43
3.1 Hipótesis general e hipótesis específica	43
3.1.1 Hipótesis General	43
3.1.2 Hipótesis Específicas	43
3.2 Definición conceptual de variables.....	43

3.2.1 Operacionalización de variables	45
IV. DISEÑO METODOLOGICO.....	37
4.1 Tipo y diseño de investigación	37
4.2 Método de la investigación	38
4.3 Población y muestra	41
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	41
4.5 Técnica e instrumentos para la recolección de datos.....	41
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	42
V. RESULTADOS	43
5.1 Resultados descriptivos.....	43
5.2 Resultados inferenciales	47
5.2.1 Hipótesis específica 1:.....	47
5.2.2 Hipótesis específica 2:.....	49
5.2.3 Hipótesis específica 3:.....	51
5.2.4 Hipótesis general.....	53
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	58
6.1.1. Temperatura de teñido - agotamiento (ΔE).	58
6.1.2. Tiempo de pos cosecha - intensidad de color (fuerza).....	58
6.1.3. Tiempo de teñido - agotamiento.	59
6.1.4. Agotamiento – T. ($^{\circ}C$) – t. (minutos).	59
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	60
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS	70
Matriz de consistencia	71
Constancia de clasificación taxonómica	72
Carta de colores.....	73
Resúmenes estadísticos	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalizacion de variables	45
Tabla 2 Humedad y pH de las hojas de nogal	43
Tabla 3 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento – semana 1	43
Tabla 4 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento – semana 2.....	44
Tabla 5 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento – semana 3.....	44
Tabla 6 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento – semana 4.....	45
Tabla 7 Intensidad de color como medida de fuerza – semana 1.....	45
Tabla 8 Intensidad de color como medida de fuerza – semana 2.....	46
Tabla 9 Intensidad de color como medida de fuerza – semana 3.....	46
Tabla 10 Intensidad de color como medida de fuerza – semana 4.....	47
Tabla 11 Análisis de varianza ΔE - Temperatura	48
Tabla 12 Prueba de Tukey: ΔE -Temperatura	48
Tabla 13 Análisis de Varianza Fuerza- tiempo de pos cosecha.....	49
Tabla 14 Prueba de Tukey: Fuerza- tiempo de pos cosecha.....	50
Tabla 15 Análisis de varianza ΔE – tiempo de teñido	51
Tabla 16 Prueba de Tukey: ΔE - tiempo de teñido	52
Tabla 17 Análisis de Varianza ΔE – Temp., tiempo de teñ., Tiempo de pos cosecha	54
Tabla 18 Resumen del modelo para ΔE	54
Tabla 19 Coeficientes	54
Tabla 20 Análisis de varianza respecto a la fuerza	55
Tabla 21 Resumen del modelo para la Intensidad de color (Fuerza)	55
Tabla 22 Coeficientes	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la molécula de Juglona.....	26
Figura 2. Composición de la lana.....	29
Figura 3. Quinonas naturales.....	31
Figura 4. Diferencias de color.....	36
Figura 5. Representación del diseño experimental.....	37
Figura 6 . Fibra de lana recepcionada.....	38
Figura 7. Lavado de la lana.	38
Figura 8. Apertura de las fibras.	39
Figura 9. Preparación de los baños de tintura.	40
Figura 10. Comportamiento de medias $\Delta E - T$	48
Figura 11. IC al 95% para la prueba de Tukey. $\Delta E - T$	49
Figura 12. Comportamiento de intensidad de color (Fuerza) - tiempo de teñido.....	50
Figura 13. IC al 95% de Tukey para intensidad de color- tiempo pos cosecha.....	51
Figura 14. Comportamiento $\Delta E -$ tiempo de teñido.....	52
Figura 15. IC al 95%, $\Delta E -$ tiempo de teñido.....	53
Figura 16. Comportamiento $\Delta E - T - t$	56
Figura 17. Comportamiento Fuerza-T-t.....	57

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas, se tiñeron muestras de 1g de lana con colorante extraído de las hojas de nogal en una relación de baño de 1:100. Las corridas experimentales tuvieron como variables independientes la temperatura de teñido (40, 60, 80 y 100°C), el tiempo de teñido (5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos) y el tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal (1, 2, 3 y 4 semanas). El colorante se extrajo con agua a ebullición hasta una relación de 100 g hojas: 1 L de agua.

El comportamiento del colorante en el teñido se evaluó midiendo la intensidad (Fuerza) y el agotamiento (diferencia de color (ΔE)) de cada muestra frente a un patrón teñido a 100 °C por 30 minutos con colorante extraído de las hojas frescas en la semana "0", utilizando el software datacolor. Los valores reportados indican mayor agotamiento del colorante a los 100 °C y 30 minutos, mayor intensidad de color a menor tiempo de pos cosecha de las hojas, comprobando la hipótesis planteada, mediante dos ecuaciones de regresión:

$$\Delta E = 32.519 - 0.19013 T (\text{°C}) - 0.2354 t (\text{min}) + 3.650 \text{ sem} \quad (R^2 = 84.20\%)$$

$$\text{Fuerza} = 7.15 + 0.4365 T (\text{°C}) + 0.5041 t (\text{min}) - 8.004 \text{ sem} \quad (R^2 = 66.68\%)$$

en ambos casos con 95% de confianza. Esto posibilita el uso de las hojas de nogal como fuente de colorante directo para el teñido de lana, obteniéndose diversas tonalidades del color marrón, las que serán más intensas mientras más fresca esté la hoja.

Palabras clave:

Nogal, colorante natural, lana, intensidad, agotamiento

ABSTRACT

In order to evaluate the behavior of the dye of walnut leaves during the dyeing of wool fibers with respect to temperature, dyeing time and post-harvest time of the leaves, samples of 1g of wool were dyed with dye extracted from walnut leaves in a bath ratio of 1:100. The experimental runs had as independent variables the dyeing temperature (40, 60, 80 and 100 ° C), the dyeing time (5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes) and the post-harvest time of the walnut leaves (1, 2, 3 and 4 weeks). The dye was extracted with boiling water to a ratio of 100 g leaves : 1 L of water.

The behavior of the dye in wool dyeing was evaluated by measuring the intensity (Strength) and the depletion (color difference (ΔE)) of each sample against a dyed pattern at 100°C for 30 minutes, with extracted from fresh leaves at week "0", using datacolor software. The reported values indicate greater depletion of the dye at 100 ° C and 30 minutes, greater intensity of color at a lower post-harvest time of post-harvest of the leaves, verifying the hypothesis proposed, by means of two regression equations:

$$\Delta E = 32.519 - 0.19013 T (\text{°C}) - 0.2354 t (\text{min}) + 3.650 \text{ week. } (R^2 = 84.20\%)$$

$$\text{Strength} = 7.15 + 0.4365 T (\text{°C}) + 0.5041 t (\text{min}) - 8.004 \text{ week. } (R^2 = 66.68\%)$$

In both cases with 95% confidence. This allows the use of walnut leaves as a source of direct dye for wool dyeing, obtaining various shades of brown color, which will be more intense while the leaf is fresher.

Keywords:

Walnut, natural dye, wool, Intensity, Exhaustion

INTRODUCCION

En los últimos 70 años, con el incremento de las exigencias tanto en producción como en productividad en los diferentes sectores industriales y particularmente en el sector textil, se han ido abandonando técnicas y materias primas de uso tradicional, sustituyéndolos por procesos industrializados que requieren mayor cantidad de materia prima e insumos como es el caso de las fibras y tintes sintéticos.

El impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud debido al uso de estas sustancias sintéticas, están orientando a los sectores productivos y consumidores a retornar a métodos de producción limpios y que estén en armonía con el cuidado del planeta y la salud. La historia del Perú muestra que desde épocas ancestrales se han utilizado tintes naturales extraídos de diferentes partes de plantas nativas; como en el arte textil de la Cultura Paracas y los tejidos de las diferentes culturas Pre Incas e Inca, cuya influencia se ha apreciado hasta los años 60 – 70 del siglo pasado en el interior del país. Uno de los colores ampliamente utilizados en ponchos, frazadas y otras prendas de tejidos de lana era el marrón, cuya intensidad y tonalidades eran variadas con el uso de diferentes mordientes también naturales, este especial color se extraía de la pulpa del fruto del nogal.

Mediante la investigación sobre el “Comportamiento del colorante de las hojas del nogal (*Juglans neotropica* Diels) durante el teñido de fibras de lana respecto a la temperatura de teñido y tiempo de poscosecha” se determinarán relaciones entre diferentes variables que permitirán mayor conocimiento de la técnica

tintórea para obtener diferentes tonalidades de teñido con las hojas de nogal de manera que se puedan utilizar a escalas mayores con la consiguiente armonía con el medio ambiente y la salud de quienes tiñen como de quienes utilizan las prendas textiles. Por lo que el objetivo es evaluar el comportamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura y tiempo de pos cosecha de las hojas.

La fibra textil, en este caso lana de oveja, será pre-tratada para asegurar homogeneidad al momento de su teñido.

Las hojas de nogal extraídas, serán separadas en cuatro grupos, un grupo para cada semana de evaluación; las fibras teñidas con la solución de colorante por semana, serán contrastadas con un patrón teñido con hojas frescas.

Las muestras teñidas serán analizadas mediante un espectrofotómetro usando el software DATACOLOR, cuyos valores nos permitirán cuantificar las diferencias del color e intensidad y comprobar que el colorante de las hojas de nogal presenta mayor agotamiento en la tinción de fibras de lana a mayor temperatura y mayor tiempo de teñido, disminuyendo la intensidad de su color con el tiempo de pos cosecha de las hojas.

Un mayor conocimiento del efecto de las variables sobre el comportamiento del colorante facilitará el manejo del proceso para el teñido de lana contribuyendo a la economía de la región dando valor agregado a especies vegetales. La relevancia de la investigación se sustenta en la revaloración de la relación hombre-naturaleza, al alcanzar un proceso tecnológico no contaminante.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En los valles interandinos del país existen especies vegetales que presentan múltiples propiedades que no son totalmente aprovechadas, es el caso de la planta del nogal, muy conocida por su madera y poco aprovechada actualmente por sus propiedades tintóreas, siendo la pulpa del fruto la que se utilizaba para estos fines desde épocas ancestrales.

Las hojas de nogal pueden ser aprovechadas como materia prima para extraer colorante y utilizarlos en el teñido de fibras de lana, rescatando costumbres y conocimientos que se han ido perdiendo por falta de registros y conocimiento de la técnica.

Por otro lado, tenemos pobladores rurales con bajos recursos que viven en zonas donde crecen estas especies y crían ganado ovino o auquénidos, de los cuales se puede utilizar su lana como fibra textil teñida con el colorante extraído del nogal.

En épocas actuales donde la tendencia es utilizar tecnologías limpias, el uso de colorantes naturales en lugar de los sintéticos, resulta ser una alternativa viable por sus implicancias sobre el medio ambiente y la salud, pues minimiza los riesgos asociados y además genera opciones de ingreso económico para la región.

Se cuenta, entonces, con los recursos animales y vegetales de los cuales se obtienen la lana y el colorante, que asociados con la técnica adecuada permitirán

utilizarlos. El estudio del arte nos indica que hay muy poco conocimiento sobre la técnica de teñido, la cual se está perdiendo en el tiempo porque su difusión se ha realizado por transmisión oral de padres a hijos por tanto no se cuenta con registros y procedimientos a ser reproducibles.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo se comporta el colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura y tiempo de pos cosecha de las hojas?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo varía el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto a la temperatura de teñido?
2. ¿Cómo varía el color del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo pos cosecha de las hojas de nogal?
3. ¿Cómo varía el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo de teñido?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto a la temperatura de teñido.
2. Evaluar la variación del color del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo pos cosecha de las hojas.
3. Evaluar el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo de teñido

1.4 Limitantes

1.4.1 Teórico

El presente trabajo está enmarcado dentro de la teoría básica del teñido de fibras proteínicas con colorantes directos; poniendo especial énfasis en simplificar la tecnología para que pueda ser aplicada con facilidad en las zonas rurales y orientándose a tecnologías limpias, amigables con el medio ambiente, ya que el uso de colorantes naturales no deja residuo contaminante. Además, las hojas utilizadas volverían a la tierra sin mayor alteración.

El uso de colorantes del nogal sobre fibras proteínicas es parte del conocimiento ancestral que se ha venido perdiendo por sustitución de colorantes anilínicos que hoy se saben son contaminantes y peligrosos para la salud.

1.4.2 Temporal

Respecto a las hojas de nogal de donde se extraerá el colorante, existe disponibilidad durante casi todos los meses del año, excepto durante el otoño que es donde renuevan su follaje.

La lana de oveja, aun cuando hay época de esquilaje, existe disponibilidad de ella en toda época del año.

1.4.3 Espacial

La materia prima, hojas de nogal, se encuentra en todos los valles interandinos del Perú, especialmente en la zona de ceja de selva. Respecto a la fibra textil del ganado ovino que es la que se utiliza en este trabajo, se puede adquirir en toda la zona de la sierra del país y en los valles interandinos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Existen pocos estudios sobre el comportamiento de la tintura con colorantes naturales y específicamente del colorante del nogal.

A nivel internacional:

Gutiérrez (2005) con el objetivo de estudiar los colorantes naturales en base al análisis de la cinética de adsorción a fin de que puedan ser introducidos en la industria textil para el teñido de tejidos de punto de fibras de algodón, analizó al ácido carmínico y al añil, observando que a mayor temperatura de teñido se producía mayor agotamiento, señalando como temperatura óptima de tintura los 60 °C y concluyendo que ambos colorantes podrían ser tratados como colorantes directos. Guirola (2010), señala que aún existen algunas técnicas antiguas que utilizan plantas tintóreas sobre diversos sustratos, principalmente textiles; pero que aun cuando dicho conocimiento sobre plantas adecuadas para la extracción y uso se conserva, hay un vacío importante de información.

Obando (2013) utiliza las hojas de nogal para teñir lana en presencia de mordientes, demostrando que la tintura era posible y que poseía un alto grado de solidez.

A nivel nacional:

Luna, C. (2013) realizó un trabajo de investigación utilizando las hojas de nogal para teñir la lana, extrayendo el colorante por maceración en agua y a ebullición, buscando un proceso para realizar el teñido en frío, a temperaturas entre 25 y

40 °C, utilizando para ello productos auxiliares industriales. Como resultados reporta el teñido de hilos de lana en color marrón amarillento (beige) a las temperaturas señaladas utilizando el sistema de teñido por agotamiento en tiempos de 30 y 60 minutos, observando que no necesariamente el teñido requiere del uso de productos auxiliares o electrolito.

Luna y Reyna (2015), determinaron la influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, utilizando la lana de oveja.

El estudio concluyó que, a mayor temperatura, mayor intensidad del color, verificando que a temperaturas menores de 60 °C las tonalidades tienden al marrón amarillento, mientras que sobre los 70 °C tienden al marrón rojizo. La contrastación de la hipótesis verificó una correlación positiva bastante alta entre las variables de estudio.

El Centro de Recursos para la Transferencia Tecnológica ITACAB reporta una ficha tecnológica (código ITACAB 195) para el teñido de lana con nogal (*Juglans nigra*) y usarlo para el teñido de lana, a nivel artesanal.

En referencia al teñido de fibras de algodón o lana, con el nogal, en América central y del sur, Trueba (2009) y Gibaja (1998) indican que eran técnicas usadas desde la época prehispánica; pero ninguno ha reportado la técnica específica.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Nogal

El nogal, también conocido como tocte es un árbol que crece en suelos fértiles y húmedos, puede alcanzar hasta 30 m de altura y su diámetro aproximadamente

1 m, su follaje es de color verde oscuro y presenta abundante ramificación.
(Ponce y Morales 2011)

El nogal es un árbol que puede encontrarse en el valle de Marcapata, departamento de Madre de Dios-Perú, como también en valles interandinos de Cajamarca y Amazonas entre otros departamentos aledaños (Luna, 2013).

Juro, S., Flores V., Mendoza, Y. y Del Carpio, C. (2010) reportan la especie (*Juglans neotrópica* Diels) como una especie peruana. Es un árbol de tronco grueso y frondoso; con frutos de apariencia leñosa (drupa) con una semilla comestible en sus celdillas.

En la actualidad se ha podido evidenciar que el crecimiento del sector construcción está disminuyendo las plantaciones de nogal que eran muy comunes de encontrar en los patios de las casas.

La especie de nogal que puede encontrarse en el Perú es muy apreciada por la madera de su tallo.

➤ **Taxonomía**

El nogal (*Juglans regia* L.) pertenece a la familia Juglandaceae, orden Juglandales (Martinez M., 2010).

También fue clasificado como: “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)” (Luna, 2013).

Palomino y Barra (2003) reportan en Oxapampa, Villa Rica y Pozuzo, al nogal con el nombre científico de *Juglans neotropica* Diels, con sinonimia: *Juglans columbiensis*, *J. honorei*, *J. andina* y nombre común nogal.

➤ **Propiedades**

Las hojas verdes, cáscara del fruto fresco y corteza de las especies del género *Juglans*: *J. cinera*, *J. nigra* L. y *J. regia* L. (Juglandáceas) contienen juglona al estado de 4-β-D-glucósido del 1,4,5-trihidroxinaftaleno (α-hidrojuglona) y como una mezcla de α y β hidrojuglonas, incluyendo taninos, Gibaja (1998).

Es conocida que las reacciones de los taninos con proteínas forman complejos proteína-tanino utilizados en el curtido de la piel y que las reacciones con iones metálicos forman complejos de coordinación coloreados con cobre, níquel, cromo y hierro.

Además, se conoce su acción bactericida y fungicida, siendo utilizado para eliminar parásitos intestinales y detener el crecimiento del *Bacillus coli* y del *Staphylococcus*.

En general se sabe que la juglona es una molécula inestable, fácilmente oxidada por el aire, produciendo pigmentos pardo-negruzcos y otros colores cuando se tiñe lana o algodón en presencia de mordientes.

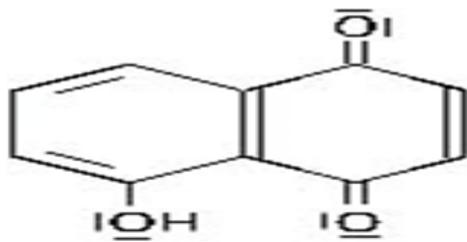


Figura 1. Representación de la molécula de Juglona. Gibaja (1998)

Las quinonas se encuentran tanto en vegetales superiores como en hongos y bacterias. Pueden clasificarse en benzoquinonas, naftoquinonas o antraquinonas. Muchas benzoquinonas y algunas naftoquinonas, pueden inducir dermatitis por sensibilización. Las naftoquinonas, localizadas preferentemente en vegetales superiores pueden presentar actividades farmacológicas de aplicación terapéutica como es el caso de la juglona (5-hidroxi-1,4-naftoquinona) de las hojas y fruto del nogal (*Juglans regia* L., Juglandaceae) que presenta actividad antibacteriana y fungicida. También algunas naftoquinonas pueden ser empleadas en cosmética como colorantes naturales, como ocurre con la lawsona (2-hidroxi-1,4-naftoquinona) con actividad fungicida presente en las hojas de alheña o henna (*Lawsonia inermis* L. Lythraceae) que además de ser un importante fungicida, se fija a los grupos tiólicos de la queratina capilar proporcionándoles un color rojo-anaranjado. (Requiees, 2002)

Usos

Pretel, J., Ocaña, D., Jon, R. y Barahona, E. (1985) reportan que la madera del nogal es muy apreciada en ebanistería, el fruto del nogal como alimento humano y la corteza y hojas para teñir en color marrón oscuro tejidos de algodón y lana;

además señalan que la infusión de hojas de nogal se usa para cortar diarreas, lavar heridas, combatir la tos y para teñir de negro el cabello.

Aleta, N., Ninot, A., y Voltas, J. (2003) también señalan que la mayoría de las especies del género *Juglans* son explotables para uso maderero, algunas son puramente forestales, mientras que otras han sido tradicionalmente cultivadas para la obtención de fruto.

El uso de sus hojas y frutos para el teñido de lana, es reportado por Luna, C. (2013), Luna y Reyna (2015).

2.2.2. Fibras proteínicas

Costa (1990) señala como fibra textil a toda sustancia de origen vegetal, animal o sintético, susceptible a producir hilos y telas.

Luna (2010) señala que las fibras proteicas o proteínicas son aquellas que tienen alto contenido de proteínas en su composición y que las mas importantes son la lana y la seda, cuyos componentes fundamentales son las escleroproteínas fibrilares: queratina y fibroína, respectivamente.

Propiedades

Entre las fibras proteínicas naturales tenemos a la lana y a la seda. Ambas tienen fundamentalmente escleroproteínas fibrilares (queratina y fibroína). Las escleroproteínas son proteínas simples que se caracterizan por su insolubilidad en medio acuoso y por su alta resistencia mecánica y química. Tanto la queratina como la fibroína presentan estructura fibrilar, la queratina se encuentra en el tejido corneo (lana, pelo, plumas, cuerno, epidermis, uñas, pezuñas y escamas) y la fibroína en la seda. Luna (2010).

Arroyave y Gómez (2006) afirman que la lana, por su carácter anfótero es poseedora de grupos ácidos (Carboxilo – COOH) y de grupos básicos (los amino NH₂), por lo tanto, se puede teñir con colorantes ácidos y básicos según las condiciones del medio, y esta característica es propia de las proteínas.

Lana

La lana es una fibra textil proteica o proteínica ya que presenta alto contenido de proteínas en su composición.

La lana presenta estructura fibrosa, formada por cadenas polipeptídicas 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 ácidos – base entre grupos amino cargados positivamente y grupos carboxílicos cargados negativamente. (Vílchez, 2005)

El componente principal de las fibras de lana es la queratina. Los grupos funcionales de la fibra de lana desempeñan un papel en las fuerzas de atracción involucradas en la aplicación de los tintes a las fibras. (Christie, 2001). Las moléculas de la lana son ordenaciones atómicas de estructura alargada que se encuentran en la fibra.

Por lo tanto, lana, es la denominación que da a las fibras suaves y rizadas que se obtienen de la piel de las ovejas domésticas, auquénidos y conejos.

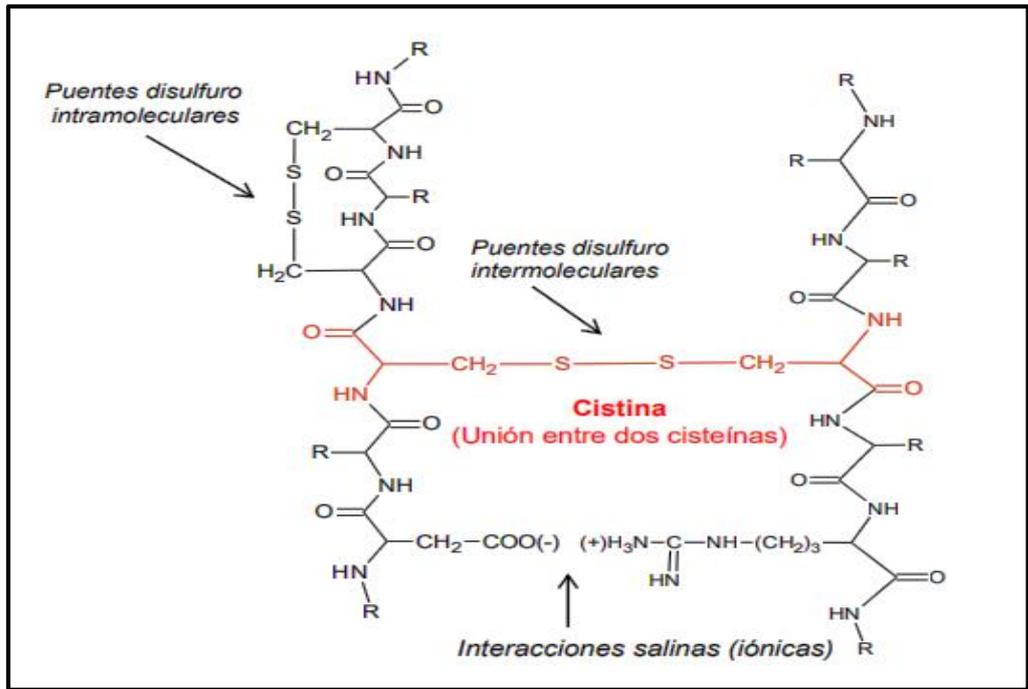


Figura 2. Composición de la lana. Básicamente está conformada por queratina, una proteína resultante de la unión de aproximadamente veinte aminoácidos, con alto contenido de cisteína. Fuente: Borja (2016).

2.2.3 Colorantes textiles

Los colorantes textiles son sustancias que tienen color y que son capaces de fijarlos sobre sustratos textiles. Una revisión de las diferentes teorías sobre los colorantes, confirman que los colorantes son compuestos que presentan enlaces insaturados de tal manera que una reducción los decolora. La teoría sustentada por Otto Witt hace más de 100 años, sostiene que los colorantes están constituidos por lo menos por un grupo cromóforo (responsable del color) y un grupo auxocromo (responsable de la fijación y solubilidad), confirmándose posteriormente que la conjugación es esencial para el color de una molécula de acuerdo con lo postulado por Hewitt y Mitchell. Otros investigadores confirmaron que el cromóforo y el auxocromo eran necesarios para producir el intercambio electrónico.

La literatura revisada sobre compuestos orgánicos insaturados, señala que los grupos cromóforos más importantes serían: el grupo azo (-N=N-), carbonilo (-C=O), doble enlace de carbono (-C=C-), anillo bencénico, entre otros.

Clasificación

La clasificación de los colorantes puede realizarse bajo muchos criterios: naturaleza, solubilidad, comportamiento en solución, aplicación (utilizada en colorantes industriales textiles) (Luna 2010).

Con respecto a su solubilidad, Christie (2001) sostiene que los colorantes pueden ser clasificados en tintes y pigmentos, siendo los tintes compuestos coloreados solubles en agua por lo que se aplican en una disolución acuosa mientras que los pigmentos son compuestos insolubles.

Por su naturaleza o fuente: los colorantes pueden clasificarse en colorantes sintéticos y colorantes naturales.

Colorantes naturales

Son colorantes extraídos de diversas fuentes como: algas, hongos, líquenes, insectos y algunos organismos marinos invertebrados (Lock, 1997). De acuerdo a su naturaleza química, pueden clasificarse como: tetrapirroles, carotenoides, flavonoides, xantonas, quinonas, indigoides y derivados índoles y pirimidinas sustituidas como las flavinas (Lock, 1997. Gibaja 1998).

En las hojas de nogal se pueden encontrar grupos quinónicos (Requiees, 2002) los que serían los responsables del color marrón de su colorante (Pretell et al, 1985). Específicamente las naftoquinonas, que se caracterizan por poseer dos grupos carbonilo en las posiciones 1,4 y con menor frecuencia en 1, 2 ó 1, 3 en

el anillo del naftaleno, de donde deriva su nombre común, se encuentran presentes en la fuente a utilizar (López L., Lluvia, I., Leyva E. y García R., 2011).

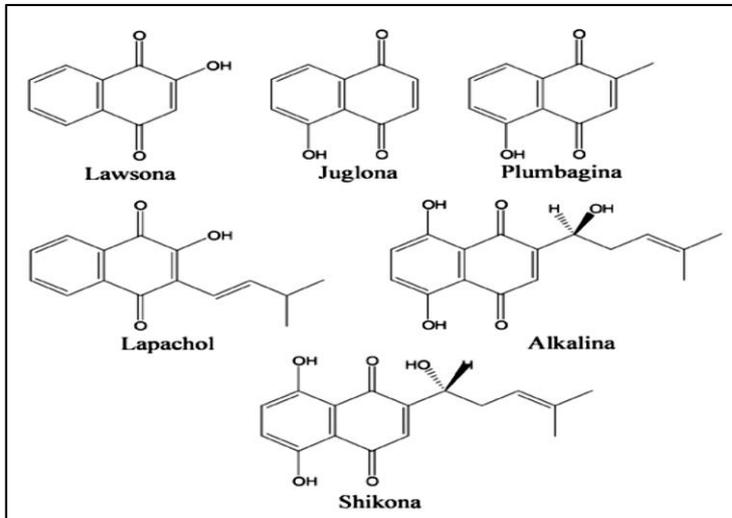


Figura 3. Quinonas naturales. Fuente: (López L., Lluvia, I., Leyva E. y García R., 2011).

Extracción del colorante

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 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.

Luna (2013), Luna y Reyna (2015) realizaron la extracción del colorante de las hojas de nogal, luego de un lavado previo, para eliminar polvo y suciedad de su superficie. Sometiendo inmediatamente a ebullición en agua.

2.2.4 Teñido de lana con colorantes naturales

La literatura técnica y las aplicaciones industriales de teñido de lana, se realizan con colorantes ácidos; a pH inferiores a 5.

Las fibras como la lana poseen carácter ácido y básico (Roquero, 1995), el carácter ácido les permite ocasionalmente ser teñidos directamente por colorantes básicos; pero en general el uso de sales metálicas denominadas mordientes son las que provocan que el colorante migre más fácilmente del baño a la fibra.

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

Gutierrez (2005) y S. Yoshiko (1996) señalan que algunos colorantes naturales se pueden agrupar como colorantes directos los cuales se obtienen mediante extracción acuosa, el extracto se usa directamente para teñir en frío o en caliente.

El ITACAB, en su ficha codificada con el número 195, describe la técnica para la extracción acuosa de tinte del nogal (*Juglans nigra*) y su uso directo en el teñido de lana, sin necesidad de usar un mordiente, la información se basa en referencias de la población rural que la utiliza.

Luna (2010) concluye que la lana puede ser teñida directamente por el colorante extraído de las hojas de nogal incluso a temperaturas de 40 °C.

El teñido de una fibra textil se puede definir como un proceso en el cual la fibra textil puesta en contacto con la solución de un colorante, experimenta la

transferencia del colorante que se encuentra en la solución acuosa hacia la fibra fijándose en ella y resistiéndose a regresar a la solución acuosa.

Esta resistencia se puede explicar por la energía de la unión fibra/colorante, dependiente de las estructuras moleculares colorante/fibra y de la forma como se ha efectuado el teñido.

Durante la tintura se dan cuatro etapas simultáneamente:

“Difusión: Movimiento de la molécula de colorante a través del líquido en el que se encuentra, acercándose a la fibra textil.

Adsorción: Contacto de la molécula de colorante con la superficie de la fibra textil.

Absorción: Difusión de la molécula de colorante al interior de la fibra textil.

Fijación: Formación de enlaces entre las moléculas de la fibra y del colorante. Y que una vez alcanzada esta última etapa se puede decir que el colorante ha teñido la fibra y el proceso de tintura ha terminado, lo cual no significa que todo el colorante del baño ha migrado hacia la fibra porque simultáneamente a estas etapas ocurre la desorción del colorante, es decir su salida de la fibra para ingresar al baño nuevamente” (Luna, 2013)

2.2.5 Medición del color

El color es una percepción que depende de tres elementos: la fuente de luz que incide sobre un objeto, el objeto que puede absorber y reflejar parte de las ondas electromagnéticas que transmiten el color y el observador que es quien percibe las ondas reflejadas (Luna, 2010). Por tanto, si alguno de estos elementos cambia el color percibido también cambiará.

Entonces medir el color de un determinado objeto o en este caso de una muestra teñida, solamente basados en la percepción de un observador, no necesariamente es una buena medida ya que en ella intervienen factores como el tipo de luz, las características del objeto y las condiciones del mismo

observador. Esto hace necesario el uso de instrumentos que conjuguen los tres elementos señalados que intervienen en la percepción del color para eliminar subjetividad.

El uso de instrumentos para la medición del color se conoce como colorimetría instrumental.

J. Valldeperas (1994) menciona que otra aplicación de la colorimetría instrumental es controlar la diferencia de color entre dos muestras, sin embargo, en ninguno de los casos señalados es absolutamente cierto que se pueda medir el color por lo que hay que utilizar rangos de tolerancia.

El mismo Valldeperas (1994) señala que conociendo la curva de reflectancia espectral de un color aplicado a la superficie de un sustrato textil y la concentración del colorante, se puede establecer las concentraciones necesarias a utilizar de distintos colorantes para obtener un determinado espectro y reproducir un color.

Los espectrofotómetros y colorímetros son equipos que se utilizan para la medición del color, Lavado (2012). Los espectrofotómetros miden la cantidad de luz reflejada por una superficie (Valverde, 2015).

Se han realizado muchos intentos para encontrar una solución matemática para la medición de color, por lo que han aparecido varios sistemas de medición, entre ellos, el de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), esta organización, considerada como la máxima autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color: CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color de manera objetiva.

El espacio de color $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los métodos más utilizados para evaluar el color de un objeto debido a que correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana.

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Siendo L , a^* y b^* las coordenadas cromáticas.

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color fácilmente. Estos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* .

Diferencia de color: La diferencia de color es definida como la comparación de una muestra con el estándar (ΔL^*), (Δa^*) y (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Éstas son expresadas como:

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+más luminoso, - más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ más rojo, - más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ más amarillo, - más azul)

ΔE^* = diferencia total de color

Los instrumentos de medición de color pueden detectar diferencias no detectadas por el ojo humano y mostrar esas diferencias en forma numérica o en un gráfico de reflectancia espectral. Luego de identificar las diferencias de color usando los valores $L^*a^*b^*$, se decide si la muestra es aceptable o no con respecto al patrón.

La diferencia total del color es calculada con la ecuación:

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$$

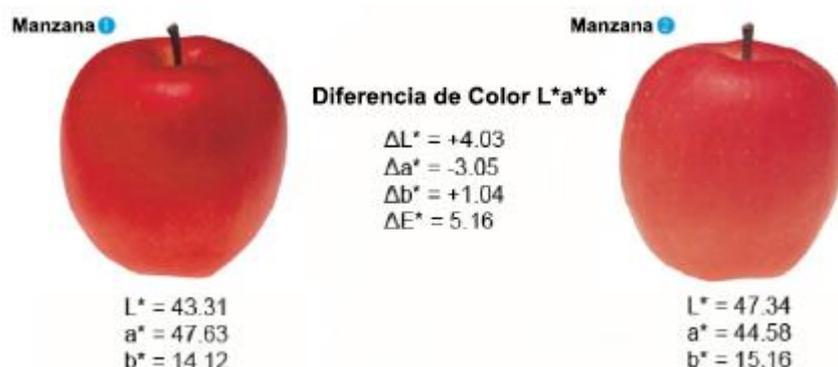


Figura 4. Diferencias de color. Fuente:

<http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

2.3. Bases conceptuales

El nogal es un árbol que crece en muchos lugares del Perú, específicamente en los valles interandinos. Se han reportado diversas variedades de nogal. La especie de nogal con la que se realiza el trabajo es la *Juglans neotrópica* Diels, recolectada en el departamento de Amazonas, cuya clasificación taxonómica, según el sistema de Cronquist (1998) es la siguiente:

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Hamamelidae

Orden: Juglandales

Familia: Juglandaceae

Género: Juglans

Especie: Juglans neotropica Diels

Las referencias con respecto a su uso lo reportan como ideal para obtener madera de su tronco y alimento de sus semillas (Pretel, J., Ocaña, D., Jon, R. y Barahona, E., 1985; Aleta, N., Ninot, A., y Voltas, J., 2003). Algunos autores han reportado el uso de las hojas para teñido de fibras textiles utilizando mordientes (Aleta, N., Ninot, A., y Voltas, J.; 2003); sin embargo, esta propiedad conocida desde tiempos muy remotos tal como lo demuestran los vestigios históricos encontrados en nuestro país, no tiene una técnica reportada (Gibaja, 1998; Trueba, 2009 y Guirola, 2010).

Versiones recogidas del conocimiento popular en las zonas rurales, confirman las propiedades tintóreas de la corteza, hojas y frutos del nogal para la lana y el cabello entre otras; por lo que es posible utilizar las hojas de nogal para el teñido de fibras de lana.

Perteneciendo el nogal a la familia Juglandaceae, orden Juglandales (Martinez M., 2010; Palomino y Barra, 2003), sus hojas contienen juglona y taninos (Gibaja (1998); y por su condición de vegetal superior, la juglona presente en las hojas del nogal responde a una quinona, específicamente una naftoquinona (Lock, 1997).

Las naftoquinonas se emplean en cosmética como colorantes naturales, como ejemplo está la lawsona extraída de la henna (Requiees, 2002). Esto explica que la juglona es la responsable del teñido de la lana.

La lana es una fibra textil proteínica, con alto contenido de queratina en su composición, por lo que posee carácter anfótero debido a la presencia de grupos ácidos (COOH) y de grupos amino (NH₂), por lo tanto, se puede teñir con colorantes ácidos y básicos (Arroyave y Gómez, 2006; Vilchez, 2005).

Debido a que se pretende realizar un teñido directo (Luna, 2013; Luna y Reyna, 2015), sólo se pondrá en contacto el colorante con la fibra, sin cambiar el pH del medio, ni utilizar mordientes.

Dado que el colorante es una quinona, el probable color a obtener es el marrón (Requiees, 2002).

Los colorantes textiles son sustancias que tienen color y que son capaces de fijarlos sobre sustratos textiles, debido a que poseen por lo menos un grupo cromóforo y un grupo auxocromo. La quinona, presente en la hoja de nogal sería la responsable de la coloración por la presencia de enlaces conjugados en su molécula que producirán el intercambio electrónico con el grupo auxocromo. Por lo que el teñido de la lana (de carácter anfótero) con el colorante de las hojas de nogal dará diferentes tonalidades del color marrón.

El colorante presente en las hojas del nogal puede clasificarse como tinte por su solubilidad en agua, lo que permitirá su aplicación en solución acuosa (Christie, 2001; Luna 2010).

La poca información sobre la técnica de tintura, señala que el teñido de lana de oveja requiere de dos etapas: la preparación de la lana y el proceso de teñido (Lock, 1997).

Para el proceso de tinción con colorantes naturales se ha señalado dos métodos: el directo con agua fría o con agua caliente y el indirecto cuando la lana se mordenta previamente (Lock,1997; Aleta, N., Ninot, A., y Voltas, J., 2003); sin embargo también es posible la retención del colorante en los grupos químicamente activos de la molécula de la queratina en la lana (Klages 1968); por lo que puede esperarse un teñido por absorción, como el de un teñido directo.

En este trabajo de investigación se utilizará el método de teñido directo, sistema por agotamiento, en medio neutro y utilizando tres etapas: preparación de la lana, extracción del colorante y el teñido.

Luna (2013), Luna y Reyna (2015) reportan la extracción del colorante de las hojas de nogal luego de un lavado previo para eliminar polvo y suciedad de su superficie, sometiendo inmediatamente a ebullición en agua; por lo que se utilizará este mismo método.

Una vez extraído el colorante se procede al teñido colocando la fibra en contacto con la solución del colorante por un tiempo suficiente para su absorción y fijado en la fibra. Luna (2013) realizó el teñido en 30 y 60 minutos, logrando coloración ligeramente más intensa a 60 minutos; por lo que el tiempo de teñido para este trabajo será de 30 minutos.

La absorción del colorante en la fibra, durante el teñido, depende de muchas variables, entre ellas el tiempo y la temperatura; si varían alguna de estas variables, la absorción del colorante y por lo tanto el color que se perciba en la fibra será diferente.

Según Valldeperas (1994) y Valverde (2015) la colorimetría instrumental puede utilizarse para medir la diferencia de color entre dos muestras conociendo la curva de reflectancia espectral y haciendo uso de un espectrofotómetro que mide la cantidad de luz reflejada por la superficie.

Los instrumentos que miden el color pueden cuantificarlo determinando los valores para las coordenadas cromáticas L^* , a^* , y b^* a partir de la lectura del espectro electromagnético del patrón y de la muestra, detectando diferencias que no necesariamente son visibles al ojo humano y mostrando estas diferencias en forma numérica o en un gráfico de reflectancia espectral.

Utilizando un espectrofotómetro y el software DATACOLOR, se puede obtener como información la diferencia de color entre la muestra y el patrón entendida como la diferencia de color ΔE^* . Si ΔE^* es diferente de cero, las muestras comparadas no tienen el mismo color.

La fuerza del color dato que arroja el Datacolor es un atributo del color que se incrementa con un aumento en la concentración del colorante (absorción). Es calculado de los datos de reflexión.

2.4 Definición de términos básicos

2. 4.1 Baño de teñido

Solución del colorante extraído, con la que se realiza el teñido.

2.4.2. Teñido por agotamiento.

Proceso en el cual la fibra se sumerge en el baño de teñido manteniendo en contacto el sistema fibra-baño por un tiempo prolongado para que el colorante migre (se agote) del baño hacia la fibra.

2.4.3. Relación de baño

Proporción del peso de la fibra y el volumen del baño de teñido.

2.4.4. Color

Percepción de la energía electromagnética reflejada por la interacción entre el colorante y la radiación emitida por una fuente de luz sobre un objeto, en este caso, la fibra textil; que solo será percibido como color visible si la longitud de onda reflejada se encuentra entre los 380 y 780 nm, aproximadamente.

2.4.5. Colorante

Sustancia que es capaz de transferir color a un sustrato o fibra textil.

2.4.6. Espacios de color:

También denominados sistemas de medición de color. Son modelos matemáticos que tratan de representar el color en un determinado punto de coordenadas. Generalmente permiten establecer diferencias de color entre un patrón de referencia y una muestra teñida.

2.4.7. Data color

Espectrofotómetro con software incorporado para la medición del color, muy utilizado en el área textil.

2.4.8 Diferencia total de color (ΔE)

Comparación cuantitativa (numérica) del color de muestras con el estándar o patrón. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color entre dos muestras para identificar diferencias.

2.4.9 Intensidad del color

También conocida como fuerza, está relacionado con la concentración del colorante en la muestra teñida, y es calculado con los datos de reflexión.

2.4.10 Pos cosecha

Periodo posterior al recojo, retiro o separación de las hojas del árbol del nogal.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general e hipótesis específica

3.1.1 Hipótesis General

El colorante de las hojas de nogal presenta mayor agotamiento en la tintura de fibras de lana a mayor temperatura y mayor tiempo de teñido, disminuyendo la intensidad de su color con el tiempo de pos cosecha de las hojas.

3.1.2 Hipótesis Específicas

1. A mayor temperatura de teñido, mayor agotamiento.
2. A mayor tiempo de pos cosecha menor intensidad de color
3. A mayor tiempo de teñido, mayor agotamiento

3.2 Definición conceptual de variables

Variable (Y):

Comportamiento del colorante: variación del color referente a cómo va migrando el colorante del baño de tintura a la fibra.

Variables correlacionadas:

X₁ = Temperatura de teñido: Temperatura constante (isoterma) a la cual se realiza el teñido

X₂ = Tiempo pos cosecha de las hojas: Tiempo transcurrido desde la recolección de la hoja

X₃= Tiempo de teñido: Tiempo que el colorante permanece en contacto con la fibra en el baño a temperatura constante.

Modelo: $Y = f(X_1, X_2, X_3)$

Comportamiento del colorante = f (temperatura de teñido, tiempo de cosecha de las hojas, tiempo de tintura)

3.2.1 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Comportamiento del colorante. <i>(Dependiente)</i>	Variación del color referente a cómo va migrando el colorante del baño de tintura a la fibra	Agotamiento	ΔE	Proporcional
		Intensidad de color	Fuerza	Proporcional
Temperatura de teñido <i>(Independiente)</i>	Temperatura constante (isoterma) a la cual se realiza el teñido	Temperatura	40 °C 60°C 80°C 100°C	Proporcional
Tiempo de pos cosecha <i>(Independiente)</i>	Tiempo transcurrido desde la recolección de la hoja	Tiempo pos cosecha	Semana 1 Semana 2 Semana 3 Semana 4	De razón
Tiempo de teñido <i>(Independiente)</i>	Tiempo que el colorante permanece en contacto con la fibra en el baño a temperatura constante	Tiempo de teñido	5 minutos 10 minutos 15 minutos 20 minutos 25 minutos 30 minutos	De razón

Fuente: elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

Es una investigación aplicada porque su propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables (Bunge, 1971). Es explicativa porque está orientada a responder las causas de los eventos físicos y explica la relación entre variables.

Es experimental porque se manipulan variables en condiciones controladas para describir las causas que producen un evento.

La investigación se realizó aplicando el diseño factorial completo y aleatorio (Montgomery, 2004), con tres factores de estudio:

Temperatura con 4 niveles.

Tiempo de pos cosecha con 4 niveles

Tiempo de teñido con 6 niveles.

El experimento básico está constituido por 96 ($4 \times 4 \times 6$) tratamientos con 3 réplicas cada uno teniendo un total de unidades experimentales 96×3

Temp. °C	Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4					
	Tiempo (min)						Tiempo (min)						Tiempo (min)						Tiempo (min)					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
40	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
60	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 5. Representación del diseño experimental. Cada cuadrado coloreado representa una corrida experimental. Fuente: elaboración propia.

4.2 Método de la investigación

Etapa 1. Preparación de la fibra

Las fibras de lana fueron sometidas a procesos de limpieza mediante la apertura de fibras (estiramiento); esto se realizó manualmente.



Figura 6 . Fibra de lana recepcionada, puede observarse las impurezas que contiene. Fuente: fotografía tomada por las autoras.

Se procedió al lavado de las mismas, utilizando agua a 40°C - 50°C, con jabón blanco en barra.



Figura 7. Lavado de la lana. Fuente: fotografía tomada por las autoras.

Se enjuagó con agua corriente y se secó a temperatura ambiente, procediendo a otro proceso de limpieza mediante apertura de la fibra.



Figura 8. Apertura de las fibras. Fuente: fotografía tomada por las autoras.

Finalmente se seleccionaron y pesaron muestras de 1 g para teñirlas.

Etapa 2. Extracción del colorante

Etapa previa:

Las hojas frescas de nogal fueron limpiadas con paños húmedos; una vez secas se pesaron paquetes de 800 g y almacenaron en bolsas de papel. Un paquete de estos fue utilizado como control.

Extracción del colorante:

Para la extracción de colorante se tomó uno de los paquetes de 800 g y se sumergió en 10 L de agua potable, se llevó el conjunto a ebullición hasta que el volumen se redujo a 8 L; de esta manera se obtiene concentraciones aproximadas de 1/100 (colorante/agua) en cada extracción. La solución de colorante se filtró utilizando una malla fina .

El procedimiento se repitió cada semana de prueba, inmediatamente antes del teñido.

Etapa 3. Teñido

Se prepararon 06 matraces Erlenmeyer conteniendo cada uno 100 mL de solución de colorante extraído y 6 muestras de lana (cada muestra de 1 g) para obtener una relación de baño 1/100. Las muestras de lana se introdujeron en cada matraz al mismo tiempo y se llevó el conjunto hasta la temperatura definida en un sistema de baño maría con agitación, una vez alcanzada la temperatura definida dentro del matraz, esta se mantiene constante y luego se va retirando uno a uno el matraz del baño de temperatura según el diseño experimental: a los cinco minutos, a los diez minutos, y así sucesivamente cada cinco minutos hasta completar 30 minutos. El proceso se realizó por triplicado en un mismo día y se replicó cada semana hasta completar las 4 semanas. Cada muestra constituyó una unidad de análisis con la que se determinó la absorción de colorante en la fibra.



Figura 9. Preparación de los baños de tintura. Fuente: fotografía tomada por las autoras.

4.3 Población y muestra

En este trabajo no existe una población física dado que los resultados de la investigación no buscan inferir sobre características o comportamientos de una población.

La muestra está constituida por una unidad de análisis de 1g de lana teñida con solución de colorante extraído de hojas de nogal de la especie ***Juglans neotrópica Diels*** proveniente de los valles interandinos del departamento de Amazonas.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El proceso de teñido se realizó en el laboratorio de análisis químico del Instituto de investigación de especialización en Agroindustria de la Universidad Nacional del Callao durante el mes de diciembre del 2017.

Las mediciones de color se realizaron en un laboratorio textil el primer semestre del 2018.

4.5 Técnica e instrumentos para la recolección de datos

Las muestras teñidas se codificaron y almacenaron en bolsas de polietileno para su protección hasta la toma de lectura de la intensidad y diferencia de color.

Las lecturas de intensidad y diferencia de color se hicieron utilizando el software data color.

Parte de las muestras de teñido se utilizaron para elaborar una carta de colores

Los instrumentos utilizados

- Balanza SOEHNLE (d:1g max. 250g)
- Cocinilla eléctrica
- Baño maría con agitación marca SALVIS – AG 6015
- Termómetros de 0 -120 °C
- Cronometro
- Datacolor SPECTRAFLAS HSF 450 SERIAL 1233

4.6 Análisis y procesamiento de datos

- Se realizaron pruebas de análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.
- Además, se determinaron las posibles correlaciones entre las diferentes variables:

$$Y = f (X_1, X_2, X_3)$$

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

Tabla 2
Humedad y pH de las hojas de nogal

Dato	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Humedad(%)	67.22	57.7	14.42	13.75	12.98
pH		7.3	7.3	7.5	7.4

La tabla 2 reporta los valores promedio de % de humedad y pH de la solución de colorante extraído de las hojas de nogal.

Luego de evaluar las muestras teñidas según el diseño de experimentos, se obtuvieron los resultados mostrados en las siguientes tablas 3, 4, 5 y 6, para el agotamiento del teñido, medido como diferencia de color (ΔE), utilizando como patrón de comparación una muestra de lana teñida a 100 °C y 30 minutos con el colorante de las hojas de nogal recién extraídas del árbol.

Tabla 3
Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento - Semana 1

Temp. °C	replica N°	Semana 1					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	26.89	25.58	25.77	22.92	22.17	21.66
	2	27.27	25.43	24.73	25.07	23.16	23.41
	3	27.03	25.47	25.03	23.95	23.05	22.83
60	1	22.13	20.28	19.83	17.51	18.73	17.88
	2	23.19	19.48	19.47	19.59	17.94	19.10
	3	22.89	20.02	19.53	18.72	18.05	17.35
80	1	17.13	16.42	13.74	13.41	12.85	11.82
	2	18.53	17.23	16.07	20.16	14.95	10.74
	3	18.05	16.98	15.65	14.72	13.74	11.05
100	1	10.53	10.08	8.69	6.81	6.30	6.07
	2	11.24	9.05	7.38	7.08	7.26	6.84
	3	11.03	9.78	8.04	7.02	7.15	6.73

En la tabla 3 se reportan los valores ΔE obtenidos para la primera semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 4

Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento - Semana 2

Temp. °C	replica N°	Semana 2					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	34.86	31.13	29.74	27.57	27.41	26.85
	2	32.68	31.19	29.42	27.68	26.36	24.25
	3	32.47	31.14	29.40	27.55	26.92	26.12
60	1	32.27	27.63	26.70	26.14	25.68	25.13
	2	31.14	26.82	26.36	25.42	25.15	24.88
	3	31.66	27.16	26.59	25.90	25.02	23.19
80	1	27.36	26.92	26.59	24.96	23.28	22.21
	2	27.74	27.03	26.30	25.10	24.44	22.02
	3	28.02	26.99	26.14	25.00	23.90	22.02
100	1	22.89	19.99	19.84	16.17	16.48	12.89
	2	21.16	21.38	18.23	16.08	14.95	15.10
	3	21.89	20.78	18.88	16.12	15.62	14.03

En la tabla 4 se reportan los valores ΔE obtenidos para la segunda semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 5

Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento - Semana 3

Temp. °C	replica N°	Semana 3					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	32.68	32.14	31.04	29.37	29.04	27.56
	2	32.06	31.75	31.09	28.30	28.24	26.75
	3	32.78	31.81	31.20	28.78	28.49	27.23
60	1	32.55	31.02	29.92	29.41	27.91	26.75
	2	32.09	30.13	30.31	28.35	27.33	25.80
	3	32.33	30.78	29.99	28.86	28.22	27.00
80	1	29.56	28.50	27.64	27.35	27.81	25.34
	2	30.42	28.23	28.56	27.71	26.39	25.56
	3	29.24	28.36	27.99	27.55	26.93	25.18
100	1	28.59	21.69	20.02	19.79	18.08	18.67
	2	24.97	21.80	19.73	20.24	18.58	16.94
	3	25.04	21.86	20.32	19.59	18.55	16.98

En la tabla 5 se reportan los valores ΔE obtenidos para la tercera semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 6

Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento - Semana 4

Temp. °C	Replica N°	Semana 4					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	34.96	34.47	32.96	32.21	31.18	29.61
	2	35.33	34.02	32.45	31.65	31.41	28.43
	3	35.09	33.93	32.82	31.92	31.38	28.68
60	1	33.41	32.05	30.62	30.80	29.66	26.35
	2	32.58	31.14	30.36	29.97	30.04	26.10
	3	32.95	31.55	30.67	30.18	29.62	26.79
80	1	31.53	30.78	30.63	29.79	29.28	27.25
	2	31.55	30.75	29.40	26.68	28.25	25.93
	3	31.61	30.34	29.81	28.77	27.83	25.39
100	1	27.06	23.68	21.42	20.87	19.18	18.09
	2	27.05	22.66	22.34	19.35	18.80	16.86
	3	27.15	22.63	22.00	19.69	18.60	17.59

En la tabla 6 se reportan los valores ΔE obtenidos para la cuarta semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Además se midió la fuerza del color, entendida como la intensidad de color, tomando como patrón de comparación una muestra de lana teñida a 100 °C y 30 minutos con el colorante de las hojas de nogal recién extraídas del árbol.

Tabla 7

Intensidad de color medida como Fuerza - semana 1

Temp. °C	Replica N°	Semana 1					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	18.27	20.30	21.31	22.21	24.99	26.94
	2	18.07	19.08	21.53	24.78	24.83	25.39
	3	18.22	20.35	21.55	23.43	25.00	26.84
60	1	26.95	28.94	29.99	32.34	32.43	34.39
	2	24.90	29.73	32.05	32.43	34.28	35.43
	3	25.55	29.56	31.09	32.44	34.30	35.99
80	1	33.12	36.75	39.16	39.76	49.11	51.11
	2	36.14	36.81	39.71	46.03	46.11	56.08
	3	35.08	36.85	39.72	44.45	47.68	52.99
100	1	56.83	61.79	71.06	83.49	90.60	94.58
	2	58.51	67.97	77.87	87.22	93.47	100.20
	3	56.99	65.88	77.00	86.02	90.98	95.78

En la tabla 7 se reportan los resultados de la lectura de fuerza para la primera semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 8

Intensidad de color medida como Fuerza - semana 2

Temp. °C	Replica N°	Semana 2					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	9.96	13.99	15.13	18.26	18.77	20.93
	2	11.94	13.60	15.28	18.62	20.25	24.77
	3	12.22	13.72	15.26	18.55	20.02	21.88
60	1	12.94	17.86	19.62	20.05	20.75	21.83
	2	13.46	18.88	19.59	20.60	21.59	22.44
	3	13.02	18.86	19.59	20.45	21.62	23.99
80	1	16.91	19.22	19.95	21.53	23.77	26.25
	2	17.63	19.33	19.68	21.91	23.41	26.66
	3	17.02	19.31	20.05	21.88	23.66	26.68
100	1	25.62	30.77	33.41	42.22	42.68	53.32
	2	28.13	28.86	34.55	41.42	42.53	43.70
	3	26.55	29.55	33.99	41.39	42.88	48.22

En la tabla 8 se reportan los resultados de la lectura de fuerza para la segunda semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 9

Intensidad de color medida como Fuerza - semana 3

Temp. °C	Replica N°	Semana 3					
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	5 min.	30 min.
40	1	11.78	12.69	13.80	16.35	17.22	19.39
	2	12.32	13.31	13.60	17.07	17.42	19.70
	3	11.70	12.88	13.66	16.98	17.40	19.33
60	1	12.16	14.07	15.37	17.07	17.95	20.43
	2	12.73	14.79	15.55	17.37	18.50	19.95
	3	12.70	14.81	15.88	17.44	18.31	19.99
80	1	15.60	17.40	17.81	18.88	19.16	21.88
	2	14.60	17.49	18.23	18.25	19.62	21.37
	3	16.21	17.50	18.03	18.66	19.55	22.00
100	1	17.42	29.82	31.94	33.71	37.98	35.91
	2	23.16	28.72	32.32	34.06	35.55	42.59
	3	22.89	28.68	31.99	33.76	36.58	41.98

En la tabla 9 se reportan los resultados de la lectura de fuerza para la tercera semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

Tabla 10

Intensidad de color medida como Fuerza - semana 4

Temp. replica		Semana 4					
°C	N°	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	25 min.	30 min.
40	1	9.72	10.27	11.53	12.60	13.32	15.63
	2	9.15	11.11	11.85	12.99	13.33	16.99
	3	9.55	10.67	11.80	12.75	13.35	16.66
60	1	10.45	12.61	14.08	14.18	14.91	19.33
	2	11.33	13.20	14.11	14.88	15.49	19.71
	3	10.99	12.89	14.05	14.69	15.40	18.88
80	1	12.69	14.09	14.33	15.11	15.86	17.60
	2	13.22	14.20	14.65	15.85	16.67	20.68
	3	13.06	14.19	14.70	15.78	16.88	20.88
100	1	18.84	25.42	27.79	29.68	35.39	38.11
	2	19.18	26.86	27.80	33.52	35.22	38.45
	3	18.89	26.77	28.00	32.99	35.65	38.40

En la tabla 10 se reportan los resultados de la lectura de fuerza para la cuarta semana. Resultados arrojados por el Datacolor.

5.2 Resultados inferenciales

El tratamiento estadístico de los datos (análisis de varianza y prueba confirmatoria de Tukey) arrojó los siguientes resultados para las hipótesis planteadas:

5.2.1 Hipótesis específica 1:

A mayor temperatura de teñido, mayor agotamiento (menor ΔE con respecto al patrón).

Significancia de las diferencias entre las medias de los grupos teñidos a diferentes temperaturas:

Tabla 11

Análisis de Varianza: ΔE – temperatura.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	4753	1584.48	52.00	0.000
Error	284	8654	30.47		
Total	287	13408			

La tabla 11, muestra que existe diferencia significativa entre las medias, con $p=0.00$.

Análisis de las medias de grupos:

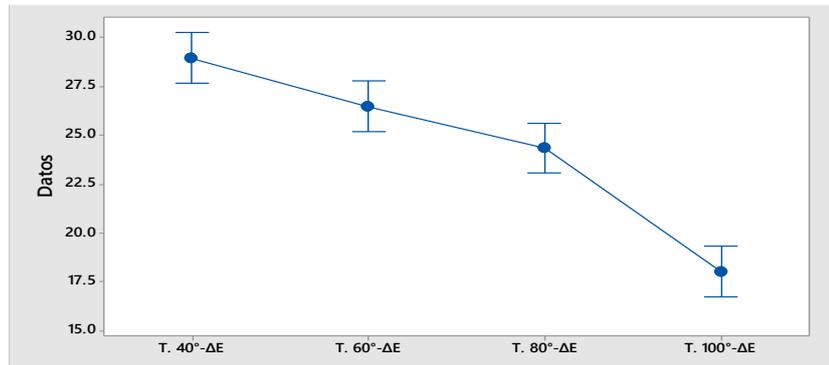


Figura 10. La grafica muestra el comportamiento de las medias de ΔE con respecto a las temperaturas.

Tabla 12

Prueba de Tukey: ΔE - Temperatura

Temperatura	N	Media	Agrupación
40	72	28.986	A
60	72	26.502	B
80	72	24.349	B
100	72	18.029	C

La tabla 12 muestra diferencia significativa entre los teñidos a diferentes temperaturas; pero esta diferencia no es significativa para ΔE a 60 y 80 °C. con 95 % de confianza.

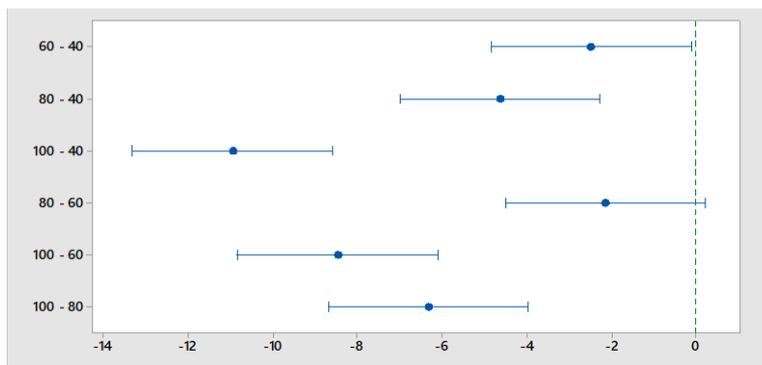


Figura 11. La figura de los IC al 95% para la prueba de Tukey, confirma diferencia entre ΔE para los tratamientos a diferentes temperaturas con excepción del grupo a 60 y 80°C.

5.2.2 Hipótesis específica 2:

A mayor tiempo de pos cosecha menor intensidad de color (fuerza).

Significancia de las diferencias entre las medias de la fuerza de los grupos teñidos a diferentes tiempos de pos cosecha de las hojas de nogal:

Tabla 13

Análisis de Varianza: Fuerza- tiempo de pos cosecha

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	3	30041	10013.8	54.16	0.000
Error	283	52321	184.9		
Total	286	82363			

La tabla 13, muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, con $p=0.00$.

Análisis de las medias de grupos:

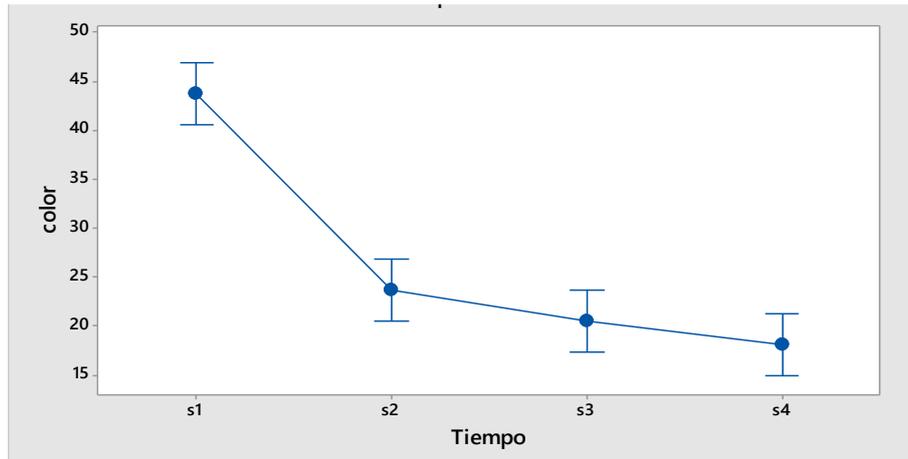


Figura 12. La grafica muestra el comportamiento de la intensidad de color (Fuerza) con respecto al tiempo de pos cosecha de las hojas.

Tabla 14

Prueba de Tukey: Fuerza- tiempo de pos cosecha

Tiempo	N	Media	Agrupación
1	71	44.05	A
2	72	23.68	B
3	72	20.597	B
4	72	18.081	B

La tabla 14 muestra diferencia significativa entre Fuerza y tiempo de pos cosecha entre la primera semana y las demás, no habiendo diferencia significativa entre la segunda, tercera y cuarta semana con 95% de confianza.

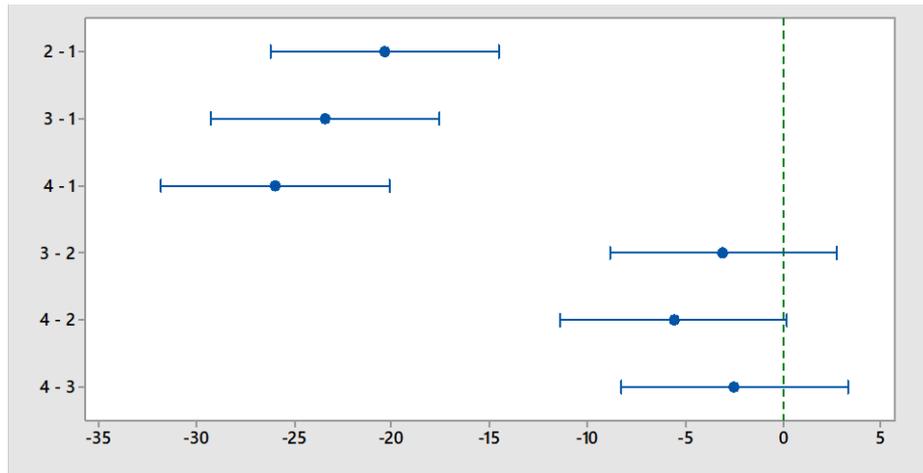


Figura 13. La figura de IC al 95% de Tukey confirma que no se aprecian diferencias significativas en la intensidad de color en las semanas 2,3 y 4 de pos cosecha de las hojas.

5.2.3 Hipótesis específica 3:

A mayor tiempo de teñido, mayor agotamiento

Significancia de las diferencias entre las medias de la diferencia de color de los grupos teñidos a diferentes tiempos:

Tabla 15

Análisis de Varianza ΔE - tiempo de teñido

Fuente	GL	SC Ajust.	Mc Ajust.	Valor F	Valor p
T. teñido	5	564.7	112.93	2.48	0.032
Error	282	12843.0	45.54		
Total	287	13407.6			

La tabla 15 muestra que existe diferencia significativa entre las medias de los diferentes tratamientos, con $p=0.032$.

Análisis de las medias de grupos:

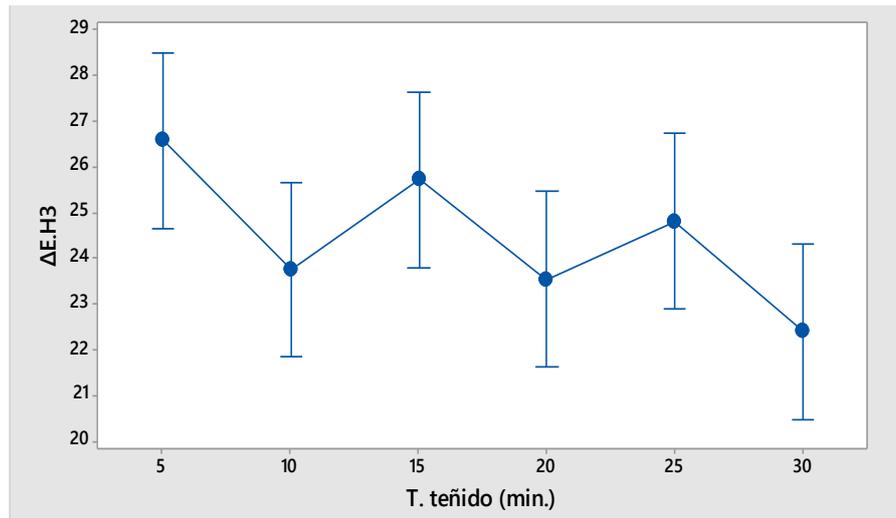


Figura 14. La gráfica muestra el comportamiento de ΔE con respecto al tiempo de teñido, observando menor ΔE a 30 minutos.

Tabla 16

Prueba de Tukey: ΔE – tiempo de teñido.

T. teñido (min)	N	Media	Agrupación
5	48	26.58	A
15	48	25.718	A B
25	48	24.807	A B
10	48	23.75	A B
20	48	23.535	A B
30	48	22.407	B

La tabla 16 muestra diferencia significativa entre ΔE -tiempo de teñido para 5 y 30 minutos, no siendo así entre 15 y 25 minutos con un nivel de confianza de 95%.

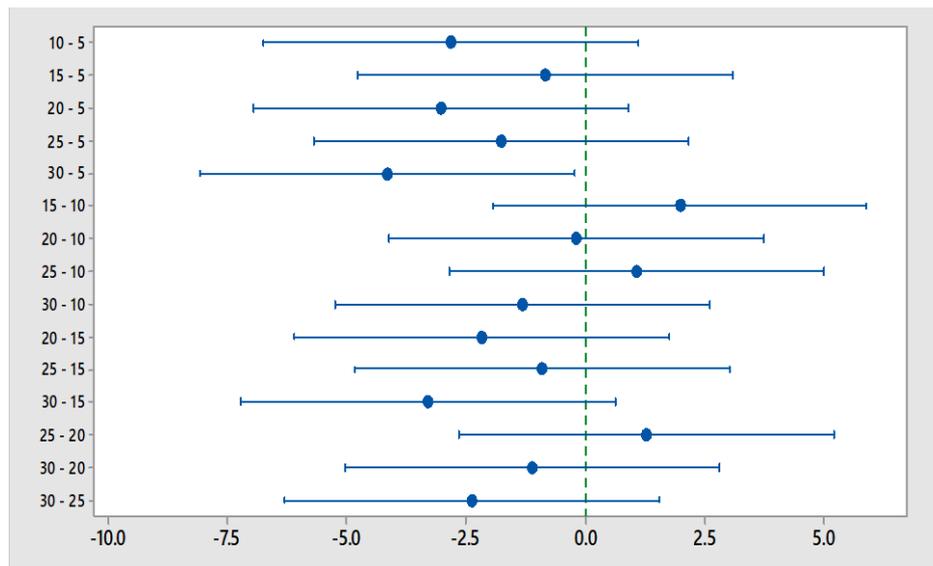


Figura 15. La figura de IC al 95%, confirma que no existen diferencias significativas en el agotamiento a entre 5 y 25 minutos de teñido, excepto a 30 min.

5.2.4 Hipótesis general

El colorante de las hojas de nogal presenta mayor agotamiento en el teñido de fibras de lana a mayor temperatura y mayor tiempo de teñido, disminuyendo la intensidad de su color con el tiempo de pos cosecha de las hojas.

Análisis de regresión: Agotamiento vs. Temperatura, Tiempo de teñido, Tiempo de pos cosecha de las hojas.

Tabla 17

Análisis de Varianza ΔE – Temperatura, Tiempo de teñido, Tiempo de pos cosecha de las hojas

Fuente	Gl	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	11166.4	3722.14	521.43	0.000
Temp. de teñido	1	5205.3	5205.32	729.21	0.000
Tiempo de teñido	1	1164.1	1164.12	163.08	0.000
Semana pos cosecha	1	4797.0	4796.98	672.00	0.000
Error	284	2027.3	7.14		
Total	287	13193.7			

La tabla 17 muestra que hay evidencia de correlación entre las variables de temperatura de teñido, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal y el agotamiento del teñido

Bondad del ajuste

Tabla 18

Resumen del modelo para ΔE

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.67176	84.63%	84.47%	84.20%

La tabla 18 muestra el grado de correlación entre las variables consideradas y ΔE .

Tabla 19

Coefficientes

Término	Coef.	EE del Coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	32.519	0.704	46.19	0.000	
Temp. de teñido	-0.19013	0.00704	-27.00	0.000	1.00
Tiempo de teñido	-0.2354	0.0184	-12.77	0.000	1.00
Semana de pos cosecha	3.650	0.141	25.92	0.000	1.00

La tabla 19 muestra los coeficientes de correlación entre las variables trabajadas y ΔE

Ecuación de regresión:

$$\Delta E = 32.519 - 0.19013 T(^{\circ}C) - 0.2354 t (\text{minutos}) + 3.650 \text{ sem.}$$

Análisis de regresión: Fuerza vs. Temperatura, T. teñido -minutos, semana

Tabla 20

Análisis de Varianza respecto a la fuerza

Fuente	Gl	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	55837.1	18612.4	199.09	0.000
Temp. de teñido	1	27438.7	27438.7	293.50	0.000
Tiempo de teñido	1	5336.5	5336.5	57.08	0.000
Semana pos cosecha	1	23062.0	23062.0	246.69	0.000
Error	284	26550.3	23062.0		
Total	287	82387.5	93.5		

La tabla 20 muestra que hay evidencia de correlación entre las variables de temperatura de teñido, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal y la intensidad de color medido como Fuerza.

Bondad del ajuste

Tabla 21

Resumen del modelo para Fuerza

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
9.66887	67.77%	67.43%	66.68%

La tabla 21 muestra el grado de correlación entre las variables consideradas y la intensidad de color medido como fuerza.

Tabla 22

Coeficientes

Término	Coef.	EE del Coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	7.15	2.55	2.81	0.005	
Temperatura de teñido	0.4365	0.0255	17.13	0.000	1.00
Tiempo de teñido	0.5041	0.0667	7.56	0.000	1.00
Semana de pos cosecha	-8.004	0.510	-15.71	0.000	1.00

La tabla 22 muestra los coeficientes de correlación entre las variables trabajadas y *la intensidad de color medido como Fuerza*.

Ecuación de regresión

$$Fuerza = 7.15 + 0.4365 T(^{\circ}C) + 0.5041 t (minutos) - 8.004 sem$$

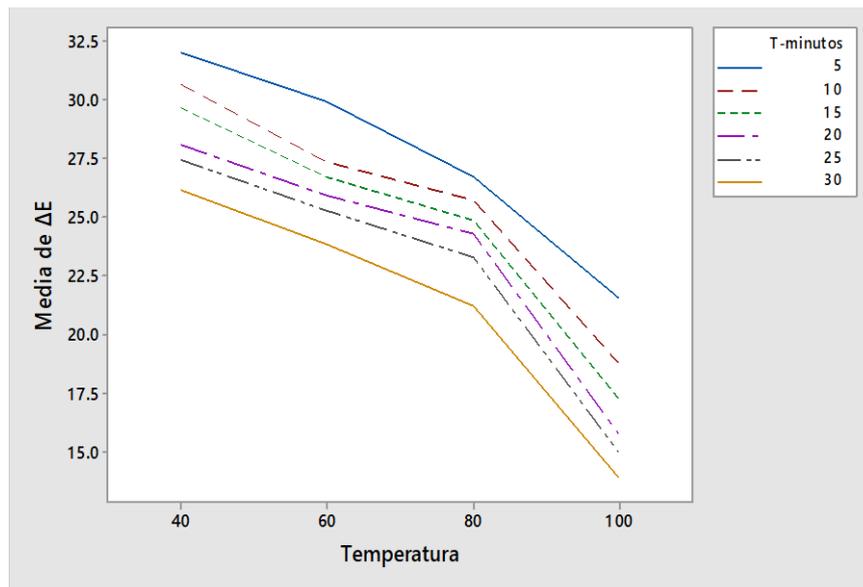


Figura 16. La figura muestra el comportamiento del agotamiento del teñido en función a la temperatura de teñido, tiempo de teñido.

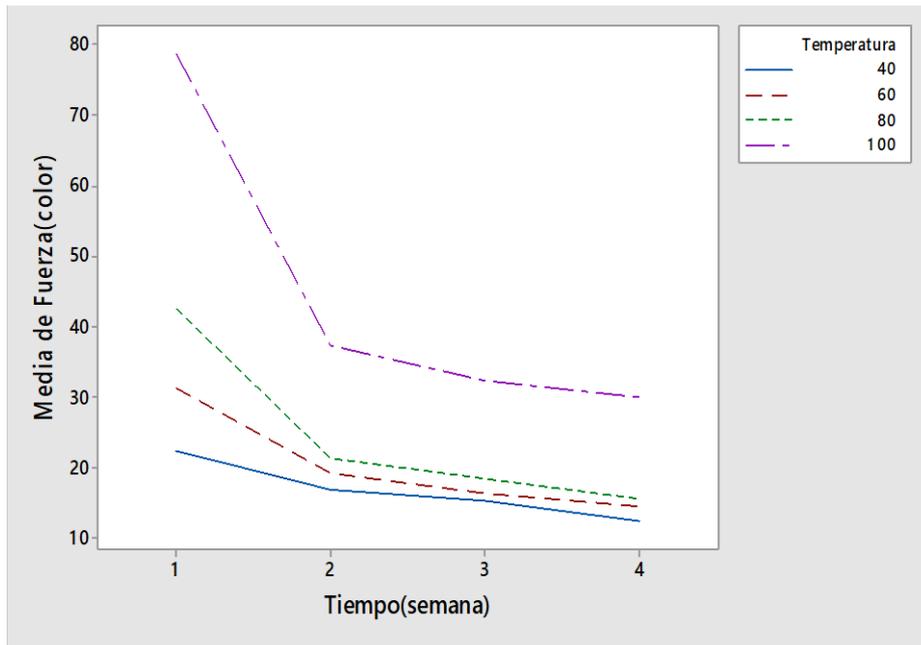


Figura 17. muestra el comportamiento de la intensidad de color medido como Fuerza en función de la temperatura de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Temperatura de teñido - agotamiento (ΔE).

El análisis de varianza aplicado muestra un valor p prácticamente nulo que conduce a rechazar la H_0 : No hay diferencia en el agotamiento del teñido expresado como (ΔE) a mayor temperatura para los diferentes tratamientos. La prueba de Tukey (IC) muestra que entre 40 y 60°C así como entre 60 y 80°C podría no haber diferencias en el agotamiento, mientras que en los demás casos si hay evidencias suficientes para afirmar que existe diferencias, por lo mismo la correlación: $\Delta E = 36,72 - 0,1751 T (^{\circ}C)$ solo se explica para el 33% de los datos.

Valores más pequeños de ΔE indican mayor agotamiento por lo tanto a mayor temperatura de teñido mayor agotamiento, lo que es evidente entre 40 y 100°C, siendo poco significativo para temperaturas de 60 y 80°C.

6.1.2. Tiempo de pos cosecha - intensidad de color (fuerza)

El análisis de varianza aplicado muestra un valor p prácticamente nulo que conduce a rechazar la H_0 : No hay diferencia en la intensidad de color (fuerza) del teñido a mayor tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal para los diferentes tratamientos. La prueba de Tukey (IC) muestra que hay diferencias significativas con la primera semana de pos cosecha en tanto que la comparación entre las subsiguientes semanas de pos cosecha (2,3,4) podría no haber diferencias en la intensidad de color, por lo mismo la correlación: Intensidad de color = $46,77 - 8.075 T$ (semanas) solo se explica para el 28% de los datos.

La caída de los valores de intensidad de color (fuerza) de la primera semana a la segunda indica que a mayor tiempo de pos cosecha de las hojas menor es la intensidad de color en el teñido, no apreciándose variaciones significativas después de la segunda semana hasta la cuarta.

6.1.3. Tiempo de teñido - agotamiento.

El análisis de varianza aplicado muestra un valor $p = 0,032$ lo que conduciría a rechazar la H_0 : No hay diferencia en el agotamiento del teñido expresado como (ΔE) a mayor tiempo de teñido para los diferentes tratamientos, sin embargo esta decisión no podría ser concluyente debido al valor de p . La prueba de Tukey (IC) nos confirma que solamente existen diferencias significativas a 30 minutos de teñido mientras que para 5,10,15,20 y 25 minutos de teñido no hay diferencias significativas en el agotamiento, por lo mismo la correlación $\Delta E = 26,45 - 0,1136 T$ (min) apenas explica el 1,7% de los datos.

Valores más pequeños de ΔE indican mayor agotamiento por lo tanto a mayor tiempo de teñido mayor agotamiento, lo que es evidente a 30 min, siendo poco significativo para tiempos menores.

6.1.4. Agotamiento – Temperatura y tiempo de teñido. Intensidad-tiempo de pos cosecha de las hojas.

El análisis de regresión lineal de los valores de agotamiento del teñido expresado como diferencia de color ΔE muestran que es posible explicar el comportamiento del teñido de la lana con el colorante extraído de las hojas de nogal en función de temperatura, tiempo de teñido y semana de pos cosecha de las hojas de nogal:

$$\Delta E = 32.519 - 0.19013 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 0.2354 T \text{ (minutos)} + 3.650 \text{ semana}$$

Así mismo si se evalúa la intensidad de color (fuerza) también es posible explicar su comportamiento en función de la temperatura de teñido, tiempo de teñido y semana de pos cosecha de las hojas de nogal:

$$\text{Fuerza} = 7.15 + 0.4365 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) + 0.5041 T(\text{minutos}) - 8.004 \text{ semana.}$$

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Existe poca o casi nula información sobre estudios del comportamiento de colorantes naturales durante el teñido, coincidiendo en esta afirmación con Guirola (2010), Luna y Reyna (2015), Gibaja (1998) y Trueba (2009).

Con respecto a la hipótesis específica 1: A mayor temperatura de teñido, mayor agotamiento, los resultados obtenidos respecto a que el incremento de la temperatura incrementa el agotamiento, coinciden con lo reportado por Luna y Reyna (2015), Gutiérrez (2005) quien estudió la cinética de absorción para ácido carmínico y añil. Con respecto a la temperatura de mayor agotamiento los resultados obtenidos indican 100°C, coincidiendo con lo reportado por Luna y Reyna (2015) a diferencia de lo reportado por Gutierrez (2005), quien encontró como temperatura optima 60 °C (teñido directo).

Con respecto a la Hipótesis específica 2: A mayor tiempo de pos cosecha menor intensidad de color (fuerza). No se han encontrado reportes similares.

Con respecto a la Hipótesis específica 3: se ha comprobado que a mayor tiempo de teñido, mayor agotamiento, lo que coincide con el estudio de Luna (2013), Luna y Reyna (2015) quienes también reportan 30 minutos como tiempo de agotamiento, a diferencia de lo reportado por el ITACAB para teñido con nogal

de manera artesanal y extrayendo el colorante simultáneamente al teñido en tiempos mayores a 60 minutos.

El teñido de lana con hojas de nogal puede realizarse sin necesidad de mordiente, tratando al colorante extraído como colorante directo tal como lo reporta Luna (2013), Luna y Reyna (2015), no contradiciendo necesariamente lo afirmado por Obando (2013) quien realizó el teñido con hojas de nogal usando mordiente.

Con respecto a la Hipótesis general, se ha comprobado que el colorante de las hojas de nogal presenta mayor agotamiento en el teñido de fibras de lana a mayor temperatura y mayor tiempo de teñido, disminuyendo la intensidad de su color con el tiempo de pos cosecha de las hojas, no se reportan estudios similares.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Las autoras de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe.

CONCLUSIONES

- El agotamiento del colorante obtenido a partir de las hojas de nogal, aumenta a medida que aumenta la temperatura de teñido, cuando se realiza sobre la lana, variando ΔE .
- La intensidad de color (fuerza) disminuye a medida que aumenta el tiempo de pos cosecha de las hojas, respecto a un patrón teñido con hojas frescas a 100°C por un tiempo de 30 minutos.
- La diferencia de color (ΔE) disminuye a medida que el tiempo de teñido aumenta, respecto a un patrón teñido con hojas frescas a 100°C por un tiempo de 30 minutos.
- El colorante extraído de las hojas de nogal, durante el teñido de la fibra de lana varía su comportamiento según: incrementa su agotamiento desde el baño (disminuye ΔE) a la fibra conforme aumenta la temperatura, incrementa su agotamiento desde el baño (disminuye ΔE) a la fibra conforme aumenta el tiempo de teñido y disminuye su intensidad de color (fuerza) en la fibra conforme aumenta el tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal.

RECOMENDACIONES

- Verificar la reproducción del comportamiento del colorante en la zona de extracción de las hojas de nogal.
- Diseñar fichas técnicas de colores de teñido de lana con colorante de nogal, con procedimientos estandarizados para su repetibilidad.
- Ampliar estudios de comportamiento del colorante de nogal en otras fibras naturales y bajo otras condiciones con uso o no mordientes naturales.
- Estudiar la solidez del colorante para verificar su permanencia en el tiempo.
- Realizar estudios para satisfacer la demanda de hojas de nogal mediante producción sostenible de plantaciones de nogal a fin de evitar la sobre-explotación y llevar a la extinción de la especie.
- Trabajar de manera coordinada con el sector agroforestal para un desarrollo sostenido de la industria de teñido con colorante de nogal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleta, N., Ninot, A., y Voltas, J. (2003). Caracterización del comportamiento agroforestal de doce genotipos de nogal (*Juglans* sp.) en dos localidades de Cataluña. *Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales*. 12(1): 39–50
- Arroyave A. M., Gómez D. P. (2006). “*Elaboración de un producto con base en colorantes naturales para teñir el cabello*”. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Procesos. Medellín. Universidad EAFIT. Colombia.
- Avilés Almazan M. (2005). *Estudio de la correspondencia entre los valores de diferencia del color, de colores muy próximos calculados según CIELAB y CMC (2:1)*. Tesis para optar el grado de Maestro. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Christie. R.M. (2001). *La química del color*. España: Editorial Acribia.
- Costa, M. (1990). *Las fibras textiles y su tintura - vol. II: química textil*. Lima- Perú: CONCYTEC.
- Gibaja, Segundo. (1998). *Pigmentos naturales quinónicos*. Perú: Fondo editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Guirola, Cristina. (2010). *Tintes naturales. Su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica*. Guatemala: Asociación FLAAR Mesoamérica.
- GUTIERREZ TOLEDO, J. (2005). *Utilización de colorantes naturales en el teñido de fibras de algodón en tejido de punto aplicados por el método de agotamiento*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- JURO S., FLORES V., MENDOZA Y., DEL CARPIO C. (2010) “Efecto cicatrizante de las diferentes formas farmacéuticas tópicas elaboradas con el extracto hidroalcohólico de *Juglans neotropica* Diels “nogal” en ratones Albinos. *Revista Folia Dermatológica Peruana*. Vol 21 (1): 19 al 24.
- Klages, Federico (1968). *Tratado de Química Orgánica. Tomo I (primera parte). Química orgánica sistemática*. España: Editorial Reverté.
- Lock Sing Olga (1997). *Colorantes naturales*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- López L. Lluvia I., Leyva E., García R. (2011) Las naftoquinonas: más que pigmentos naturales. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*. Vol 42. (N°1): 6 a 17.
- Martínez, Marcela. (2010) “*Extracción y caracterización de aceite de nuez (Juglans regia L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa*”. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba – Argentina.
- Masías Bröcker, Katia (2007) *Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (Juglans neotrópica Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Moreno C. Marisol. (2006) *Tintura Artesanal de la Poliamida con Colorantes Naturales (Nogal, Lengua de Vaca y Eucalipto) para evaluar Solideces*

2006. Tesis para optar el Título de Ingeniero Textil. Universidad Tecnológica equinoccial. Quito-Ecuador.

Obando Portillo R. (2013) "*Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales*" Tesis para optar el grado de Ingeniero Textil. Universidad técnica del norte. Ibarra – Ecuador.

Ponce Guevara, G., Morales Jácome D. (2011) "*Estudio de procesos de elaboración de tintes naturales con dos especies vegetales "Nogal" (Junglans neotropica) y "Guarango" (Caesalpinia spinosa) y propuesta de revalorización de saberes ancestrales con las mujeres de la Asociación de Artesanas "Wuarmi Maki" comunidad de Peguche en el Cantón Otavalo*". Tesis para optar el Título de Ingeniero de Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador.

Requiees, B. (2002) Compuestos fenólicos: quinonas. *Revista Química Avanzada. Vol.1:* 16-19.

Valverde Flores L. (2015) "*Estudio de reproducibilidad de colores con tinturas textiles en fibras de polialgodón*" Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Ecuador.

Vílchez Maldonado, S. (2005) "*Nuevos tratamientos de lana con enzimas*". Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad de Barcelona. Barcelona – España.

Bunge Mario (1971) *.La ciencia. Su método y su filosofía.* Recuperado de: https://users.dcc.uchile.cl/~cgutierrez/cursos/INV/bunge_ciencia.pdf

Fernández, B, Peña–Rodríguez,C. y Eceiza A.(2016) *Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 17(3), Mayo de 2016 Fernández–d´Arlas et al. Queratina de la lana de oveja "Latxa" .Rev. Iberoam. Polímeros 17(3), 110-121 (2016) pág. 111 recuperado de:*

<http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY16/borja.pdf>

ITACAB. Teñido de lana con nogal. Ficha tecnológica. Recuperado de:
http://www.itacab.org/adminpub/web/index.php?mod=ficha&ficha_id=29
6.

KONICA MINOLTA. (2014). *Entendiendo el espacio de color CIE L*A*B*.
Recuperado de: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/Entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>.

Lavado, F. E. L. *La industria textil y su control de calidad. V. Tintorería*.
Recuperado de: https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/v._la_industria_Textil_y_su_control_de_calidad.

Luna, Ch., C. *Fundamentos teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura*.
Recuperado de: http://www.academia.edu/9012735/Texto_de_textil.

Luna, Ch., C. *Teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, en frio*. Recuperado de: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2023>.

Luna Ch, C. M., & Reyna M, G.E. *Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal*. Recuperado de:
<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1057/259.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Montgomery, Douglas. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Recuperado de: <https://archive.org/stream/DiseoDeExperimentosMontgomery2daEd/dise%C3%B1o-de-experimentos%20montgomery%20da%20ed-djvu.txt>.

Palomino Yamamoto, J. Y Barra Castro, M. *Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad*. Recuperado de: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/70.pdf>.

Pretell Chiclote, J., Ocaña V. D., Jon Jap R., Barahona CH. E. *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/170>.

Rojas Lobato, A. Maldonado E, F. Pérez Omar A. *Cinética y Extracción de Colorantes Naturales*. Recuperado de: <http://www.artisam.org/descargas/pdf/EXTRACCION%20DE%20COLORANTES%20NATURALES.pdf>.

Trueba Sánchez, S. *Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Trueba/publication/237239476_Reporte_de_investigacion_etnobotanica_realizada_para_el_Consejo_Veracruzano_de_Arte_Popular_COVAP_Plantas_tintoreas_utilizadas_en_artesantias_textiles_de_lana_de_Soledad_Atzompa_Veracruz/links/0c960529fb7f21fd89000000/Reporte-de-investigacion-etnobotanica-realizada-para-el-Consejo-Veracruzano-de-Arte-Popular-COVAP-Plantas-tintoreas-utilizadas-en-artesantias-textiles-de-lana-de-Soledad-Atzompa-Veracruz.pdf

Valdeperas Morell, José. (1994) La colorimetría instrumental: un auxiliar importante para la industria textil. *Boletín INTEXTER del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial*, (105): 71 al 75. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/6376>.

S. Yoshiko (1996). *Colorantes naturales*. Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (INAH). Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/perez_l_oa/capitulo4.pdf

ANEXOS

Matriz de consistencia

Comportamiento del colorante de las hojas del nogal durante la tintura de fibras de lana (queratina) respecto a la temperatura de teñido, tiempo de pos cosecha de las hojas y tiempo de teñido

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
General: ¿Cómo se comporta el colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas?	General: Evaluar el comportamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana con respecto a la temperatura, tiempo de teñido y tiempo de pos cosecha de las hojas.	General: El colorante de las hojas de nogal presenta mayor agotamiento en el teñido de fibras de lana a mayor temperatura y mayor tiempo de teñido, disminuyendo la intensidad de su color con el tiempo de pos cosecha de las hojas.	Variable Y: Comportamiento del colorante	Agotamiento Intensidad de color	ΔE Fuerza	Proporcional
Específico: 1. ¿Cómo varía el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto a la temperatura de teñido?	Específico: 1. Evaluar el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto a la temperatura de teñido.	Específica: 1. A mayor temperatura de teñido, mayor agotamiento.	Variable X ₁ Temperatura de teñido	Temperatura	40 °C 60 °C 80 °C 100 °C	Proporcional
Específico: 2. ¿Cómo varía el color del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo pos cosecha de las hojas de nogal?	Específico: 2. Evaluar la variación del color del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo pos cosecha de las hojas.	Específica: 2. A mayor tiempo de pos cosecha menor intensidad de color.	Variable X ₂ : Tiempo pos cosecha de las hojas	Tiempo pos cosecha	Semana 1 Semana 2 Semana 3 Semana 4	De razón
Específico: 3. ¿Cómo varía el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo de teñido?	Específico: 3. Evaluar el agotamiento del colorante de las hojas de nogal durante el teñido de fibras de lana, con respecto al tiempo de teñido.	Específica: 3. A mayor tiempo de teñido, mayor agotamiento	Variable X ₃ : Tiempo de teñido	Tiempo de teñido	5 min. 10 min. 15 min. 20 min. 25 min. 30 min.	De razón.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CONSTANCIA N° 118-USM-2017

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (rama, hojas) recibida de Gladis REYNA MENDOZA, ha sido estudiada y clasificada como: *Juglans neotropica* Diels, tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: HAMAMELIDAE

ORDEN: JUGLANDALES

FAMILIA: JUGLANDACEAE

GENERO: *Juglans*

ESPECIE: *Juglans neotropica* Diels

Nombre vulgar: "nogal"
Determinado por: Blgo. Mario Benavente Palacios.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que considere pertinente.

Lima, 23 de junio de 2017


Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHAVARRÍA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



ACE/ddb

CARTA DE COLORES

Semana poscosecha 1							Semana poscosecha 2							Semana poscosecha 3							Semana poscosecha 4						
Temperatura: 40 °C							Temperatura: 40 °C							Temperatura: 40 °C							Temperatura: 40 °C						
tiempo (min)	5	10	15	20	25	30	tiempo (min)	5	10	15	20	25	30	tiempo (min)	5	10	15	20	25	30	tiempo (min)	5	10	15	20	25	30
1																											
2																											
3																											
Temperatura: 60 °C							Temperatura: 60 °C							Temperatura: 60 °C							Temperatura: 60 °C						
1																											
2																											
3																											
Temperatura: 80 °C							Temperatura: 80 °C							Temperatura: 80 °C							Temperatura: 80 °C						
1																											
2																											
3																											
Temperatura: 100 °C							Temperatura: 100 °C							Temperatura: 100 °C							Temperatura: 100 °C						
1																											
2																											
3																											
PATRON																											

Estadísticos descriptivos para probar la hipótesis específica 1

Factor: Temperatura

Niveles: 4

Valores: 40; 60; 80; 100 °C

Ajuste de los datos:

Tabla 23

Resumen del modelo para la Temperatura

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.52019	35.45%	34.77%	33.62%

La tabla muestra los estadísticos de bondad de ajuste.

Supuestos de análisis: Determinar si el modelo cumple con los supuestos del análisis

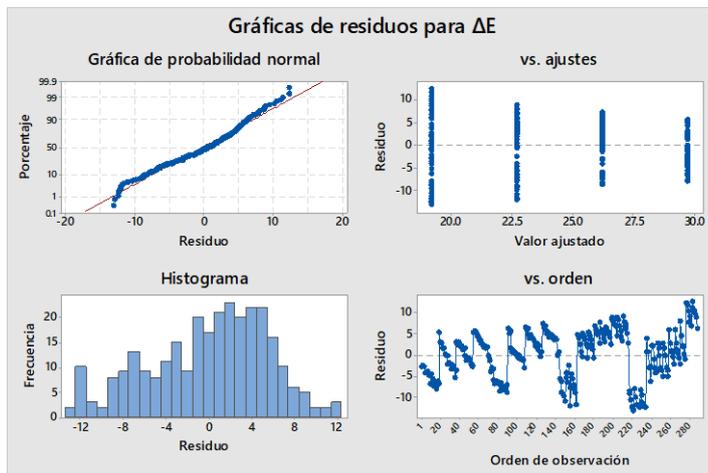


Figura 18. Grafica de residuos

Tabla 24

Resultado de las medias de los tratamientos

Factor	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
T. 40°-ΔE	72	28.986	3.570	(27.705; 30.266)
T. 60°-ΔE	72	26.502	4.708	(25.221; 27.782)
T. 80°-ΔE	72	24.349	5.861	(23.069; 25.630)
T. 100°-ΔE	72	18.029	7.254	(16.748; 19.310)

La tabla muestra los intervalos de confianza de acuerdo a los tratamientos.

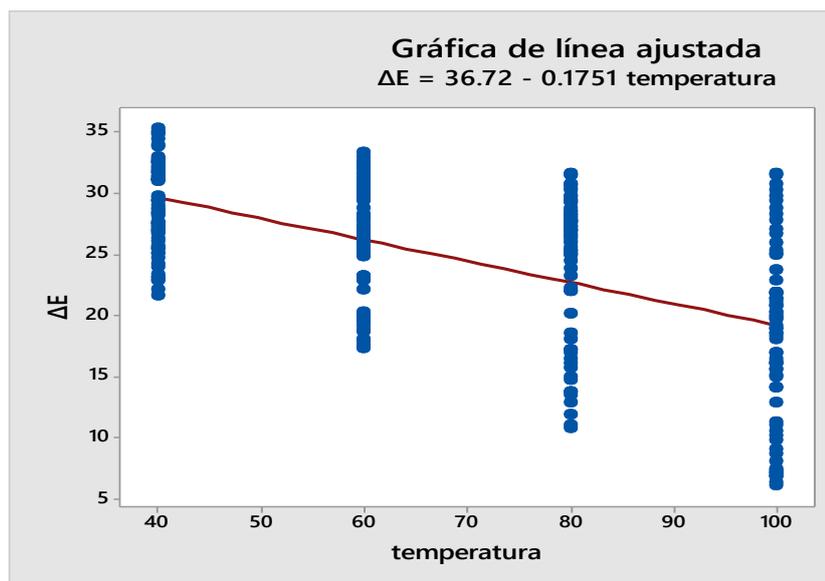


Figura 19. La gráfica de línea ajustada muestra la dispersión de los datos con una línea de regresión que representa la ecuación de regresión.

Estadísticos descriptivos para probar la hipótesis específica 2

El factor tiempo de pos cosecha tiene 4 niveles, siendo los valores: 1, 2, 3 y 4, semanas.

Tabla 25

Resumen del modelo para tiempo de pos cosecha

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
13.5971	36.47%	35.80%	34.65

La tabla muestra los estadísticos de bondad de ajuste.

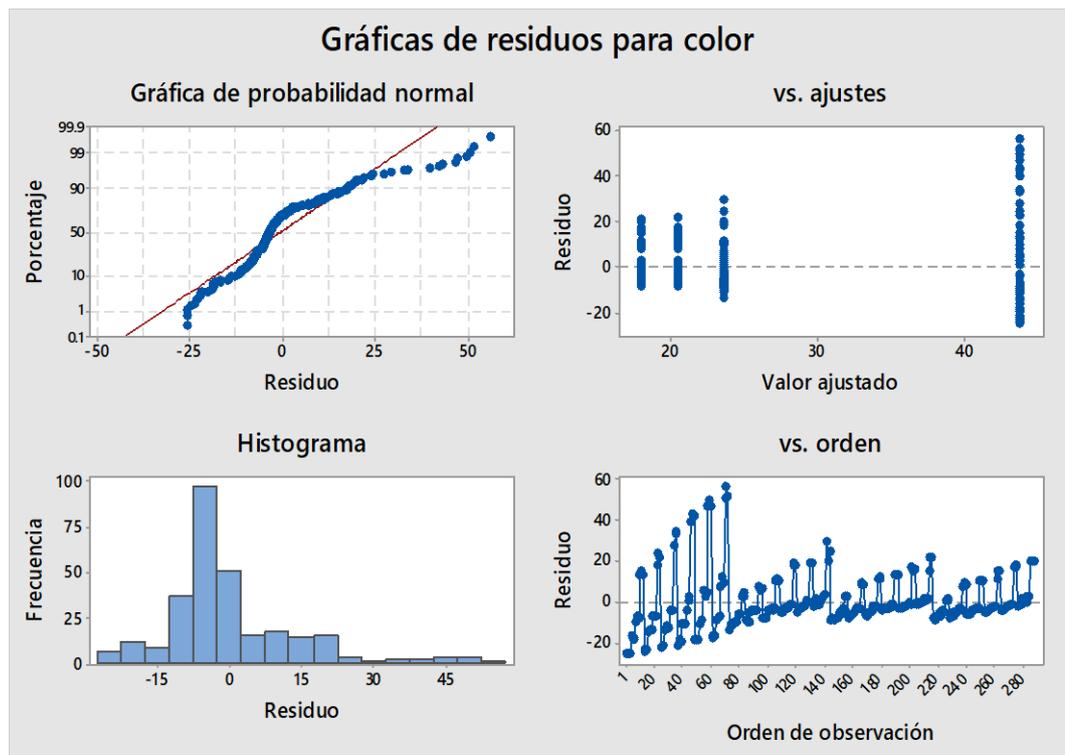


Figura 20. Gráfica de residuos

Tabla 26

Medias Intensidad de color respecto a tiempo de pos cosecha de las hojas de nogal

Tiempo	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
Semana 1	71	44.05	23.07	(40.87; 47.22)
Semana 2	72	23.68	9.41	(20.53; 26.83)
Semana 3	72	20.597	7.801	(17.443; 23.751)
Semana 4	72	18.081	7.911	(14.927; 21.235)

La tabla muestra los intervalos de confianza de acuerdo a los tratamientos.

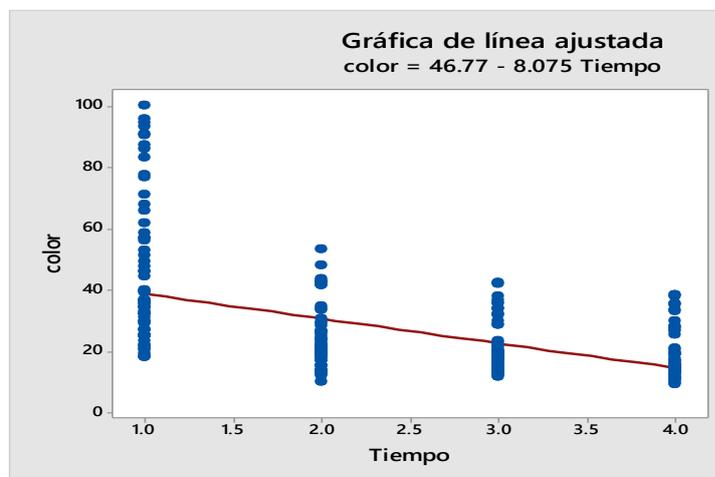


Figura 21 . Gráfica de línea ajustada

Estadísticos descriptivos para probar la hipótesis específica 3

El factor tiempo de teñido (minutos) tiene 6 niveles, siendo los valores: 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos.

Tabla 27

Resumen del modelo para el tiempo de teñido

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
6.74851	4.21%	2.51%	0.09%

La tabla muestra los estadísticos de bondad de ajuste.

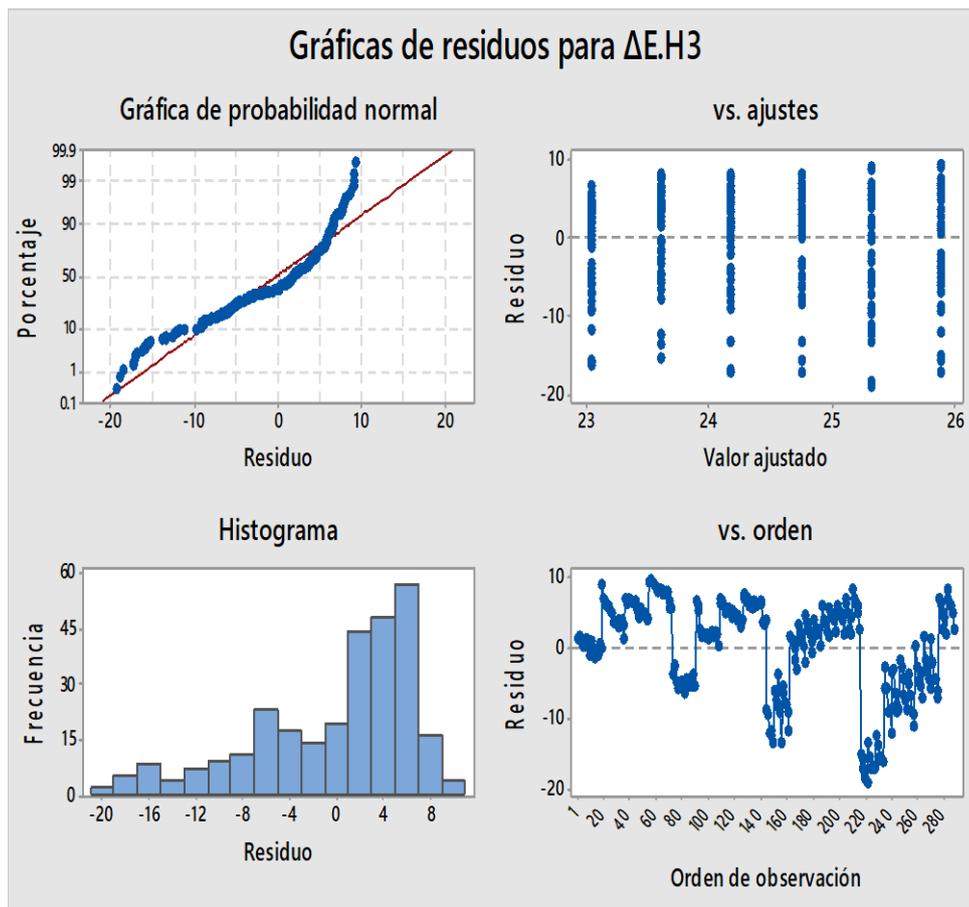


Figura 22. Gráfico de residuos.

Tabla 28

Medias ΔE - tiempo de teñido

Tiempo de teñido (min).	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
5	48	26.58	7.06	(24.66; 28.50)
10	48	23.75	7.99	(21.83; 25.67)
15	48	25.718	6.355	(23.800; 27.635)
20	48	23.535	6.711	(21.618; 25.452)
25	48	24.807	5.959	(22.889; 26.724)
30	48	22.407	6.212	(20.490; 24.325)

La tabla muestra los intervalos de confianza de acuerdo a los tratamientos.

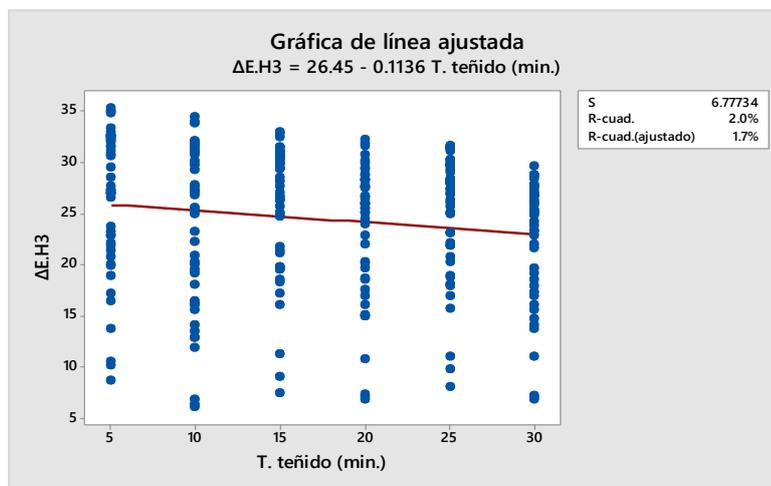


Figura 23. Gráfica de línea ajustada

Tabla 29

Resumen del modelo para ΔE

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.67176	84.63%	84.47%	84.20%

La tabla muestra los estadísticos de bondad de ajuste.

Tabla 30

Resumen del modelo para Fuerza

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
9.66887	67.77%	67.43%	84.20%

La tabla muestra los estadísticos de bondad

de ajuste.

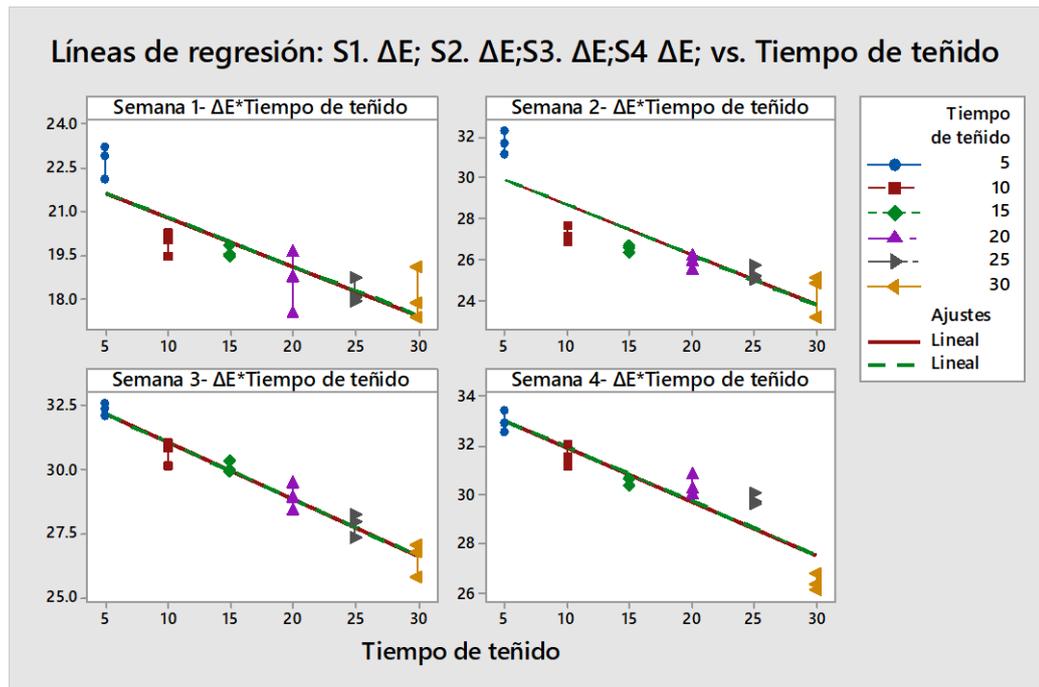


Figura 24. Correlación: ΔE , Fuerza (color), T (minutos), Temperatura ($^{\circ}C$), Tiempo pos cosecha (semana)