

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DEL COLORANTE EXTRAÍDO DE
LA SEMILLA DE PALTA SOBRE FIBRAS QUERATÍNICAS”**

AUTOR: Carmen Mabel Luna Chávez

DOCENTE COLABORADOR: Gladis Enith Reyna Mendoza

**PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de abril de 2022 al 31 de marzo de
2023**

(Resolución de aprobación N° 336-2022-R)

Callao, 2023

PERÚ

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: Ingeniería Química

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Ingeniería Química

TÍTULO: Efecto de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre
fibras queratínicas

AUTOR(ES):

Profesor responsable: Carmen Mabel Luna Chávez

DNI: 08796929

CODIGO ORCID:

Profesor colaborador: Gladis Enith Reyna Mendoza

DNI: 07836885

CODIGO ORCID: 0000-0002-7400-6558

LUGAR DE EJECUCIÓN: Universidad Nacional del Callao

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada

ENFOQUE: Cuantitativo

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

UNIDADES DE ANÁLISIS: Fibras queratínicas con aplicación del colorante
extraído de la semilla de palta

TEMA OCDE: Ingeniería de procesos

Línea de investigación: Ingeniería y tecnología



INDICE

INDICE.....	1
INDICE DE TABLAS.....	3
INDICE DE FIGURAS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1.2.1. Problema general:.....	8
1.2.2. Problemas específicos:.....	9
1.3.1 General:.....	9
1.3.2 Específicos:.....	9
1.4 Justificación.....	9
1.5 Limitantes de la investigación.....	10
1.5.1. Teórica.....	10
1.5.2. Temporal.....	10
1.5.3. Espacial.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.....	11
2.1.1 Internacionales.....	11
2.1.2 Nacionales.....	13
2.2 Bases teóricas.....	13
2.2.1 Semilla de palta.....	13
2.2.2 Fibras queratínicas.....	19
2.2.3 Teñido.....	21
2.3 Conceptual:.....	24
2.4 Definición de términos básicos:.....	25
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	27
3.1 Hipótesis.....	27
General:.....	27
Específicas.....	27
3.2 Definición conceptual de variables.....	27
3.3 Operacionalización de variables.....	28

IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
4.1 Tipo y diseño de investigación.	29
4.2 Método de investigación.....	30
4.3 Población y muestra.	37
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	37
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	37
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	38
4.7. Aspectos Éticos en Investigación.....	38
V. RESULTADOS.....	39
5.1. Resultados descriptivos.....	39
5.2. Resultados inferenciales.	43
5.2.1 Hipótesis específica 1.....	43
5.2.2 Hipótesis específica 2.....	44
5.2.3 Hipótesis específica 3.....	45
5.2.2 Hipótesis general.....	46
5.3. Resultados sensoriales.	47
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	48
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	49
6.3. Responsabilidad ética	50
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
ANEXOS.....	58
Matriz de consistencia	58
Resultados de mediciones de color	59
Pruebas estadísticas	60

M. C. S. S. S. S.
H. S. S. S. S.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis proximal de la semilla de palta variedad Hass.....	15
Tabla 2 Operacionalización de variables	28
Tabla 3. Representación del diseño experimental.....	29
Tabla 4 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 40 °C.....	39
Tabla 5 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 60 °C.....	39
Tabla 6 Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 80 °C.....	40
Tabla 7 Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 40 °C	40
Tabla 8 Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 60 °C	41
Tabla 9 Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 80 °C	41
Tabla 10 Solidez de muestras teñidas a 40 °C.....	42
Tabla 11 Solidez de muestras teñidas a 60 °C.....	42
Tabla 12 Solidez de muestras teñidas a 40 °C.....	42
Tabla 13 Prueba T para una muestra para ΔE	43
Tabla 14 Prueba T para una muestra para ΔF	43
Tabla 15 Prueba de normalidad para los datos de agotamiento (ΔE).....	44
Tabla 16 Correlación Temperatura de teñido - agotamiento (ΔE).....	45
Tabla 17 Prueba de normalidad para los datos de agotamiento (ΔE).....	45
Tabla 18 Correlación tiempo de teñido - agotamiento (ΔE).....	46
Tabla 19 Prueba de Wilcoxon para solidez del teñido.....	47
Tabla 20 Prueba de Normalidad para ΔE	60
Tabla 21 Prueba de Normalidad para ΔF con respecto al pH.....	62



INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Palta: pulpa y semilla	14
Figura 2	Proceso de extracción sólido - líquido	17
Figura 3	Secciones transversal y longitudinal de lana y seda	20
Figura 4	Cadenas peptídicas en la fibra de lana	23
Figura 5	Lavado de fibras de lana	30
Figura 6	Cardado de la lana	31
Figura 7	Muestras de lana	31
Figura 8	Semillas de palta	32
Figura 9	Semillas de palta procesada	33
Figura 10	Extracto del colorante	33
Figura 11	Proceso de obtención del colorante de la pepa de palta	34
Figura 12	Soluciones de teñido a diferentes pH	35
Figura 13	Acondicionamiento de las soluciones a 80° C	35
Figura 14	Muestras de lana teñidas a 80 °C y 30 minutos a diferentes pH	36
Figura 15	Lana teñida a 80 °C, 30 minutos, 2 repeticiones	36
Figura 16	Carta de colores para el teñido de lana con colorante extraído de la pepa de palta	47
Figura 17	Resultados obtenidos con el software datacolor	59
Figura 18	Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH básico	60
Figura 19	Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH ácido	61
Figura 20	Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH neutro	61
Figura 21	Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH básico	62
Figura 22	Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH ácido	63
Figura 23	Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH neutra	63
Figura 24	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra	64



RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas, específicamente la lana de oveja; se extrajo el colorante de la semilla de palta en medio acuoso a 80 °C por 2 horas. Buscando identificar factores que pudieran influir en el teñido, se trabajó con baños de teñido a tres diferentes valores de pH, a tres diferentes temperaturas y dos tiempos de teñido.

Con el extracto de colorante una vez filtrado y frío, se prepararon los baños de teñido considerando una relación peso de fibra/ volumen de extracto de 1/100, se acondicionaron a tres diferentes valores de pH: 5, 7 y 10, en cada uno de los cuales se mantuvo en contacto el sistema colorante – fibra para evaluar el agotamiento del colorante del baño sobre la fibra, medido como diferencia de color (ΔE) y la variación de la intensidad (ΔF) del color como efectos de los factores pH, temperatura (40, 60 , 80 °C) y tiempo de teñido (30, 60 minutos).

Los resultados obtenidos, mostraron que en todos los casos se produjo el teñido de la lana en color rojo- marrón, el mayor agotamiento e intensidad se obtuvieron a pH=10, temperatura de 80 °C y para tiempos de teñido de 60 minutos. Concluyendo que la aplicación del colorante extraído de la semilla de la palta tiene como efecto el teñido de la lana en medio ácido, básico o neutro; a mayor temperatura de teñido mayor agotamiento e intensidad y a mayor tiempo de teñido mayor agotamiento e intensidad del color. Por lo que el colorante de la semilla de palta puede ser utilizado como colorante para teñir fibras proteínicas, ya que cumple con las características de todo colorante que debe ser capaz de cambiar el color de la fibra y de presentar resistencia a mantenerse en ella (solidez) luego de ser sometida a diferentes procesos.

Palabras Clave: Colorante, semilla de palta, teñido de lana, colorante de la pepa de palta.



ABSTRACT

In order to evaluate the effect of applying the dye extracted from the avocado seed on keratin fibers, specifically sheep wool; The dye from the avocado seed was extracted in an aqueous medium at a temperature of 80 °C for 2 hours. Seeking to identify factors that could influence dyeing, we worked with dyeing baths at three different pH values, at three different temperatures and two dyeing times.

With the dye extract once filtered and cold, the dyeing baths were prepared considering a fiber weight/extract volume ratio of 1/100, they were conditioned at three different pH values: 5, 7 and 10, in each one. of which the dye-fiber system was kept in contact to evaluate the depletion of the bath dye on the fiber, measured as color difference (ΔE) and the variation of the intensity (ΔF) of the color as effects of the factors pH, temperature (40, 60, 80 °C) and dyeing time (30, 60 minutes).

The results obtained showed that in all cases the wool was dyed in a red-brown color, the highest exhaustion and intensity were obtained at pH=10, a temperature of 80 °C and for dyeing times of 60 minutes. Concluding that the application of the dye extracted from the seed of the avocado has the effect of dyeing the wool in an acid, basic or neutral medium; the higher the dyeing temperature, the greater the exhaustion and intensity, and the longer the dyeing time, the greater the exhaustion and intensity of the color.

Therefore, the dye from the avocado seed can be used as a dye-to-dye protein fibers, since it meets the characteristics of all dyes that must be capable of changing the color of the fiber and present resistance to remain in it (fastness) after being subjected to different processes.

Keywords: Dye, avocado seed, wool dyeing, avocado seed dye.



INTRODUCCIÓN

La palta es una fruta cuya producción tiene tendencia creciente debido al incremento de la demanda en el mercado mundial. Es originaria de México, Centro América y las Antillas (Ministerio de agricultura – Perú [MINAGRI], 2008). Su cultivo está en expansión, debido a que su fruto ha demostrado poseer propiedades alimenticias que la reconocen como “super alimento”, destacándose su alta concentración de proteínas y aceites insaturados y la ausencia de colesterol. El Perú no es ajeno a esta tendencia sobre todo si consideramos las condiciones agroecológicas de la costa, valles interandinos y ceja de selva.

El grueso de producción de la palta peruana se da durante los meses de abril – julio, concentrando el 56% del total de producción. Las principales variedades de palta en Perú son Hass, variedad cuyo 95% de la producción es destinado a exportación y la Fuerte destinada mayormente al mercado interno (Minagri, 2020)

La Asociación de productores y exportadores de palta Hass del Perú [Pro Hass PERU], (2022) ha resaltado que el mercado nacional consume 170 mil toneladas de palta al año, y considerando que el 12 por ciento corresponde a las semillas, supone un gran volumen de residuos considerables a tratar.

Si bien la semilla de palta ya se viene usando para elaboración de productos cosméticos, su uso como colorante no es muy conocido por ello en esta investigación se pretende aplicar el colorante, extraído de la semilla, sobre fibras de lana para comprobar su poder tintóreo y de esta manera aportar con valor agregado a estos residuos agroindustriales, procurando tecnologías sencillas, reproducibles y amigables con el medio ambiente para el teñido de fibras naturales con productos naturales.



I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

La producción y consumo de palta en el país genera residuos que pueden ser aprovechados; uno de los residuos es la semilla (pepa) de la palta, estos residuos abundan en las plantaciones de pequeños productores cuando los frutos se caen por grado de madurez acelerada.

De otro lado, en las zonas andinas de nuestro país se crían a pequeña y mediana escala ganado ovino y auquénidos los cuales producen fibras queratínicas que generalmente son acopiadas para venta sin valor agregado, con algunas excepciones de lana de alpaca que se exporta apenas convertidos en tops.

Una propuesta a dar valor agregado a las fibras queratínicas utilizando residuos, es una oportunidad para investigar, de manera que como resultado se obtenga tecnología limpia, sostenible y amigable con el medio ambiente, lo cual nos conduce a una serie de interrogantes a resolver.

Hoy en día existe inclinación por el uso de tecnologías limpias y productos naturales. Los colorantes utilizados actualmente para el teñido de lana son colorantes sintéticos de difícil degradación; por lo que el teñido de lana con colorantes naturales extraídos de residuos, aplicados con técnicas sencillas y reproducibles puede constituirse como una cadena de valor aprovechable por los pobladores de las zonas donde existen estos recursos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema general:*

¿Qué efecto provoca la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?



1.2.2. Problemas específicos:

1. ¿En qué medio (ácido, básico o neutro) tiene efecto, la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?
2. ¿Cómo influye la temperatura en la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?
3. ¿Cómo influye el tiempo en la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?

1.3. Objetivos

1.3.1 General:

Evaluar el efecto de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas

1.3.2 Específicos:

1. Identificar el medio (ácido, neutro o básico), en que tiene efecto, la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas.
2. Determinar la influencia de la temperatura en la aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas.
3. Determinar la influencia del tiempo en la aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas.

1.4 Justificación

El sostenido crecimiento de la producción de palta en el país, así como el de su consumo interno, hacen necesario desarrollar propuestas para su industrialización; y aun cuando sólo sea utilizado para consumo directo, la semilla constituirá un residuo; por lo que esta investigación presenta una alternativa para dar valor agregado a éste.

En el aspecto social, esta investigación es importante por cuanto se sustenta en la revaloración de la relación hombre-naturaleza, al alcanzar un proceso tecnológico limpio, utilizando especies naturales como fuente de colorantes sobre fibras



naturales y recuperando conocimientos ancestrales que se van perdiendo con el tiempo por falta de registros.

Consecuentemente, procesos tecnológicos más limpios y sencillos generan muy poco o casi ningún impacto ambiental, es este caso incluso se elimina el impacto por este residuo.

1.5 Limitantes de la investigación

1.5.1. Teórica

El presente trabajo está enmarcado en la teoría básica del teñido de fibras de lana con colorantes directos; enfatizando en el uso de tecnologías simples para facilitar su aplicación en las zonas rurales y orientándose a tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente. La extracción del colorante, se realizó aplicando la teoría de extracción sólido-líquido y sustentado en el conocimiento existente sobre las especies botánicas y sus propiedades tintóreas; por lo que no existe limitante teórica.

1.5.2. Temporal

En el Perú se produce palta durante todo el año, pero aproximadamente el 60 % de la producción se da entre abril y julio. (Minagri, 2020). La lana de oveja, aun cuando hay época de esquilaje, existe disponibilidad de ella en toda época del año. No existiendo limitante temporal.

1.5.3. Espacial

La materia prima se produce en zonas de la costa, ceja de selva y valles interandinos, el fruto es consumido en todas las regiones del país. La fibra textil, se puede encontrar en la zona de la sierra del país y en los valles interandinos ya sea como lana de oveja o de auquénidos. Las corridas experimentales fueron realizadas en el laboratorio del área textil de la FIQ-UNAC y las lecturas de color en un laboratorio externo; por lo que se tuvo disponibilidad física y de recursos para su realización.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

2.1.1 Internacionales

Revelo (2016) en su trabajo “Evaluación del pigmento obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (*Persea americana* var. *Hass* y *Persea americana* var. *Fuerte*) como alternativa de uso en la industria de alimentos.”; utilizó la semilla de dos variedades de aguacate de las cuales extrajo el colorante antocianina y lo evaluó para su aplicación en yogurt natural. Realizó pruebas con diferentes dosificaciones de concentración de colorante (3, 5, 7 ml de colorante / L de Yogurt Natural), además analizó físico-químicamente al yogurt de durazno adicionado el colorante de las dos variedades de aguacate. Luego de 30 días de seguimiento concluyó que el colorante extraído y aplicado en dosis de 7 ml de colorante / L de Yogurt, mantiene su estabilidad y efectividad.

Devia y Saldarriaga (2012) en su investigación “Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate” describieron el proceso de obtención del colorante, fijaron los parámetros para obtener un buen rendimiento a escala piloto y concluyeron que el colorante extraído es una antocianina que sirve para teñir tejidos naturales y alimentos.

García (2012) en su trabajo “Extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla del aguacate (*persea americana miller*) a nivel laboratorio” extrajo a nivel de laboratorio y caracterizó la fracción colorante de la semilla de aguacate. Como método de extracción utilizó la lixiviación por maceración dinámica con reflujo, utilizando como solvente el agua y como coadyuvantes soluciones de etanol y soluciones de sulfito de sodio. La semilla fue utilizada en tres presentaciones: sin oxidar fresca, oxidada fresca y oxidada seca. Sus resultados mostraron mayor rendimiento al utilizar sulfito de sodio al 1% y la semilla seca oxidada y menor rendimiento menores al utilizar soluciones de etanol al 70% y 95%



en las tres presentaciones de semilla de aguacate. Con respecto a la caracterización fisicoquímica de la fracción colorante encontró presencia de taninos y flavonoides, en todas las presentaciones. No encontró diferencias significativas en varias propiedades fisicoquímicas de la fracción colorante en sus diferentes presentaciones.

Guerrero, (2011) en su trabajo “Extracción y evaluación de un colorante natural a partir de la pepa de aguacate para el teñido de las fibras de algodón y poliéster”, utilizó la semilla del aguacate para extraer un colorante natural, al cual luego analizó, evaluó y aplicó sobre fibras de algodón y poliéster. Como solventes de extracción utilizó hidróxido de sodio y etanol, y el estado de la semilla (fresca y seca); Comprobó que la extracción con hidróxido de sodio dio mejores rendimientos y no encontró diferencias significativas con respecto al estado de la semilla. Con respecto a la concentración del colorante encontró que cuando se extrae con hidróxido de sodio el colorante parece tener mayor concentración lo mismo ocurre con la semilla seca. La aplicación del colorante sobre el algodón dio como resultado un teñido de color café oscuro cuando se extrajo con hidróxido de sodio y café rojizo cuando se extrajo con etanol. Para el teñido utilizó el método de tintura por agotamiento.

Cruz y Franco (2007) en “Propuesta de un colorante natural a partir de la semilla de *Persea americana M* (AGUACATE)”, extrajeron el colorante utilizando diferentes solventes, encontrando mayor capacidad de extracción en el Hidróxido de Sodio 0.5%. Tanto en extracción alcohólica como acuosa identificaron flavonoides como responsables del color. Probaron la fijación del colorante extraído sobre fibras de lana, algodón y lino, utilizando como mordientes sales de cobre y fierro, comprobando que existe poca fijación del colorante sobre la lana, pero si en el algodón y lino, desarrollando el color café.

Morales Cano et al. (2008), en “Evaluación de la capacidad tintórea de los tintes naturales obtenidos de los desechos agroindustriales del coco y del aguacate en el proceso de tinción de fibras naturales utilizadas en la elaboración de artesanías” tiñeron fibras de lana y algodón con colorantes extraídos de los residuos de coco y

palta, luego de realizar pruebas de solidez a las fibras teñidas encontraron que tanto para la lana como para el algodón los valores de solidez al lavado, solidez al cloro y solidez a la sublimación se pueden categorizar como buenas y muy buenas, encontrándose para ambas fibras que la prueba de solidez al hipoclorito enérgico se categoriza como escasa.

2.1.2 Nacionales

Tito Humpiri et al. (2019) en “Plantas andinas como colorantes en el teñido de la lana” con la finalidad de entregar a los tintoreros, criterios y procedimientos para realizar teñidos sobre lana, emplearon cinco variedades de plantas (hojas y tallos). Aplicaron una curva de teñido para un colorante directo, a ebullición por 1 hora y utilizando NaCl como único auxiliar del teñido. En todos los casos reportan el teñido de la lana. Aplicaron la NTP 231.004:2014 para evaluar la solidez encontrando que la de mejor solidez es el teñido con sunila.

Luna y Reyna (2020) en “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” utilizaron el colorante extraído de las hojas de nogal para teñir lana de oveja. Como resultado obtuvieron una carta de colores luego de aplicar el colorante a diferentes temperaturas y tiempos de teñido. Utilizaron una curva de teñido por agotamiento para colorante directo, sin usar electrolito.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Semilla de palta

La palta es una fruta comestible (tipo drupa), de forma oval piriforme, presenta piel de color verde oliva, morado o incluso negro, según la variedad. La pulpa es de color verde-amarillenta y una semilla “hueso” en la parte central. Esta fruta proviene del árbol (*Persea Americana Mill*), perteneciente a la familia Lauraceae. Existen muchas variedades de palta como: Fuerte, Hass, Lamb Hass, Méndez Hass, Maluma Hass, Edranol, Bacón, Nabal, Ettinger y Zutan. En Perú, las



variedades de palta más importantes son Hass (gran parte de su producción destinada al mercado externo) y Fuerte (Minagri, 2020).

Esta fruta tiene una voluminosa semilla de la cual, desde tiempos inmemoriales, se obtiene un colorante que se emplea, de manera rudimentaria, para marcar la ropa. La semilla del aguacate contiene perseína, un monosacárido de 7 átomos de carbono de valor quimiosistemático, epicatequina (un flavonoide), taninos condensados, que son formas poliméricas derivadas de la epicatequina y una proantocianidina trimérica (color violeta) (Castro, citado por Devia y Saldarriaga, 2012), una muestra de ella se observa en la figura 1.

Figura 1

Palta: pulpa y semilla



Nota: fotografía tomada a un fruto de palta

Características. La semilla de la palta contiene entre 4% a 5% de aceite, en base seca, entre los cuales están los ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico. La mayoría de estos son usados como ingredientes para productos cosméticos, entre los aminoácidos encontrados están la valina, isoleucina, treonina, triptófano, arginina, fenilalanina, leucina, lisina, entre otros, que ayudan a mantener la piel y el cabello. (Gómez et al, 2017).

Handwritten signature or mark on the right margin.

En la tabla 1 se presenta el análisis proximal de la semilla de palta Hass reportados por Pahua, et al., citados por Revelo, (2015) durante su investigación experimental, comparados el promedio de resultados de diferentes fuentes bibliográficas.

Tabla 1

Análisis proximal de la semilla de palta variedad Hass

Determinación	Resultados experimentales g/100 g	Fuentes bibliográficas g/100 g
Humedad	47.5	47.8
Cenizas	1.2	0.9
Proteínas	2.6	1.7
Fibra cruda	3.5	3.5
Extracto etéreo	2.4	2.8

Nota: tomado de Revelo, 2015

También se ha reportado presencia de metabolitos secundarios como el ácido clorogénico, rutina, kaemferol y ácido cafeico (Morales Cano et al., 2008)

Propiedades. A la semilla de palta se le han atribuido varias propiedades cosméticas y farmacéuticas.

Entre las propiedades farmacéuticas se conoce que fue utilizada, desde tiempos muy remotos para combatir dolores musculares, parásitos y micosis, propiedades que se atribuyen a la presencia de ácidos grasos, compuestos polifenólicos y esteroides. la semilla tostada y pulverizada se emplea en el tratamiento de la caída de cabello y para el tratamiento de la caspa (Pahua, et al., citados por Revelo, (2015)).



También se reporta su uso como fuente de colorantes para usos cosméticos, alimenticios y textiles (Cruz y Franco, 2007; Devia y Saldarriaga, 2005; Morales, 2008; Garzón, 2008; Revelo 2016; Hennesey, 2017; Romero, 2017)

Colorante de la semilla de palta. A partir de la semilla de palta es posible obtener un colorante natural que está compuesto por antocianinas. (Hennesey, 2017; Devia y Saldarriaga., 2012 Revelo G.,M. (2016)).

“son glucósidos de antocianinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C (...) El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metilaciones producen coloraciones rojas.” (Garzón, 2008)

Para el caso de la semilla de palta se desplaza del anaranjado al rojo.

Algunos trabajos de investigación reportan del teñido de fibras textiles poliamídicas y de algodón, con este colorante, utilizando mordientes vegetales (Cruz y Franco, 2007). El colorante también puede ser usado añadido a cosméticos en mezcla con cremas apropiadas. Eck (1991) señala que los efectos terapéuticos de los componentes pueden ser retenidos por el colorante de la semilla de palta.

Extracción del colorante. Este se puede realizar por extracción sólido-líquido.

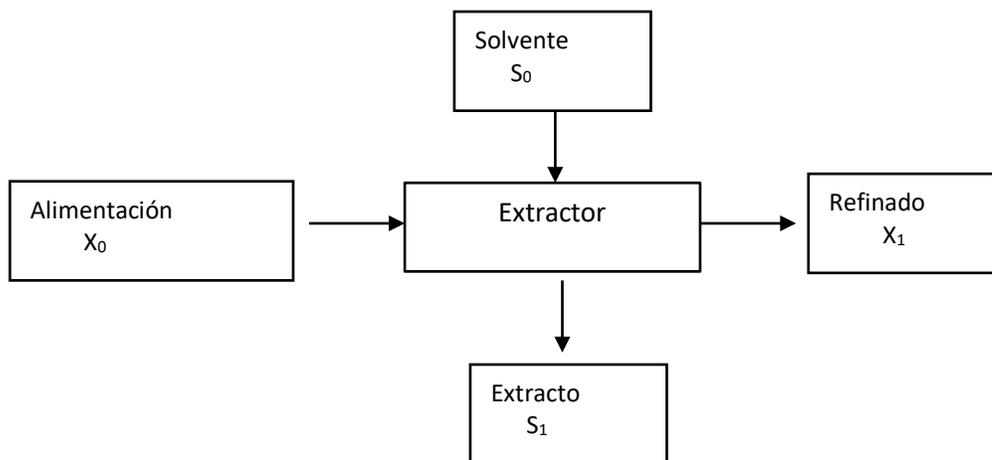
Extracción sólido- líquido. Es una operación básica o unitaria de separación, en la que uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido se transfieren a la fase líquida (disolvente) (Ollero, 2020). Las operaciones implicadas suelen ser: Cambio de fase del soluto, difusión del soluto a través del disolvente contenido en los poros del sólido inerte y la transferencia del soluto desde las inmediaciones de la interfase S/L hasta el seno de la masa principal de disolvente (Mc Cabe, et al, 2007).

Durante la extracción sólido- líquido, los componentes de una fase sólida (X_0) que se alimenta al extractor se transfieren a una fase líquida (denominada disolvente) S_0 luego de un determinado tiempo de contacto y mezcla en el que se produce el

transporte de materia entre ambas fases. Esto puede realizarse en una o más etapas. La alimentación consiste en un sólido compuesto por partículas solubles en el disolvente empleado y partículas insolubles. Las partículas solubles son denominadas soluto y las insolubles son denominadas matriz sólida inerte. La transferencia de masa suele darse del sólido al líquido. El tiempo de contacto entre las fases es el necesario para que se alcance el equilibrio entre ambas fases, luego del cual se separa a la fase sólida (que contiene sólidos inertes, sólidos no extraídos y solvente retenido) denominada refinado (X_1) de la fase líquida o extracto (S_1) donde se encuentran los sólidos de interés y solvente², un esquema del proceso puede verse en la figura 2.

Figura 2

Proceso de extracción sólido - líquido



Nota: La figura 2 es un esquema del proceso de extracción sólido-líquido.

La extracción sólido-líquido también es conocida como lixiviación o lavado. El sólido debe estar finamente particulado para un mejor contacto con el solvente. Esta operación por lo tanto requiere de operaciones previas de tratamiento al sólido y operaciones posteriores para separar el soluto del solvente en el extracto.

Handwritten signature

De acuerdo con el procedimiento de contacto que se utilice para la extracción destacan:

- La percolación, que consiste en la pulverización del disolvente sobre el lecho de sólido
- La inmersión completa del sólido en el líquido, y
- El llenado y vaciado intermitente del lecho sólido

Factores que afectan la extracción sólido-líquido. La temperatura, el área superficial del sólido y la viscosidad del disolvente son los factores que afectan la extracción de los colorantes, según Fellows (2007) citado por Torres (2015).

Es previsible que el aumento de temperatura aumente la velocidad de la disolución; que la velocidad de transferencia de masa se incremente al incrementarse el área superficial expuesta (mientras más reducido sea el tamaño de partícula mayor es el área expuesta) y que mientras menos viscoso sea el solvente utilizado más fácil será su ingreso en el lecho de partículas sólidas.

Métodos para la extracción de colorantes. Los colorantes extraídos de especies naturales son compuestos bioactivos, por lo tanto, su extracción es muy sensible a la temperatura, pH y el solvente a utilizar porque podrían degradarlos. Según Segovia Gómez et al., (2013) refiriéndose a la extracción de polifenoles presentes en la semilla de la palta, señala que los solventes más utilizados son: metanol, etanol, acetona y hexano para las fracciones lipídicas de polifenoles. El rango de temperatura puede variar según el polifenol a extraer.

Extracción de colorante de la semilla de palta:

Con solución diluida de hidróxido de sodio: Las semillas se lavan para retirar residuos de la pulpa, se pasan por un molino de discos hasta obtener una pasta de aproximadamente 18% de humedad. Esta pasta se coloca en un recipiente de extracción donde se extrae con una solución acuosa de NaOH al 0.5%, relación sólido/solvente de 0.05, a 75 °C con agitación constante de 150



rpm. (Devia y Saldarriaga, 2005). El colorante extraído de la semilla de palta con hidróxido de sodio, da colores más intensos que cuando se extrae con otros solventes cuando se tiñe la tela; y el color varía desde amarillo, ocre a marrones. (Romero E., L.A. 2017) citado por Morales Cano, 2008.

Con agua. Lixiviación por maceración con agua, utilizando relación semilla de palta/solvente de 1:10 (w/v), temperatura de ebullición y 2 horas de contacto. Las semillas pueden utilizarse en estado fresco, oxidada fresca y oxidada seca (García R. E., 2012).

Con solución de etanol: Se utilizan soluciones acuosas de etanol (35, 70 y 95% v/v), con una relación palta/solvente de 1:10 (w/v), temperatura de ebullición y 2 horas de contacto. García R. E., 2012, señala mayor rendimiento con soluciones de 35% y utilizando la semilla en estado oxidado seco. Otro método probado es el de solución de etanol- ácido cítrico: La extracción del colorante se ejecutó con el método etanol 90° -ácido cítrico en una relación peso/volumen al 0,03 %, obteniéndose un porcentaje de 4,07 %. (Revelo G., M., 2016)

Con soluciones de sulfito de sodio. La lixiviación se realiza por maceración con soluciones de sulfito de sodio (1 y 2% v/v), con una relación palta/solvente de 1:10 (w/v), temperatura de ebullición y 2 horas de contacto. García R. E.,(2012), señala mayor rendimiento con soluciones de 1% y utilizando la semilla en estado oxidado seco.

2.2.2 Fibras queratínicas

Las fibras textiles pueden clasificarse según su naturaleza en fibras vegetales, animales y químicas. Las primeras por su alto contenido de celulosa, están clasificadas químicamente como celulósicas, las fibras animales pueden agruparse en fibroínas como la seda y queratínicas como la lana e incluso el cabello humano. Las fibras químicas se obtienen por síntesis de diferentes materias primas, la mayoría son derivadas del petróleo y se les denomina fibras sintéticas; mientras que



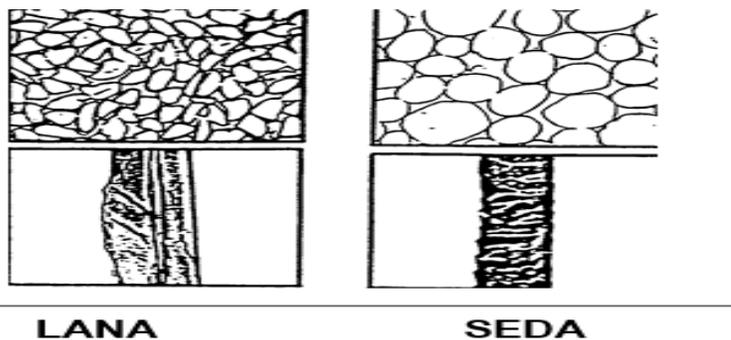
las que se elaboran partir de sustancias naturales se denominan artificiales como la celulosa regenerada o modificada (Luna, 2010; Lockuan, 2013; Costa, 1990).

Las fibras proteínicas, tanto las que presentan mayor cantidad de fibroína como las que presentan mayor cantidad de queratina, son fibras que presentan macromoléculas de proteínas simples (escleroproteínas fibrilares) que se caracterizan por su insolubilidad en medio acuoso y por su alta resistencia mecánica y química.

La seda (fibroína) es extraída del gusano de seda; mientras que la lana o pelos (queratina se encuentra en el tejido corneo (lana, pelo, plumas, cuerno, epidermis, uñas, pezuñas y escamas). Luna (2010). Una de las diferencias que presentan estas fibras proteínicas está en los grupos funcionales que unen a las cadenas principales. Probablemente estas influyan en las características de su sección transversal y longitudinal que a su vez se manifiestan en el resultado de sus teñidos. Estas diferencias de sus secciones se presentan en la figura 3.

Figura 3

Secciones transversal y longitudinal de lana y seda.



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 cadenas de estructura alargada que se encuentran en la fibra.

M. Caballero *H. H.*

2.2.3 Teñido

El teñido se puede definir como un proceso de equilibrio físico-químico 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. Durante este proceso se van produciendo cambios a nivel molecular en cada instante del teñido, Estos cambios se deben a la existencia de fuerzas que motivan que el colorante pase del baño a la fibra y se quede impregnado en ella y fuerzas que oponen resistencia a que esta impregnación ocurra. Para que el teñido se dé, estas fuerzas deben estar en equilibrio, eso requiere conceptualizar al colorante como una molécula que atraviesa varias etapas simultáneamente:

- Difusión: Movimiento de la molécula a través del líquido en el que se deposita, acercándose a la fibra textil,
- Adsorción: Contacto de la molécula de colorante con la superficie de la fibra,
- Absorción: Difusión de la molécula de colorante al interior de la fibra, y
- Fijación: Formación de enlaces entre las moléculas de la fibra y del colorante.

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, 2010). Estas fuerzas están relacionadas a la afinidad del colorante- fibra medido a través de la diferencia del potencial químico y a la difusión del colorante en ambas fases.

Sistemas. Existen dos sistemas para teñir fibras textiles:

Por afinidad entre colorante y fibra. Consistente en mantener en contacto solución de colorante-fibra por un tiempo suficiente para que las fuerzas de afinidad permitan la transferencia del colorante hacia la fibra hasta llegar al punto de equilibrio, también se conoce como agotamiento. Requiere de maquinarias tipo tinajas

M. Carvajal
Y. H. H.

que permitan el contacto de toda la fibra dentro de la solución con relaciones de baño de 1/10 hasta 1/30. También se conoce como sistema por agotamiento.

Por impregnación de la fibra. En este caso la fibra se impregna de la solución donde está el colorante, pasando luego por unos rodillos o foulard para exprimir la mayor cantidad de líquido y homogenizar la impregnación; finalizando con el proceso de fijado, cuando la tintura es definitiva (Lockuan, 2012). Este método requiere de relaciones de baño mucho más bajas como de 1/4- 1/6; pero se requiere de maquinaria más compleja que en el caso anterior.

Solidez. La solidez de un teñido es la resistencia que presenta el teñido a variar su color o perder intensidad, sobre la fibra, luego de ser sometida a los procesos para los cuales se ha preparado (lavado, planchado, luz, etc.). Un teñido será solido si permanece inalterable frente a los diferentes procesos a los que será sometido durante su uso o posterior a su tintura (Luna, 2010). Se mide por comparación con una escala de grises.

Son varios los factores que afectan la solidez, entre ellos: La estructura química del colorante, el proceso de tintura: cada colorante tiene un proceso óptimo de aplicación (curva de teñido), la intensidad de tintura, el tipo de unión colorante – fibra.

La fibra teñida puede tener 2 rutas: al consumidor final, quien probablemente lo someta a procesos de lavados constantes, frote en húmedo, planchado, etc.; o a un proceso de acabado en una lavandería industrial donde puede estar sometida a procesos como focalizado, aclarado, etc. Estos son los procesos posteriores al teñido al que puede estar expuesta la fibra teñida (Luna, 2010).

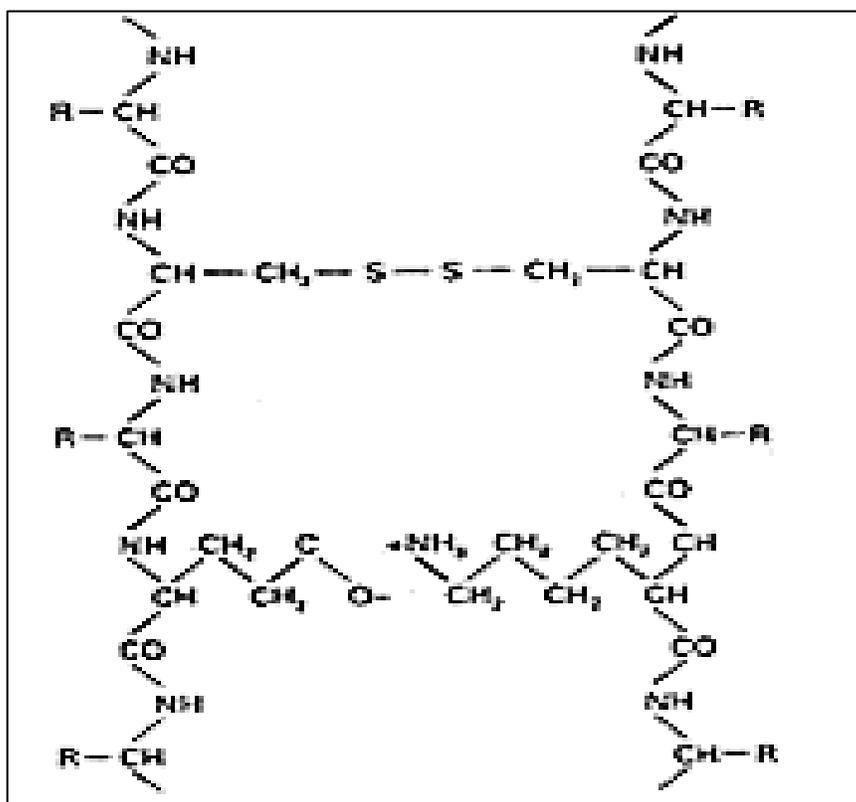
Teñido de fibras queratínicas. Arroyave y Gómez (2006) afirman que la lana (fibra queratínica), por su carácter anfótero es poseedora de grupos ácidos (Carboxilo – COOH) y de grupos básicos (los amino NH₂), por lo tanto, se puede teñir con colorantes ácidos y básicos según las condiciones del medio,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



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) como se ha representado en la figura 4.

Figura 4

Cadenas peptídicas en la fibra de lana



Nota: Tomado de “Fundamentos teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura” (Luna, 2010)

M. Abadía
Y. P. H.

El teñido de las fibras proteínicas (queratinas) como la lana, hoy en día es realizado con colorantes ácidos y reactivos en medio ácido. Sin embargo, la constitución química de la fibra también posibilita la tintura por colorantes naturales de manera directa o con el uso de mordientes, tal como lo hacían en tiempos remotos. (Luna, 2013)

Los colorantes ácidos poseen uno o más grupos sulfonatos los que le proporcionan solubilidad en medio acuoso y aseguran que el tinte porte carga negativa (aniónico); sin embargo, también hay colorantes que tiñen a la fibra en medio neutro, Esto supone que a $\text{pH} > 5$ los colorantes tiñen a la lana por otra fuerza que no es la iónica. Esto explica también la afinidad de la lana por colorantes directos.

Las prácticas ancestrales empíricas, señalan teñidos de lana con colorantes naturales extraídos tanto de fuentes naturales como vegetales, con ayuda de un mordiente. (Look, 1997)

2.3 Conceptual:

La semilla de palta, independientemente de la variedad a la que pertenezca, representa, en promedio el 10-16% del peso de la fruta, que se constituye como un deshecho del consumo industrial o directo de la fruta. El consumo directo de la palta está en tendencia al alza debido a que se considera un superalimento, esto implica, entonces que también se incrementara la cantidad de semillas desechadas a pesar de que su composición permite su uso como colorantes.

La semilla de palta es fuente de colorantes naturales como las antocianinas. Estas antocianinas pertenecen a la familia de los flavonoides por lo que al incrementar los grupos metilo en su estructura, presentan efecto batocrómico, es decir tendencia al color rojo por lo que en algunos lugares aún se usan como marcador para fibras textiles. Los estudios para la extracción del colorante son relativamente recientes, especialmente en el Perú donde su producción y consumo está en incremento en los últimos quince años. En estos estudios se reporta que el



colorante está presente en la semilla de palta de todas las variedades e indistintamente del estado (fresco o seco) de las mismas. Para este estudio se han recolectado semillas de palta al azahar y se utilizarán en estado seco.

La técnica de extracción del colorante se basa en la teoría de la extracción sólido – líquido con solventes, en esta investigación se utilizará la extracción con agua, con la finalidad de utilizar una tecnología más limpia.

Los estudios realizados sobre la aplicación del colorante se orientan a la alimentación, medicina y textiles, aplicándolo a fibras textiles naturales del tipo celulósico. En este caso se estudiará su aplicación como colorante textil para fibras proteínicas, del tipo queratina ya que es materia prima con la que se cuenta en el interior de nuestro país; específicamente se aplicará sobre fibras de lana de oveja, pretratadas. El pretratamiento a la fibra será el lavado para retirar las sustancias grasas como la lanolina que le dan carácter hidrofóbico dificultando su teñido.

El sistema de teñido utilizado fue el sistema por agotamiento y la curva de teñido para un colorante directo sin uso de un agente auxiliar ni mordiente, los parámetros que se estudiarán serán: el medio, el tiempo y la temperatura de teñido. El teñido con colorantes naturales se ha reportado como un teñido con ayuda de mordientes para fijar el colorante a la fibra. En esta investigación el teñido se realizará sin mordientes basado en el hecho de que los grupos activos de la queratina de la lana permiten la retención del colorante absorbido. Así mismo el teñido se someterá a diferentes pruebas de solidez orientado al consumidor final, considerando que esta técnica sea de fácil reproducción en zonas rurales.

2.4 Definición de términos básicos:

Antocianina: Pigmento soluble en agua, perteneciente al grupo de los flavonoides.

Responsable de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul presentes en muchas frutas, vegetales y cereales. (Garzón, 2008)

Baño de teñido: Solución del colorante en agua a utilizarse durante el teñido de fibras textiles.

Curva de teñido: Representación gráfica de la Temperatura y el tiempo del teñido.

Fibras proteínicas: fibras textiles que tienen alto contenido de proteínas en su composición. A este tipo de fibras pertenecen la lana, la seda y el pelo de diversas especies animales. Sus componentes principales son queratina en la lana y fibroína en la seda. (Luna, 2010)

Fibras queratínicas: Fibra proteínica con alto porcentaje de queratina en su composición, presente en la lana y pelos de animales, así como en el cabello humano (Luna y Reyna, 2020)

Flavonoides: metabolitos secundarios presentes en las plantas, compuestos fenólicos compuestos por 15 carbonos pertenecientes a la subclase de polifenoles más grande y abundante del mundo vegetal. (Chong, 2011)

Polifenoles: Compuestos químicos que están presentes en muchos productos naturales. Presentan estructura molecular formada por uno o varios anillos fenólicos y en función a esto se dividen en varias clases y subclases. Una clasificación simple es la de flavonoides y no flavonoides dependiendo de la estructura química primaria del hidroxibenceno.

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

Solidez: Resistencia del colorante a permanecer en la fibra teñida, luego de ser sometida a procesos posteriores al teñido

Teñido por agotamiento: Sistema de teñido en el que la fibra y el baño permanecen en contacto por un tiempo suficiente hasta que ocurra el teñido.



III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

General:

El efecto de aplicar el colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas es su teñido.

Específicas

1. La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta, tiñe a las fibras queratínicas en medio ácido, neutro y básico.
2. A mayor temperatura de aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.
3. A mayor tiempo de aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.

3.2 Definición conceptual de variables.

Variable dependiente (Y):

Efecto de la aplicación del colorante: Resultado de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta (Devia y Saldarriaga, 2012; Revelo, 2016; Cruz, 2007). Operacionalmente se define como el teñido de fibras de lana con colorante extraído de la semilla de palta.

Variables independientes:

X₁ = Medio de aplicación

Medio de aplicación: medio ácido, básico o neutro de la solución de teñido.

X₂ = Temperatura de teñido

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

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



3.3 Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
Efecto de la aplicación del colorante. <i>(Dependiente)</i>	Agotamiento	ΔE	Espectrofotométrico	Lectura mediante software Data color
	Intensidad de color	Fuerza		
	Solidez	Si No	Sensorial	Escala de grises
Medio de aplicación <i>(Independiente)</i>	Sensorial	Carta de colores	Observacional	Carta de colores
		5	Instrumental	Potenciometría
		pH		
Temperatura de teñido <i>(Independiente)</i>	Temperatura	7	Instrumental	termometría
		10		
		40 °C		
Tiempo de teñido <i>(Independiente)</i>	Tiempo de teñido	80 °C	Instrumental	cronometría
		100 °C		
		30 min.		
		60 min.		

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación.

A decir de Bunge (1971) es una investigación aplicada porque su propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables. Es explicativa porque está orientada a responder las causas que motivan el evento. (Hernández, et al, 2017)

Es experimental porque se manipulan variables en condiciones controladas para describir las causas que producen un evento. (Hernández, et al, 2017)

La investigación se realizó aplicando el diseño factorial completo y aleatorio (Montgomery, 2013), con tres factores de estudio:

Medio de aplicación con 3 niveles

Temperatura con 3 niveles.

Tiempo de teñido con 2 niveles.

El experimento básico está constituido por 18 (3*3*2) tratamientos con 3 réplicas cada uno teniendo un total de unidades experimentales 18 * 3

Tabla 3.

Representación del diseño experimental.

Temp.	pH= 5		pH= 7		pH=10	
°C	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
40						
60						
80						

Nota: Cada cuadrado coloreado representa una corrida experimental



4.2 Método de investigación.

Etapa 1. Preparación de la fibra

Las fibras de lana se sometieron a lavado con agua tibia y jabón ligeramente alcalino, para eliminar la lanolina de su superficie y cambiar su carácter hidrofóbico a hidrofílico, luego se secaron, los resultados pueden observarse en la figura 5.

Figura 5

Lavado de fibras de lana



Nota: fotografías tomadas durante el lavado de las fibras, la fotografía del lado izquierdo corresponde al inicio del lavado y la del derecho al finalizar.

Una vez secas, se procedió a la apertura de las fibras para separarlas y dejar caer las impurezas externas adheridas a ellas. Esto se realizó de manera manual. Para ordenar las fibras o paralelizarlas se utilizó un peine de púas para facilitar la operación, de esta manera las fibras se consiguen más limpias y uniformes en su alineación, lo que equivale a la operación de cardado o peinado. La diferencia entre la fibra antes de su paralelización y luego de ella puede observarse en la figura 6.

M. Caballero
H. P. H.

Figura 6

Cardado de la lana



Nota: Fotografía tomada durante la separación y paralelización de fibras de lana.

Con la fibra ya limpia se prepararon muestras de 1 g para su teñido, tal como se muestra en la figura 7

Figura 7

Muestras de lana



Nota: Fotografía de la muestra preparada.

M. Castañeda
Guillem

Etapa 2. Extracción del colorante

Las semillas de palta recolectadas correspondieron a la de palta fuerte, variedad más comercializada en el mercado local, estas fueron lavadas para extraer restos de pulpa pegados a su superficie. Una vez limpias se dejaron secar para luego extraerles la cáscara que protege a la semilla cuidando de no dañarla. De acuerdo con la literatura, el secado debió realizarse hasta una humedad máxima de 18%, sin embargo, la humedad del ambiente no permitió llegar a este valor, porcentaje recomendado por la bibliografía para su adecuada reducción de tamaño; no habiéndose presentado dificultades para su reducción de tamaño, se trabajó sin considerar porcentaje de humedad. Las semillas o pepas recolectadas no presentaron ningún signo exterior de oxidación tal como puede observarse en la figura 8.

Figura 8

Semillas de palta



Nota: Fotografía de las semillas de palta descascaradas.

Dr. Alejandro
Yupilli

Para reducir el tamaño de las semillas se utilizó un rallador de acero inoxidable casero con el cual se obtuvo la reducción de tamaño tal como se muestra en la

figura 9. Junto con la reducción de tamaño se pudo observar el cambio de color en su superficie como resultado de la oxidación.

Figura 9

Semillas de palta procesada



Nota: Fotografía de las semillas de palta procesadas, en la izquierda puede observarse el inicio de su oxidación y en la derecha cuando se encuentra ya oxidada.

El colorante fue extraído siguiendo el método de García (2012), extracción sólido líquido, utilizando como solvente el agua, a temperatura promedio de 70 °C por 2 horas con agitación constante. Se utilizó una relación semilla de palta/agua de 1g:10 ml., el extracto presentó una coloración anaranjada rojiza y pH promedio de 6.36 como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Extracto del colorante

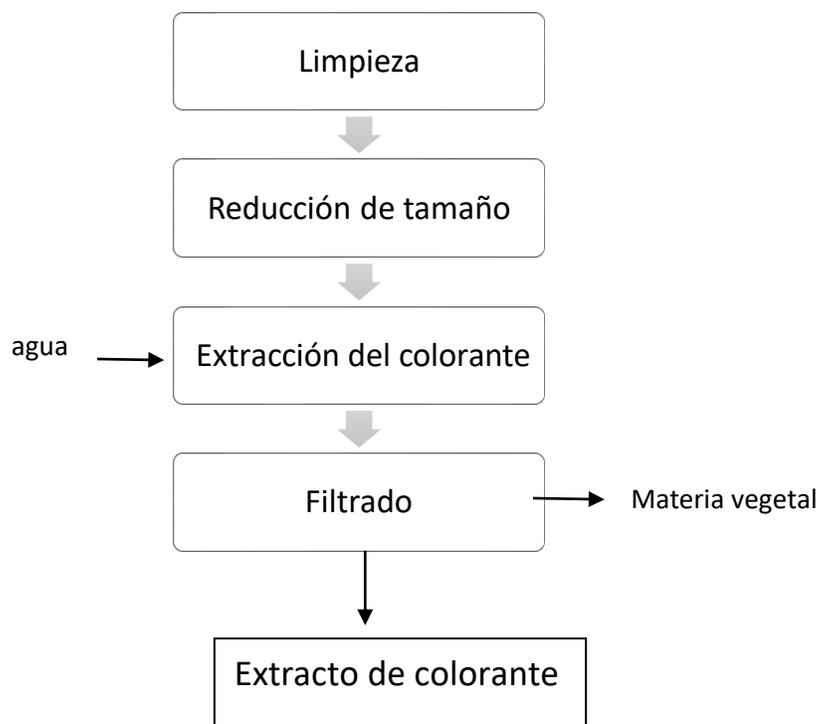


W. García
H. P. H.

El proceso para la extracción del colorante se presenta de manera resumida en la figura 11.

Figura 11

Proceso de obtención del colorante de la pepa de palta



Etapas 3. Teñido

Se tomaron 100 ml. de la solución extraída, en cada erlenmeyer, y se acondicionaron a los diferentes pH de acuerdo al diseño experimental, observando en cada uno de ellos el cambio de coloración tal como se observa en la figura 12.

Figura 12

Soluciones de tñido a diferentes pH.



Estos erlenmeyers se llevaron al baño maría hasta alcanzar la temperatura correspondiente tal como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Acondicionamiento de las soluciones a 80° C



Patricia *Yurika*

Una vez alcanzada la temperatura deseada, se agregaron las muestras en cada uno de los erlenmeyers y se mantuvo a esa temperatura por 30 o por 60 minutos según correspondía, agitando constantemente para asegurar homogeneidad del baño de tñido. Una vez concluido el tiempo previsto, se sacó la muestra del baño, se enjuagó con abundante agua y se extrajo manualmente la mayor cantidad de líquido posible, observando la coloración que tomaron las muestras tratadas en la figura 14.

Figura 14

Muestras de lana teñidas a 80 °C y 30 minutos a diferentes pH.



Nota: En las fotografías se evidencia el cambio de color a diferentes pH y la diferencia entre ellas, con las muestras aún húmedas.

Este mismo proceso se repitió por segunda vez, obteniendo los resultados que se muestran en la figura 15 para las muestras ya secas.

Figura 15

Lana teñida a 80 °C, 30 minutos, 2 repeticiones.

pH: 5	pH: 7	pH: 10

Cada muestra constituyó una unidad de análisis con la que se determinó si el colorante aplicado a la fibra fue absorbido por ésta.

Etapa 4. Evaluación del color y solidez

La evaluación de la solidez del color se ensayó para lavado en húmedo, simulando procesos de lavado convencionales, una vez secas las muestras se observaron si hubo o no cambios de coloración en ellas por comparación con la escala de grises.

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 estuvo constituida por una unidad de análisis de 1g de lana teñida con solución de colorante extraído de la semilla de palta recolectadas al azar.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.

La extracción del colorante y el teñido se realizará en el laboratorio de textil de la facultad de ingeniería química industria de la Universidad Nacional del Callao durante los meses de agosto-diciembre 2022

Las mediciones de color se realizaron en el laboratorio de una empresa textil, una vez concluidas todas las pruebas de teñido.

El estudio se desarrolló en un periodo de 12 meses, desde abril del 2022 hasta marzo 2023

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La preparación de las muestras de lana requirió del proceso de apertura y cardado como parte de la limpieza mecánica de las fibras, realizadas manualmente.

La extracción del colorante se realizó por extracción sólido-liquido con agua, seguido de una separación por filtración en tela.

El teñido de las fibras de lana con el colorante extraído se realizó mediante sistema por agotamiento directo del colorante de la solución a la fibra, a tiempo, pH y temperaturas previamente definidos y cuyo control fue realizado por cronometría y termometría.

Para las lecturas de intensidad y diferencia de color se utilizó la espectrofotometría con el software data color.



Para la evaluación de la solidez, se utilizó la comparación visual con la escala de grises.

Así mismo, parte de las muestras teñidas se utilizaron para elaborar una carta de colores lo que permitirá visualizar los cambios de color frente a los parámetros tiempo, temperatura y pH de teñido.

Equipos e instrumentos

- Balanza analítica (d:1g max. 250g)
- Cocinilla eléctrica
- Baño maría marca ZOMAX (capac. 18 L)
- Termómetros de 0 -110 °C
- Cronometro
- pHmetro pH80+DHS XS instruments
- Spectrum Data color 400. V 2.8.1

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:

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

Se hizo uso de la estadística descriptiva e inferencial aplicando el software SPSS V 25.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

Las autoras de la investigación están comprometidas con el respeto a las normas técnicas involucradas y el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao. aprobado por Resolución N° 260-2019-CU.



V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos.

Las muestras de lana teñidas según diseño de experimentos, una vez evaluadas, presentaron los resultados mostrados en las tablas 4, 5 y 6 para el agotamiento medido como el cambio de color (ΔE) de la muestra con respecto al patrón, la fibra de lana sin teñir.

Tabla 4

Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 40 °C

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	5.49	4.08	3.71	5.06	3.03	4.43
02	5.30	5.54	4.73	6.35	5.25	10.61
03	6.74	4.74	3.78	6.00	3.15	7.81
Promedio	5.84	4.79	5.80	4.07	3.81	7.62

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg

Tabla 5

Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 60 °C

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	10.93	9.57	10.83	12.81	11.44	13.15
02	8.43	9.31	9.97	10.90	11.49	8.82
03	11.03	10.67	8.83	14.41	11.71	8.37
Promedio	10.13	9.85	9.88	12.71	11.55	10.11

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg



Tabla 6*Diferencia de color (ΔE) como medida de agotamiento a 80 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	12.86	13.30	8.22	11.74	9.23	17.26
02	8.96	11.54	10.40	13.43	9.34	14.15
03	12.01	12.43	9.48	11.02	10.50	14.23
Promedio	10.49	11.99	9.94	12.23	9.92	14.19

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg

Los resultados obtenidos para la fuerza entendida como la intensidad del teñido de las mismas muestras, con respecto a un patrón constituido por una muestra de lana sin teñir, para las temperaturas, pH y tiempos de teñido según diseño experimental se muestran en las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7*Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 40 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	79.18	129.04	109.81	102.73	90.33	87.21
02	72.93	130.69	121.59	112.61	109.24	215.55
03	154.99	120.27	147.95	104.97	79.56	148.18
Promedio	10.49	11.99	9.94	12.23	9.92	14.19

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg

Tabla 8*Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 60 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	174.32	207.10	122.43	220.71	143.33	290.21
02	146.40	171.10	214.37	216.72	164.28	257.36
03	166.88	172.37	150.58	187.03	163.57	255.95
Promedio	10.49	11.99	9.94	12.23	9.92	14.19

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg

Tabla 9*Diferencia de fuerza (ΔF) como medida de intensidad a 80 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	174.32	207.10	122.43	220.71	143.33	290.21
02	146.40	171.10	214.37	216.72	164.28	257.36
03	166.88	172.37	150.58	187.03	163.57	255.95
Promedio	10.49	11.99	9.94	12.23	9.92	14.19

Nota: Resultados con el software Datacolor Match Textile para el iluminante D65 10 Deg

Los resultados de las muestras, una vez sometidos a pruebas de lavado de modo convencional con agua fría corriente y evaluadas por comparación con la escala de grises se reportaron en las tablas 10,11 y 12.

Tabla 10*Solidez de muestras teñidas a 40 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	3	3	3	3	3	3
02	3	3	3	3	3	3
03	3	3	3	3	3	3

Tabla 11*Solidez de muestras teñidas a 60 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	3	3	3	3	3	3
02	3	3	3	3	3	3
03	3	3	3	3	3	3

Tabla 12*Solidez de muestras teñidas a 80 °C*

Repetición N°	pH= 5		pH= 7		pH=10	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)	
	30	60	30	60	30	60
01	3	3	3	3	3	4
02	3	3	3	3	3	4
03	3	3	3	3	3	4




5.2. Resultados inferenciales.

5.2.1 Hipótesis específica 1

“La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta, tiñe a las fibras queratínicas en medio ácido, neutro y básico”.

H0: $\Delta E = 0$

H1: $\Delta E \neq 0$

Tabla 13

Prueba T para una muestra para ΔE

t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
12.044	17	0.000	9.232778	7.61540	10.85016

Nota: el valor de prueba = 0

La significancia bilateral de $0.00 < 0.05$ nos lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna con un 95 % de confianza de que ha existido cambio de color en todas las muestras sobre las cuales se aplicó el colorante extraído de la pepa de palta, independientemente del pH del medio en el que se aplicó.

H0: $\Delta F = 0$

H1: $\Delta F \neq 0$

Tabla 14

Prueba T para una muestra para ΔF

t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
14.283	17	0.000	166.040556	141.51300	190.56811

Nota: el valor de prueba = 0



La significancia unilateral de $0.00 < 0.05$ nos lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna con un 95 % de confianza de que ha existido cambio en la intensidad de color en todas las muestras sobre las cuales se aplicó el colorante extraído de la pepa de palta, independientemente del pH del medio en el que se aplicó

5.2.2 Hipótesis específica 2

“A mayor temperatura de aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento”

En la tabla 15 se muestran los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar normalidad:

H0: Los datos (ΔE) tienen distribución normal

H1: Los datos (ΔE) no tienen distribución normal

Tabla 15

Prueba de normalidad para los datos de agotamiento (ΔE)

Temp. de teñido	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
40	0.174	18	0.154
60	0.108	18	0.200 [*]
80	0.107	18	0.200 [*]

Como el valor de la significancia es mayor que 0.05 para todos los grupos, se acepta la hipótesis nula ya que existe evidencia estadística significativa para afirmar que los datos tienen distribución normal.

H0: $\rho = 0$; no existe correlación lineal entre la temperatura de teñido y el agotamiento

H1: $\rho \neq 0$; existe correlación lineal entre la temperatura de teñido y el agotamiento

Tabla 16*Correlación Temperatura de teñido - agotamiento (ΔE)*

		Temperatura	ΔE
Temperatura	Correlación de Pearson	1	0.768**
	Sig. (unilateral)		0.000
	N	54	54
ΔE	Correlación de Pearson	0.768**	1
	Sig. (unilateral)	0.000	
	N	54	54

Nota: **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como p-valor < 0.05 (0.000) se rechaza hipótesis nula y por lo tanto existe evidencia estadística significativa para afirmar que existe correlación entre la temperatura de teñido y el agotamiento del colorante.

5.2.3 Hipótesis específica 3

“A mayor tiempo de aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.”

En la tabla 17 se muestran los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar normalidad:

H0: Los datos (ΔE) tienen distribución normal

H1: Los datos (ΔE) no tienen distribución normal

Tabla 17*Prueba de normalidad para los datos de agotamiento (ΔE)*

tiempo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
30	0.189	27	0.015
60	0.227	27	0.001

Como p-valor < 0.05, para ambos grupos, se rechaza la hipótesis nula ya que existe evidencia estadística significativa para afirmar que los datos no tienen distribución

normal.

H0: $\rho = 0$; no existe correlación lineal entre el tiempo de teñido y el agotamiento

H1: $\rho \neq 0$; existe correlación lineal entre el tiempo de teñido y el agotamiento

Tabla 18

Correlación tiempo de teñido - agotamiento (ΔE)

		ΔE	tiempo
Tau_b de Kendall	Coeficiente de correlación	1.000	0.332**
	Sig. (bilateral)	.	0.003
	N	54	54
Rho de Spearman	Coeficiente de correlación	1.000	0.403**
	Sig. (bilateral)	.	0.003
	N	54	54

Nota: La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).**

Como p-valor < 0.05 (0.003), con Tau b de Kendall y Rho de Spearman, se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto existe evidencia estadística significativa para afirmar que existe débil correlación entre el tiempo de teñido y el agotamiento del colorante, el valor $r = 0.332$ indica correlación directa positiva.

5.2.2 Hipótesis general

“El efecto de aplicar el colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas es su teñido”

Considerando que el teñido implica un cambio de color en la fibra queratínica, el efecto se puede medir por la diferencia de color ($\Delta E \neq 0$, agotamiento) y por la diferencia de la fuerza ($\Delta F \neq 0$, intensidad) respecto a la de una muestra sin teñir. Con respecto a la solidez, debe ser ≥ 3 para que sea considerado como sólido

En las tablas 13 y 14 se presentan los resultados de la prueba T para una muestra con respecto a ΔE y ΔF , en ambos casos se acepta la hipótesis alterna con un 95 % de confianza de que ha existido cambio de color entendidos como agotamiento del colorante e intensidad en las muestras teñidas con el colorante extraído de la semilla de palta con respecto a una muestra sin teñir. Los resultados para la solidez del teñido se pueden observar en la tabla 19

Tabla 19

Prueba de Wilcoxon para solidez del teñido

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de solidez es igual a 2	Prueba de rangos de Wilcoxon para una muestra	0.000	Rechazar la hipótesis nula

Nota: el valor de prueba = 2

Siendo las hipótesis:

H0: Solidez \leq 2

H1: Solidez $>$ 2

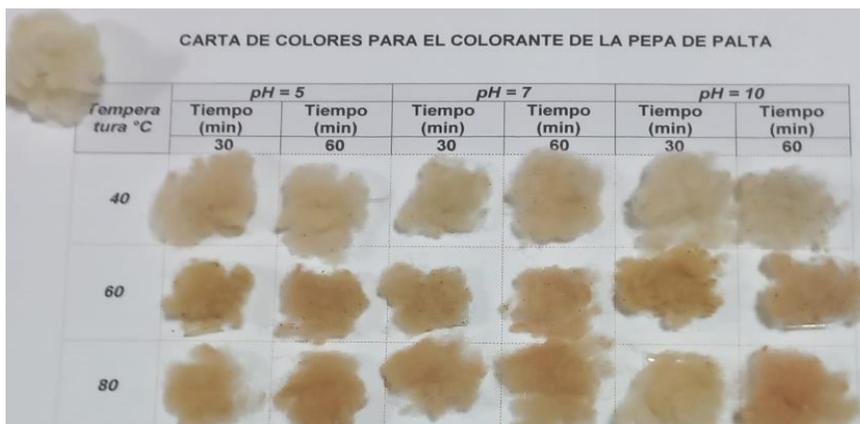
El valor de la significancia es menor a 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula ya que existe evidencia estadística para afirmar que la mediana de los valores de las solideces de teñido es mayor a 3 (ver figura 24).

5.3. Resultados sensoriales.

El efecto de aplicar colorante extraído de la pepa de la palta sobre la lana (fibra queratínica) permitió elaborar la carta de colores para las diferentes temperaturas, pH y tiempos de teñido, evidenciándose el teñido en todos los casos como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Carta de colores para el teñido de lana con colorante extraído de la pepa de palta.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Hipótesis específica 1: “La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta, tiñe a las fibras queratínicas en medio ácido, neutro y básico”.

De las tablas 13 y 14 donde se muestran resultados de las pruebas T para una muestra, se obtiene evidencia estadística significativa para afirmar que ha existido cambio en el color medidos como intensidad y fuerza en todas las muestras sobre las cuales se aplicó el colorante extraído de la pepa de palta, independientemente del pH del medio en el que se aplicó; por lo tanto, se demuestra la hipótesis específica 1.

Hipótesis específica 2: “A mayor temperatura de aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento”

De la tabla 16 resultado de la prueba de correlación entre la temperatura y el agotamiento, se obtiene evidencia estadística significativa para afirmar que existe correlación entre la temperatura de teñido y el agotamiento del colorante. El valor $r=0.768$ indica correlación directa positiva; es decir que a mayor temperatura se presenta mayor agotamiento del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínica, quedando así demostrada la hipótesis específica 2.

Hipótesis específica 3: “A mayor tiempo de aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.”

De la tabla 18, resultado de la prueba de correlación entre el tiempo y el agotamiento, se obtiene evidencia estadística significativa para afirmar que existe correlación entre el tiempo de teñido y el agotamiento del colorante, el valor $r = 0.332$ indica correlación directa positiva, aunque débil; es decir que a mayor tiempo de teñido se presenta mayor agotamiento del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínica, quedando así demostrada la hipótesis específica 3.

Hipótesis general: “El efecto de aplicar el colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas es su teñido”

La comprobación de las hipótesis específicas 1, 2 y 3 evidencian que la aplicación del colorante extraído de la pepa de la palta en medio ácido, básico o neutro; a temperaturas de 40, 60 y 80 grados centígrados y en 30 o 60 minutos provocan cambio de color tanto en agotamiento como intensidad. Los resultados en la tabla 19 muestran evidencia estadística significativa para afirmar que las muestras presentan solidez (resistencia del color a permanecer en la fibra), características requeridas para confirmar que las muestras a las que se aplicó el colorante fueron teñidas. Esto mismo puede evidenciarse en la figura 16. De esta manera se comprueba la hipótesis general.

6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares.

Con respecto a la hipótesis específica 1: “La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta, tiñe a las fibras queratínicas en medio ácido, neutro y básico” los resultados obtenidos coinciden con Cruz y Franco (2007) en que la mayor capacidad de extracción se da con NaOH; difiriendo en cuanto a la solidez del teñido; coincidiendo con Guerrero, (2011) en cuanto a la extracción con NaOH.

Con respecto a la hipótesis específica 2: “A mayor temperatura de aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento”, los resultados obtenidos coinciden con Luna y Reyna (2020) cuando utilizaron el colorante de las hojas de nogal.

Con respecto a la hipótesis específica 3: “A mayor tiempo de aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento”, los resultados coinciden con los de Tito Humpiri et al. (2019) y Luna y Reyna (2020) durante su estudio de teñido con colorante de la hoja de nogal.



Con respecto a la hipótesis general: “El efecto de aplicar el colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas es su teñido”, los resultados coinciden con los obtenidos por Tito Humpiri et al. (2019); Revelo (2016) quien extrajo colorante para su aplicación en alimentos comprobando su efectividad, Devia y Saldarriaga (2012) quienes mencionan el uso del colorante para textiles y alimentos, García (2012) quien extrajo el colorante por lixiviación y a partir de diferentes variedades de palta y en diferentes estados de oxidación; Cruz y Franco (2007), con Guerrero, (2011); Morales Cano et al. (2008)

6.3. Responsabilidad ética

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



CONCLUSIONES

1. La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta tiñe a las fibras de lana (queratínicas) en medio ácido, neutro y básico; presentando teñido más intenso y de mayor tonalidad en medio básico; de manera directa sin mordientes utilizando el sistema de teñido por agotamiento.
2. A mayor temperatura de teñido, se presenta mayor agotamiento e intensidad del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, demostrando que existe influencia de la temperatura sobre el teñido. En este caso específico la temperatura de mayor agotamiento fue de 80 °C.
3. El tiempo de teñido influye en la aplicación del colorante extraído de semilla de palta siendo que a mayor tiempo de teñido (60 minutos) se presenta mayor agotamiento e intensidad del colorante sobre las fibras de lana (queratínicas).
4. El colorante extraído de la semilla de palta tiñe a las fibras de lana (queratínicas) en medio ácido, neutro o básico, a 30 y 60 minutos y a temperaturas de 40, 60 y 80 °C.
5. El colorante extraído de la pepa de palta, tiñe a la lana en diferentes tonalidades que varían del rojo al marrón.



RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios para extraer y solidificar el colorante de la semilla de palta.
2. Repetir las condiciones de extracción y teñido con el colorante de la semilla de palta para verificar reproducibilidad y carta del color.
3. Experimentar el teñido con este colorante sobre fibras de algodón y otras.
4. Evaluar la reproducibilidad del colorante de la semilla de palta a otras temperaturas.




REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arroyave A. M., Gómez D. P. (2006). *“Elaboración de un producto con base en colorantes naturales para teñir el cabello”*. [Tesis de pregrado. Universidad EAFIT- Colombia].

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/357/MariaElena_ArroveAlzate_2006.pdf;sequence=1

Bunge, Mario. (1971). *La ciencia, su método y su filosofía*. Ediciones Siglo XX

Chong Tuesta, Rodrigo. (2011). *Alimentos ricos en flavonoides y sus beneficios a la salud*. [Trabajo de pregrado. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto].

<http://hdl.handle.net/11458/3564>

Christie, Robert. M. (2001) *La química del color*. Editorial Acribia.

Costa, Mirko. (1990) *Las fibras textiles y su tintura - VOL. II : Química textil*. CONCYTEC.

Cruz Villalta, C. E., & Franco Rosales, S. I. (2007). *Propuesta de un colorante natural a partir de la semilla de Persea americana M (aguacate)*. [Trabajo de grado. Universidad de El Salvador-San Salvador].

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4837/1/16100066.pdf>

Devia Pineda, J. E., & Saldarriaga, D. F. (2012). *Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate*. *Revista Universidad EAFIT*, 41(137).

<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/836>

Eck, G. (1991). *Process for producing luminescent dyestuffs from plant materials*. Patente US 5,042,989 (27/8/1991)

García Ramírez, E.I., (2012). *Extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla del aguacate(persea americana miller) a nivel*

laboratorio. [Trabajo de grado . Universidad de San Carlos de Guatemala]

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1280_Q.pdf

Garzón, Gloria. (2008). Anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds: A review. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3).

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11337/12000>

Gómez. M, Escalera. D, Rojas. P. Andrade. M, López. A, Muruchi. A. (2017). Beneficios de la semilla de *Persea americana* Mill. (Palta). *Revista de Investigación e Información en Salud*, 12 (30).

<https://www.imbiomed.com.mx/ejemplar.php?id=10974>

Guerrero Escobar, D. P., (2011). *Extracción y evaluación de un colorante natural a partir de la pepa de aguacate para el teñido de las fibras de algodón y poliéster* [Trabajo de grado. Universidad técnica de Ambato-Ecuador].

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1757/1/SBQ%20%20Ref.3396>

Hennessey Ramos, L. (2017). Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad hass como componentes funcionales en un jabón líquido. [Tesis de maestría. Universidad de Manizales – Colombia].

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3150/Tesis%20Aprovechamiento%20del%20aguacate%20como%20colorante%20y%20aceite%20para%20un%20producto%20cosmetico.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C., Baptista Lucio. M.,(2017). *Metodología de la Investigación*. (Sexta edición) Mc Graw Hill.

Lockuan Lavado, Fidel E. (2013). *La industria textil y su control de calidad. II. Fibras textiles*.

https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/ii._la_industria_textil_y_su_control_de_ca

lidad

Look Sing, Olga (1997) *Colorantes naturales*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

Luna Chávez, C. M., (2010). Fundamentos teóricos básicos sobre las fibras textiles y su tintura. Informe final de investigación- Universidad Nacional del Callao.

Luna Chávez, C. M., (2013). *Teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal, en frío*. [Informe final de investigación- Universidad Nacional del Callao].
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2023>

Luna C.M. y Reyna M. G., (2020). *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*. [Tesis de maestría- Universidad Nacional del Callao].

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5504>

Mc Cabe, Warren L; Smith, Julian C., Harriot, Peter, (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Mc Graw Hill ediciones.

Ministerio de Agricultura- Perú. (2008). *Estudio de palta en el Perú y el Mundo*.

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_palta.pdf

Ministerio de Agricultura- Perú. (2020). *Análisis de mercado - palta*.

<https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368928-analisis-de-mercado-palta-2015-2019>

Montgomery Douglas C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. (Octava edición). John Wiley & Sons, Inc. editores. http://www.ru.ac.bd/stat/wp-content/uploads/sites/25/2019/03/502_06_Montgomery-Design-and-analysis-of-experiments-2012.pdf



Morales Cano, T. M., Cano Díaz, E. J., Mérida Meré, mario J., Godínez Lemuz, J. E., De León Morán, T. M., Barrientos García, M., ... García, I. (2008). *Evaluación de la capacidad tintórea de los tintes naturales obtenidos de los desechos agroindustriales del coco y del aguacate en el proceso de tinción de fibras naturales utilizadas en la elaboración de artesanías*. [Informe de investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala]

<https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/resumenes2010/inf0881.html>

Ollero de Castro, Pedro. (2020). *Fundamentos de las operaciones de separación de transferencia de masa*. Editorial Universidad de Sevilla.

https://www.google.com/search?q=%28Ollero%2C+2020+operaciones+unitarios+extraccion+solido+liquido&biw=1422&bih=578&ei=bVUdYpKiOcG45OUP1YWyyAs&ved=0ahUKEwjSjLPGwaP2AhVBHLkGHdWCDLkQ4dUDCA4&uact=5&oq=%28Ollero%2C+2020+operaciones+unitarios+extraccion+solido+liquido&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAM6BggAEBYQHjoFCCEQoAE6BAghEBU6BwghEAoQoAFKBAhBGABKBAhGGABQAFixZmCya2gBcAF4AIABwwGIAacqkqEFMjcuMjWYAQCgAQKgAQHAAQE&scient=gws-wiz

Paredes, Juan Carlos, (2021, marzo 08). ProHass: Preocupa que algunos productores y exportadores usen códigos de otros campos e ingresen palta que no cumple porcentaje mínimo de materia seca. *Agencia agraria de noticias*.

<https://www.agraria.pe/noticias/prohass-preocupa-que-algunos-productores-y-exportadores-usen-23844>

Revelo Guaña, Marco Javier. (2016). *“Evaluación del pigmento obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (Persea americana var. Hass y Persea americana var. Fuerte) como alternativa de uso en la industria de alimentos.”* [Trabajo de titulación, Universidad politecnica estatal del Carchi-Ecuador. Repositorio.upec.edu.ec]

[http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/485/1/295%20evaluacion%20del%20pigmento%20obtenido%20de%20la%20semilla%20de%20dos%](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/485/1/295%20evaluacion%20del%20pigmento%20obtenido%20de%20la%20semilla%20de%20dos%20)

[20variedades%20de%20aguacate.pdf](#)

Romero Espinoza, L.A. (2017). *Evaluación de las semillas de dos variedades de aguacate (Persea Americana) para la obtención de tinta para su aprovechamiento en la agroindustria*. [trabajo de grado. Universidad técnica estatal de Queved – Ecuador] <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4116>

Segovia Gómez, F., Corral, J. J., & Almajano, M. P. (2013). Estudio cinético de la extracción Sólido-Líquido de los compuestos polifenólicos del Residuo del Aguacate. *Jornades De Recerca Euetib*.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/14999/Estudio%20cin%C3%A9tico%20de%20la%20extracci%C3%B3n%20S%C3%B3lido-L%C3%ADquido%20de%20los%20compuestos%20polifen%C3%B3licos%20del%20Residuo%20del%20Aguacate.pdf>

Tito Humpiri, J. M., Soto Ramos, P. A., & Castillo Yépes, L. E. (2019). Plantas andinas como colorantes en el teñido de la lana. *ÑAWPARISUN - Revista de Investigación Científica . Vol.2 (1)*.
http://repositorio.unaj.edu.pe/bitstream/handle/UNAJ/73/00_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torres, Freddy; Pulgar, N. (2015). Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium myrtillus* L) como colorante para la industria de alimentos. Guayaquil. *SATHIRI: Sembrador. CITT – UPEC.12 (1)*
<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/81>

Vilchez, M. Susana. (2005). *Nuevos tratamientos de lana con enzimas*. Barcelona. [Tesis doctoral. Universidad de Barcelona].
https://digital.csic.es/bitstream/10261/32604/1/Vilchez_Susana_1.pdf

ANEXOS

Matriz de consistencia

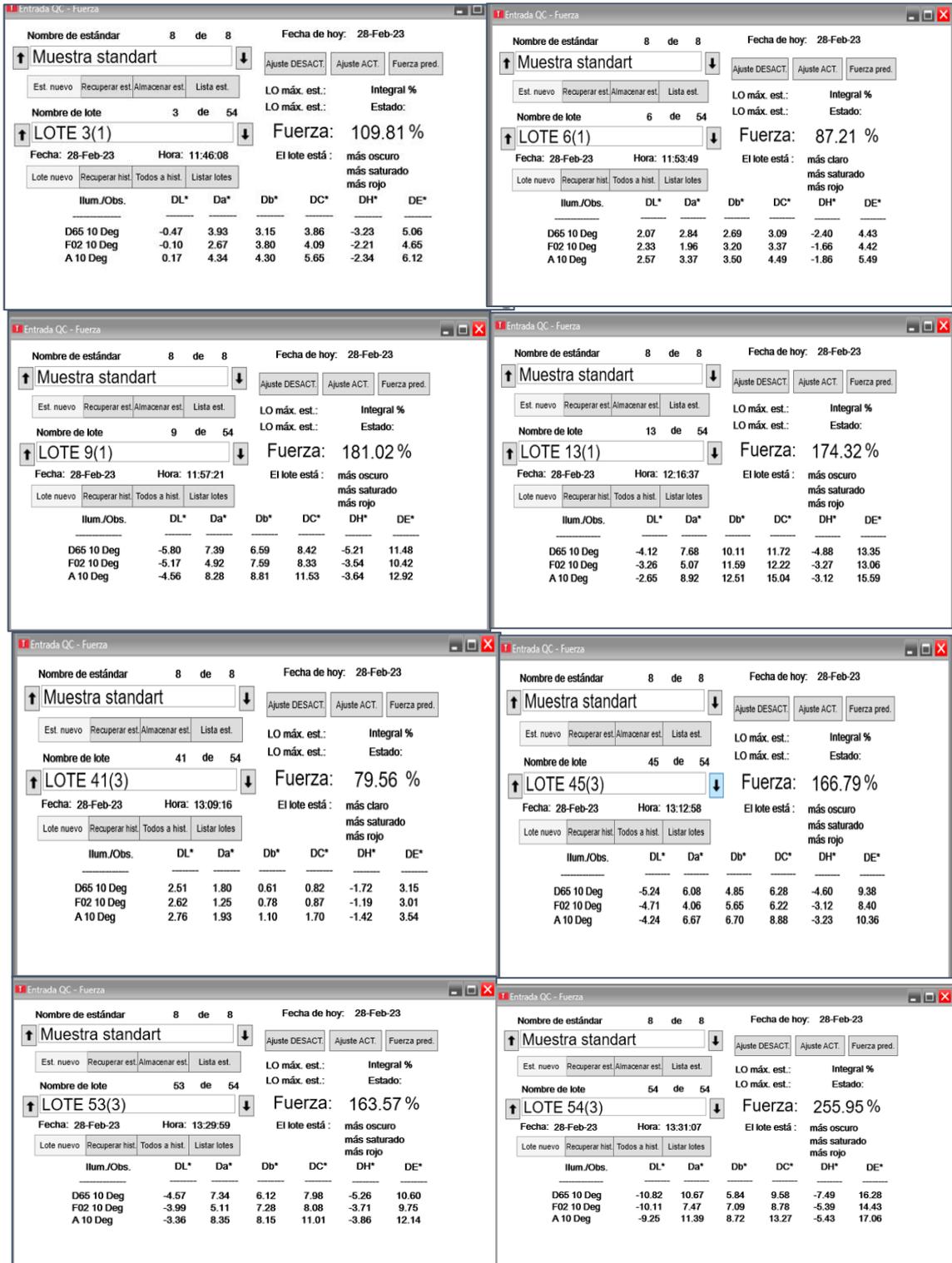
Efecto de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
General: ¿Qué efecto provoca la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?	General: Evaluar el efecto de la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas.	General: El efecto de aplicar el colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas es su teñido.	Efecto de la aplicación del colorante. (Dependiente)	Agotamiento	ΔE	Proporcional
				Intensidad de color	Fuerza	
				Solidez	Si	ordinal
					No	
Sensorial	Carta de colores	Nominal				
Específico: 1. ¿En qué medio (ácido, básico o neutro) tiene efecto la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?	Específico: 1. Identificar el medio (ácido, neutro o básico) en que tiene efecto la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas.	Específica: 1. La aplicación del colorante extraído de la semilla de palta tiñe a las fibras queratínicas en medio ácido, neutro y básico.	Variable X ₁ Medio de aplicación	pH	5	Proporcional
					7	
					10	
Específico: 2. ¿Cómo influye la temperatura en la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?	Específico: 2. Determinar la influencia de la temperatura en la aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas.	Específica: 2. A mayor temperatura de aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.	Variable X ₂ : Temperatura de teñido	Temperatura	40	Proporcional
					80	
					100	
Específico: 3. ¿Cómo influye el tiempo en la aplicación del colorante extraído de la semilla de palta sobre fibras queratínicas?	Específico: 3. Determinar la influencia del tiempo en la aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas.	Específica: 3. A mayor tiempo de aplicación del colorante extraído de semilla de palta sobre las fibras queratínicas, mayor agotamiento.	Variable X ₃ : Tiempo de teñido	tiempo	30 minutos	De razón.
					60 minutos	

Resultados de mediciones de color

Figura 17

Resultados obtenidos con el software datacolor



M. Carafel

Pruebas estadísticas

Pruebas de normalidad con respecto al pH

En la tabla 12 se muestra el resultado de aplicar la prueba Shapiro – Wilk para la diferencia de color con respecto al pH.

Tabla 20

Prueba de Normalidad para ΔE

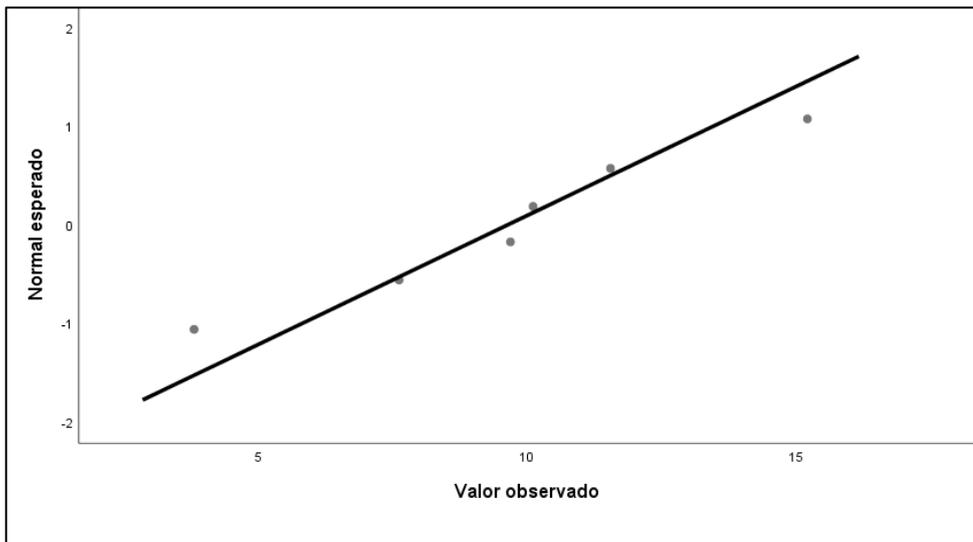
pH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Básico	0.169	6	0.200*	0.983	6	0.967
Acido	0.270	6	0.197	0.895	6	0.346
Neutro	0.212	6	0.200*	0.924	6	0.535

Nota: (a) Corrección de significación de Lilliefors

Para todos los grupos $P > 0.05$ tanto en la prueba de Kolmogorov- Smirnov como en la de Shapiro – Wilk por lo tanto se acepta la hipótesis que ΔE tiene distribución normal. Lo mismo puede corroborarse en las figuras 17, 18 y 19.

Figura 18

Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH básico.



Handwritten signatures

Figura 19

Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH ácido.

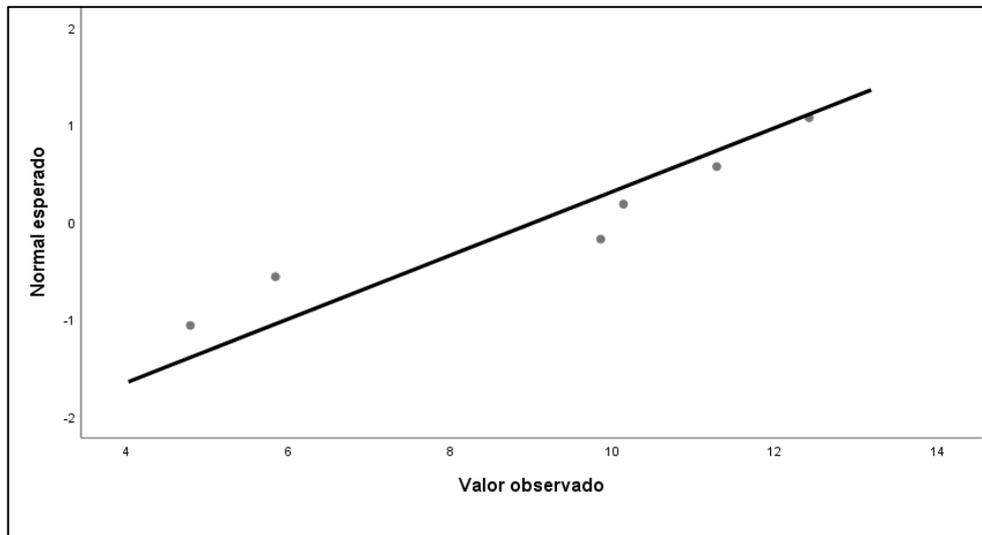
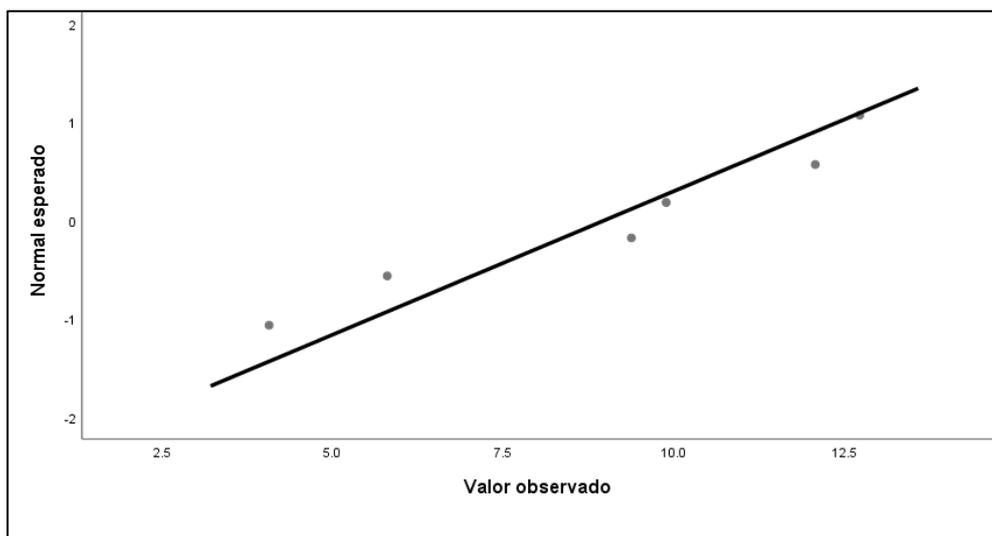


Figura 20

Gráfico Q-Q normal de ΔE para pH neutro.



Prueba de Normalidad para ΔF

En la tabla 13 se muestra el resultado de aplicar la prueba Shapiro – Wilk para la diferencia de fuerza con respecto al pH.

Tabla 21

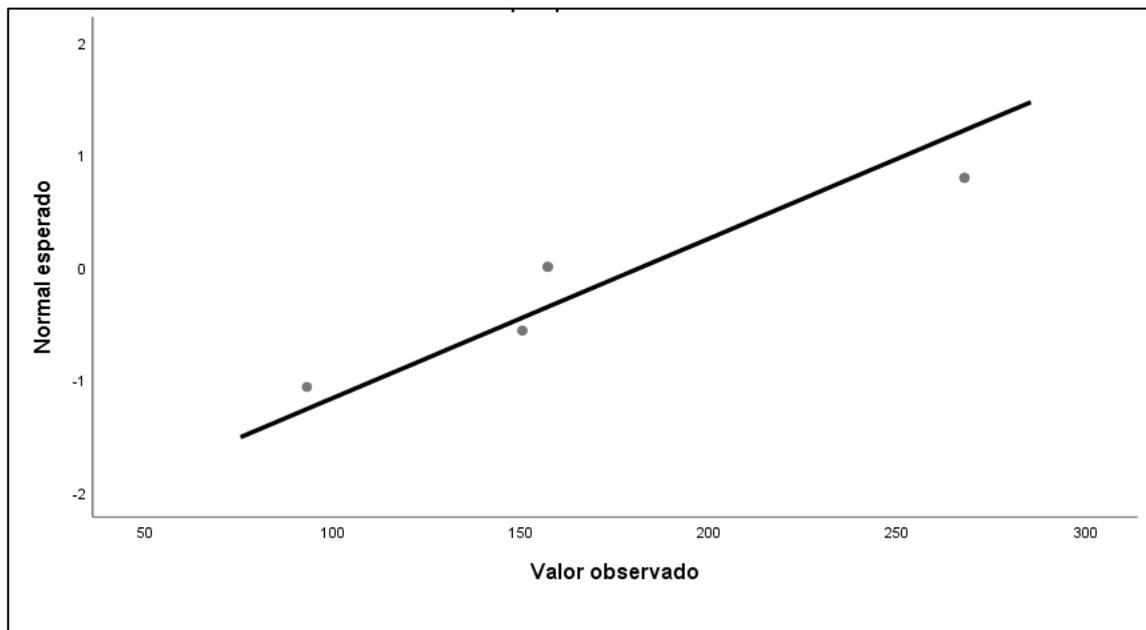
Prueba de Normalidad para ΔF con respecto al pH

pH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Básico	0.306	6	0.083	0.849	6	0.154
Acido	0.276	6	0.172	0.876	6	0.251
Neutro	0.199	6	0.200*	0.906	6	0.409

Para todos los grupos $P > 0.05$ tanto en la prueba de Kolmogorov- Smirnov como en la de Shapiro – Wilk por lo tanto se acepta la hipótesis que ΔF tiene distribución normal. Lo mismo puede corroborarse en las figuras 20, 21 y 22.

Figura 21

Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH básico.



W. A. S. F. A. C. H.
H. A. S. F. A. C. H.

Figura 22

Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH ácido.

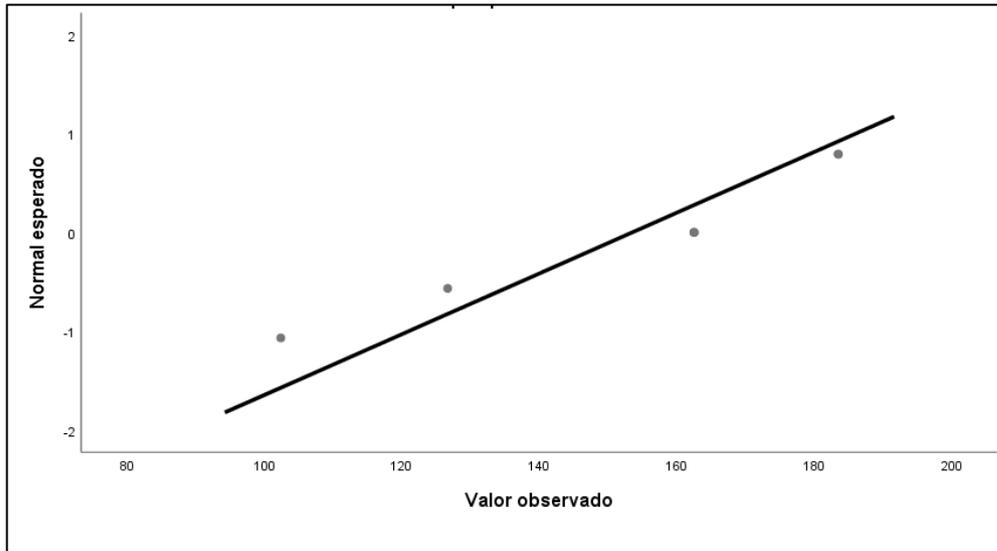
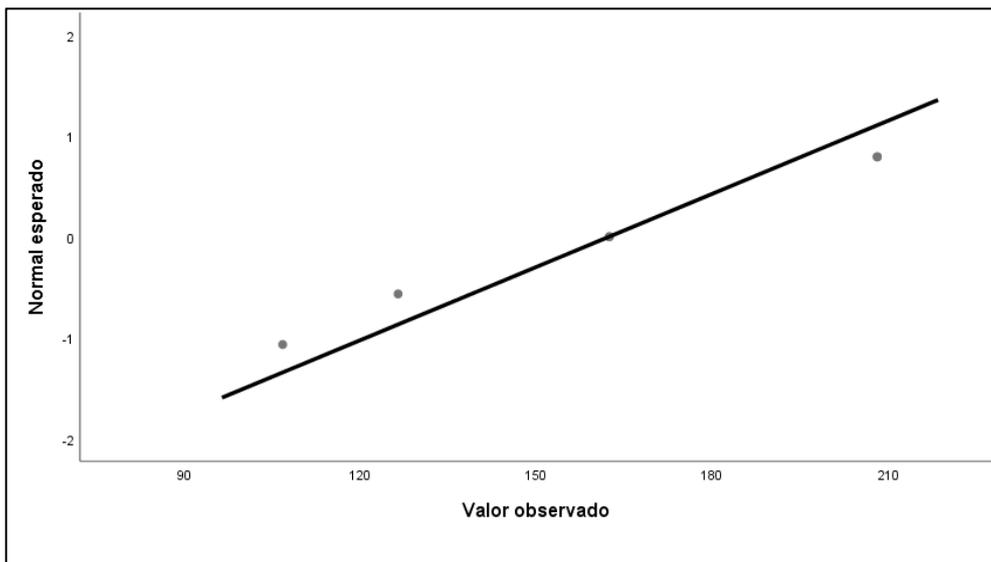


Figura 23

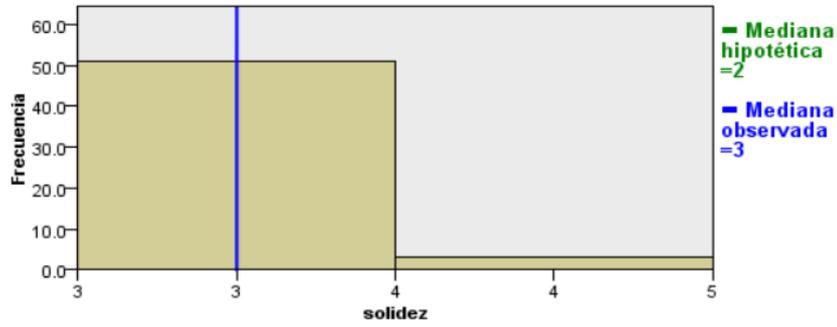
Gráfico Q-Q normal de ΔF para pH neutro



Ant. Caballero
H. P. H.

Figura 24

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra



Wolfgang
H. H.