



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE QUÍMICA

“OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE CÚRCUMA (*Cúrcuma longa linn*) PARA LA INDUSTRIA TEXTIL”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICO

AUTORES: DANIEL FERNANDO ARÉVALO GAYBOR

HENRY DAVID SANAGUANO AMAGUAYO

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Daniel Fernando Arévalo Gaybor & Henry David Sanaguano Amaguayo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, DANIEL FERNANDO ARÉVALO GAYBOR Y HENRY DAVID SANAGUANO AMAGUAYO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación, El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 abril 2021.



Daniel Fernando Arévalo Gaybor
230052943-1



Henry David Sanaguano Amaguayo
060479106-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación. “**OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE CÚRCUMA (*Cúrcuma longa linn*) PARA LA INDUSTRIA TEXTIL**”, realizado por los señores **DANIEL FERNANDO ARÉVALO GAYBOR** y **HENRY DAVID SANAGUANO AMAGUAYO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

27 de agosto 2021

Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

27 de agosto 2021

Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

27 de agosto 2021

DEDICATORIA

A Dios por proporcionarnos fortaleza, sabiduría y dedicación para lograr superar cualquier tipo de inconvenientes y circunstancias a lo largo de nuestra vida académica. A nuestros padres por apoyarnos, servirnos de guía y ser el apoyo incondicional que tanto necesitamos para poder cumplir con todas nuestras metas planteadas. A nuestros abuelos por la confianza y apoyo que nos han brindado a lo largo de nuestra vida académica han sido uno de los pilares fundamentales para poder llegado hasta donde estamos.

Daniel & Henry

AGRADECIMIENTOS

A nuestro padre, Dios, ya que sin el nada de esto fuera posible de materializar, por darnos el aliento necesario en los momentos más difíciles en los cuales pensábamos desistir de nuestra carrera y por mantenernos con salud en estos tiempos difíciles que atraviesa el mundo y la sociedad.

A nuestros padres por su apoyo incondicional ya que han sido nuestra mayor motivación para alcanzar nuestro objetivo además por forjarnos principios y valores que regirán durante nuestra vida y de ser motivo de superación.

A todos nuestros amigos y amigas gracias por las experiencias vividas a lo largo de nuestra formación académica y personal. A los docentes de laboratorio que nos brindaron su ayuda y conocimiento para el desarrollo nuestra investigación en particular a la Dra. Patricia Layedra, Ing. Erika Cazorla, Dr. Mauricio Álvarez y el Dr. Benjamín Román.

Un agradecimiento especial a nuestra tutora Ing. Linda Flores MSc por la dedicación, paciencia y orientación durante la presente investigación ya que a través de sus conocimientos y experiencia logramos alcanzar nuestro objetivo y la culminación del trabajo de titulación.

Daniel & Henry

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	8
1.1. <i>Cúrcuma longa</i> linn.....	8
1.1.1. <i>Descripción General</i>.....	8
1.1.2. <i>Descripción botánica</i>.....	8
1.1.3. <i>Rizomas</i>.....	9
1.1.4. <i>Hábitat</i>.....	9
1.1.5. <i>Zonas de Producción Nacional de la cúrcuma</i>.....	10
1.1.6. <i>Taxonomía de la Cúrcuma</i>.....	11
1.1.7. <i>Composición Química de la cúrcuma</i>.....	11
1.1.8. <i>Componentes activos de Cúrcuma longa</i>.....	11
1.1.8.1. <i>Curcumina</i>.....	12
1.2. <i>Colorantes</i>.....	14
1.2.1. <i>Colorantes</i>.....	14
1.2.2. <i>Pigmentos</i>.....	14
1.2.3. <i>Grupos Cromóforos</i>.....	15
1.2.3.1. <i>Cromóforo</i>.....	15
1.2.3.2. <i>Auxocromos</i>.....	16
1.2.4. <i>Clasificación de los colorantes</i>.....	16
1.2.4.1. <i>Colorantes naturales</i>.....	16
1.2.4.2. <i>Colorantes sintéticos</i>.....	20
1.2.5. <i>Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos</i>.....	22
1.3. <i>Fibras textiles</i>.....	23
1.3.1. <i>Tipos de fibras textiles</i>.....	23

1.3.1.1.	<i>Algodón</i>	23
1.3.1.2.	<i>Seda</i>	25
1.4.	Método de extracción	27
1.4.1.	Método de extracción Soxhlet	27
1.4.1.1.	<i>Ventajas de la extracción soxhlet</i>	28
1.4.1.2.	<i>Factores que afectan la velocidad de extracción</i>	28
1.4.1.3.	<i>Funcionamiento</i>	28
1.4.2.	Solventes	28
1.4.2.1.	<i>Solventes utilizados para la extracción</i>	29
1.5.	Proceso de tintura	29
1.5.1.	Teñido	29
1.5.2.	Métodos de coloración de las fibras textiles	30
1.5.3.	Teñido por agotamiento	30
1.5.4.	Tiempo de tintura	31
1.5.5.	Mordientes	31
1.5.5.1.	<i>Técnica de Mordentado</i>	32
1.5.5.2.	<i>Tipos de Mordientes químicos</i>	32
1.6.	Pruebas de Calidad	33
1.6.1.	Solidez al lavado	33
1.6.2.	Solidez al frote	34
1.6.3.	Solidez a la luz	34
1.7.	Métodos para caracterización de los colorantes	34
1.7.1.	Espectrofotometría Ultravioleta-Visible	34
1.7.2.	Espectrofotometría Infrarrojo IR	35
1.7.3.	Colorimetría	36
1.7.3.1.	<i>Generalidades</i>	36
1.7.3.2.	<i>Color</i>	36
1.7.3.3.	<i>Espacio CIELAB</i>	36

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	39
2.1.	Hipótesis	39
2.1.1.	General	39
2.1.2.	Específicos	39
2.2.	Identificación de Variables	39
2.2.1.	Variable dependiente	39

2.2.2.	<i>Variable Independiente</i>	39
2.3.	Lugar de Estudio	39
2.4.	Tipo y diseño de Investigación	40
2.5.	Diseño experimental	40
2.6.	Método Estadístico	41
2.7.	Origen de la materia prima	41
2.8.	Selección de la muestra	41
2.9.	Tamaño de la Muestra	41
2.10.	Unidad de Análisis	41
2.11.	Proceso de Obtención del Colorante Natural de Cúrcuma	42
2.12.	Materiales, equipos y reactivos	43
2.12.1.	<i>Materiales utilizados en la investigación</i>	43
2.12.2.	<i>Reactivos</i>	43
2.12.3.	<i>Equipos</i>	44
2.13.	Técnicas	44
2.13.1.	<i>Análisis fisicoquímicos cualitativos</i>	44
2.13.1.1.	<i>Ensayo de Liebermann-Burchard</i>	44
2.13.1.2.	<i>Ensayo de resinas</i>	45
2.13.1.3.	<i>Ensayo del cloruro férrico</i>	45
2.13.1.4.	<i>Ensayo de mucílagos</i>	45
2.13.2.	<i>Método de extracción soxhlet</i>	45
2.13.3.	Concentración del colorante natural de cúrcuma	46
2.13.4.	Análisis físicos químicos	47
2.13.4.1.	<i>Parámetros organolépticos</i>	47
2.13.4.2.	<i>Medición de pH</i>	47
2.13.4.3.	<i>Medición de la densidad</i>	48
2.13.4.4.	<i>Análisis de solubilidad</i>	48
2.13.4.5.	<i>Medición de los Grados Brix e Índice Refracción</i>	49
2.13.4.6.	<i>Medición del espectrofotómetro UV-Visible</i>	49
2.13.4.7.	<i>Medición del espectrofotómetro infrarrojo (IR)</i>	50
2.13.4.8.	<i>Medición del Color Espectrofotometría</i>	50
2.13.5.	Aplicación del colorante natural obtenido en algodón y seda	51
2.13.5.1.	<i>Preparación del material textil</i>	51
2.13.5.2.	<i>Premordentando</i>	51
2.13.5.3.	<i>Teñido</i>	52

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1.	Tamizaje fitoquímico del colorante natural de cúrcuma (<i>longa linn</i>)	55
3.2.	Resultados del rendimiento del colorante (rotavapor)	56
3.2.1.	<i>Análisis estadístico para los tratamientos</i>	57
3.2.1.1.	<i>Hipótesis estadística para evaluarse en el ANOVA</i>	57
3.2.1.2.	<i>Resultados del análisis de Varianza</i>	58
3.2.1.3.	<i>Análisis de Gráficos</i>	59
3.2.1.4.	<i>Método Tukey</i>	62
3.3.	Resultado de los parámetros fisicoquímico del colorante natural	64
3.3.1.	<i>Resultados de las Características organolépticas</i>	64
3.3.2.	<i>Resultados de pH, ρ, °Bx, nD</i>	65
3.3.3.	<i>Resultados de solubilidad del Colorante de Cúrcuma</i>	66
3.3.4.	<i>Resultados del análisis de Espectrometría IR</i>	67
3.3.5.	<i>Resultados del análisis de Espectrofotometría UV-Visible</i>	68
3.3.6.	<i>Resultados de Colorimetría</i>	69
3.4.	Resultados del teñido en algodón y seda	71
3.4.1.	<i>Resultado del blanqueamiento del algodón y seda</i>	71
3.4.2.	<i>Resultado de teñido</i>	71
3.4.3.	<i>Resultados de pruebas de calidad del teñido</i>	72
3.4.3.1.	<i>Solidez al lavado</i>	72
3.4.3.2.	<i>Solidez a la luz solar</i>	73
3.4.3.3.	<i>Solidez al frote</i>	74
3.5.	Resultados de las aguas residuales por absorción atómica	75
	CONCLUSIONES	76
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Zonas de producción nacional de la cúrcuma.....	10
Tabla 2-1:	Clasificación Taxonómica de <i>Cúrcuma longa</i> linn.....	11
Tabla 3-1:	Grupos Cromóforos	15
Tabla 4-1:	Grupos Auxocromos	16
Tabla 5-1:	Clasificación de Colorantes Naturales	17
Tabla 6-1:	Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos.....	22
Tabla 7-1:	Composición química del algodón.....	24
Tabla 8-1:	Clasificación de los solventes	29
Tabla 9-1:	Escala cualitativa de valoración del teñido de la fibra textil después del lavado ..	34
Tabla 10-1:	Referencia de la longitud de onda a partir de un análisis espectrofotómetro UV-Visible	35
Tabla 11-1:	Longitud de onda para distintos rangos en el infrarrojo	35
Tabla 1-2:	Diseño experimental A×B.....	40
Tabla 2.2:	Escala cualitativa de la valoración del teñido de la fibra textil al lavado y luz solar	52
Tabla 3-2:	Evaluación de prueba al frote.....	54
Tabla 4-2:	Parámetros de evaluación de calidad mediante el frote	54
Tabla 1-3:	Tamizaje fitoquímico del extracto etanólico de la raíz de cúrcuma (<i>longa</i> linn) ..	55
Tabla 2-3:	Resultados del rendimiento del colorante natural.....	56
Tabla 3-3:	ANOVA con los factores (concentración del extracto, tiempo de extracción y la interacción de ambos).....	58
Tabla 4-3:	Prueba de Tukey al 5% para el factor A: concentración del extracto (%m/v)	63
Tabla 5-3:	Prueba de Tukey al 5% para el factor B: tiempo de extracción (min)	63
Tabla 6-3:	Resultados de las características organolépticas del colorante de Cúrcuma	64
Tabla 7-3:	Resultados de pH, ρ , °Bx y nD del colorante natural	65
Tabla 8-3:	Determinación de la coloración CIE L*a*b*	70
Tabla 9-3:	Resultado del blanqueamiento y lavado de las fibras textiles algodón y seda	71
Tabla 10-3:	Resultados de solidez al frote del algodón y seda en húmedo y seco	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Morfología de la planta de Cúrcuma	9
Figura 2-1:	Rizomas de cúrcuma que forman la estructura “mano”	9
Figura 3-1:	Cultivo de cúrcuma provincia de Sto. Dgo.	10
Figura 4-1:	Estructura de los Curcuminoides	12
Figura 5-1:	Las dos tautómeros ceto y enol presentes en la curcumina	12
Figura 6-1:	Estructura de la curcumina	13
Figura 7-1:	Ejemplo de estructura molecular carotenoide: α caroteno	18
Figura 8-1:	Estructura básica de las Antocianinas.....	18
Figura 9-1:	Estructura general de las Betalaínas	19
Figura 10-1:	Estructura del Ácido carmínico	19
Figura 11-1:	Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético azoico: Amaranto “E123”	20
Figura 12-1:	Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético: Antraquinona “Alizarina”	21
Figura 13-1:	Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético Índigo: "Tetrabromado"	21
Figura 14-1:	Estructura química de la celulosa	24
Figura 15-1:	Componentes principales presentes en la seda	26
Figura 16-1:	Equipo Soxhlet	27
Figura 17-1:	Curva para el teñido de fibras.....	31
Figura 18-1:	Representación de las coordenadas del espacio de color CIELAB	37
Figura 19-1:	Coordenadas rectangulares y cilíndricas del espacio de color CIELAB	38
Figura 1-2:	Mapa de ubicación de la ESPOCH.....	40
Figura 1-3:	Colorante Natural de Cúrcuma	64
Figura 2-3:	Solubilidad del colorante de cúrcuma.....	66
Figura 3-3:	Espectro IR del colorante de cúrcuma	67
Figura 4-3:	Espectro UV-Visible de la curcumina en etanol al 96%	68
Figura 5-3:	Curva de la espectrofotometría del colorante de Cúrcuma en medidor PCE-CSM- 20.....	69
Figura 6-3:	Análisis del color espacio RGB.....	69
Figura 7-3:	Teñido del algodón y seda con el colorante de cúrcuma.....	71
Figura 8-3:	Solidez al lavado de la tela del algodón.....	72
Figura 9-3:	Solidez al lavado de la tela del algodón.....	73
Figura 10-3:	Antes y después de la evaluación de la luz solar del algodón y seda	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Gráfico de supuestos: a) Probabilidad Normal b) Residuos vs ajuste c) Probabilidad normal de ajuste d) residuos vs orden59
Gráfico 2-3:	Diagrama de Pareto para los efectos principales del colorante de cúrcuma..60
Gráfico 3-3:	Efectos principales para la media del resultado del colorante de Cúrcuma ..61
Gráfico 3-3:	Interacción de Concentración vs Tiempo de extracción62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Determinación del rendimiento	46
Ecuación 2-2:	Determinación de la densidad	48
Ecuación 3-2:	Cálculo de la cromaticidad	51
Ecuación 4-2:	Cálculo del Tono	51
Ecuación 5-2:	Gramos de colorante	52

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PREPARACIÓN DE LA MUESTRA
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO EQUIPO SOXHLET
- ANEXO C:** TAMIZAJE FITOQUÍMICO
- ANEXO D:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS
- ANEXO E:** MORDENTADO DE LA FIBRA TEXTIL DE ALGODÓN Y SEDA
- ANEXO F:** PROCESO DE TINTURADO EN SEDA Y ALGODÓN CON EL COLORANTE NATURAL
- ANEXO G:** PROCESO DE TINTURADO EN SEDA Y ALGODÓN CON EL COLORANTE SINTÉTICO
- ANEXO H:** PRUEBAS DE CALIDAD
- ANEXO I:** RESULTADO FINAL DEL TINTURADO DE LA FIBRA DE ALGODÓN Y SEDA
- ANEXO J:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUALES
- ANEXO K:** RESULTADOS DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

UV	Ultravioleta
IR	Infrarrojo
nm	Nanómetros
ppm	Partes por millón
RGB	Sistema de colores primarios rojo, verde y azul
nD	Índice de refracción
°Bx	Grados Brix
CIE	Comisión Internacional de Iluminantes
CIELAB	Espacio del color L^* , a^* y b^*
h°	Tono
C	Cromaticidad
ρ	Densidad
ρ_c	Densidad del colorante
%	Porcentaje
g	Gramos
pH	Potencial de Hidrógeno
AATCC	Asociación Americana de químicos de textil y coloristas
°C	Grados centígrados
%m/v	Porcentaje masa/volumen

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo la extracción del colorante natural a partir de la Cúrcuma (*longa linn*) para uso en la industria textil como alternativa ecológica al uso del colorante sintético. La extracción del colorante natural se llevó a cabo mediante la técnica de extracción sólido-líquido con el equipo soxhlet. Los factores evaluados fueron la concentración del extracto 12.5, 8.33, y 6.25 (%m/v) y tiempo de extracción 60, 90, y 120 (min). Posterior a ello se realizó la concentración en un Rotavapor a 35 grados Celsius, por un tiempo aproximado de 20 min para obtener colorantes naturales concentrados. Después de evaluar todos los tratamientos, se seleccionó el mejor tratamiento, para la caracterización y tinturado en algodón y seda. El análisis estadístico determinó que las condiciones óptimas para la extracción del colorante de mejor rendimiento es utilizar la concentración de 6,25 (%m/v) con el tiempo de 120 min. A partir del análisis fisicoquímico se obtuvieron los siguientes resultados: rendimiento promedio 14,79%, pH 6.38, densidad 0,91, Grados Brix 60.6, e índice de refracción 1,44318. El colorante presentó solubilidad en solventes orgánicos e insolubilidad en aceite. Mediante análisis de espectrofotometría IR reveló grupos funcionales –OH pertenecientes a los compuestos fenólicos de curcumina y por UV-Vis indicó máximo de absorción para curcumina hacia los 423 nm. El análisis colorimétrico indicó que el color del pigmento está entre la tonalidad amarillo naranja. Después del tinturado las muestras textiles fueron sometidas a pruebas de calidad textil (solidez del color al lavado, luz solar y frote) donde ambas muestras mostraron resultados satisfactorios. Las aguas residuales formadas en el proceso de tinturado evidenciaron que las aguas residuales por colorantes naturales generan menor contaminación que los sintéticos. Finalmente se recomienda incentivar a las empresas a la utilización de productos ecológicos a escala industrial sobre todo la industria textil.

Palabras claves: <CÚRCUMA *longa linn*>; <COLORANTE NATURAL>; <MORDIENTE>; <EXTRACCIÓN SOXHLET>; <CURCUMINA>; <PRUEBAS DE CALIDAD TEXTIL>; <AGUA RESIDUAL >.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.09 15:35:01 -05'00'



1772-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

This research aims to extract the natural dye from Turmeric (*longa linn*) for use in the textile industry as an ecological alternative to the use of synthetic dye. The extraction of the natural dye was carried out using the solid-liquid extraction technique with the soxhlet equipment. The factors evaluated were extract concentration 12.5, 8.33, and 6.25 (%m/v) and extraction time 60, 90, and 120 (min). After that, the concentration was carried out in a Rotavapor at 35 degrees Celsius, for an approximate time of 20min to obtain concentrated natural dyes. After evaluating all treatments, the best treatment was selected, for characterization and dyeing in cotton and silk. The statistical analysis determined that the optimal conditions for the extraction of the best performing dye is to use the concentration of 6.25 (%m/v) with the time of 120min. From the physicochemical analysis, the following results were obtained: average yield 14.79%, pH 6.38, density 0.91, Brix Degrees 60.6, and refractive index 1.44318. The dye presented solubility in organic solvents and insolubility in oil. By IR spectrophotometry analysis revealed functional groups -OH belonging to the phenolic compounds of curcumin and by UV-Vis indicated maximum absorption for curcumin towards 423nm. Colorimetric analysis indicated that the color of the pigment is between the orange yellow hue. After dyeing the textile samples were subjected to textile quality tests (color fastness to washing, sunlight and rubbing) where both samples showed satisfactory results. The wastewater formed in the dyeing process showed that wastewater from natural dyes generates less pollution than synthetic ones. Finally, it is recommended to encourage companies to use organic products on an industrial scale, especially the textile industry.

Keywords: <TURMERIC *longa linn*>; <NATURAL COLORING>; <MORDANT>; <SOXHLET EXTRACTION>; <CURCUMIN>; <TEXTILE QUALITY TESTING>; <WASTEWATER>.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

En la actualidad, la industria textil es catalogada entre las diez principales industrias generadoras de contaminantes líquidos y desechos peligrosos (Guerrero, 2011, p.7). Las aguas residuales producidas por la industria se caracterizan por sus contenidos en sólidos suspendidos, sales disueltas y materia orgánica en la que a menudo una parte corresponde a colorantes (Arango, 2009, p.3). Alrededor del mundo varias empresas y en especial la industria textil, liberan grandes cantidades de aguas contaminantes con elevadas concentraciones de colorantes a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento o con tratamientos inadecuados, provocando alteraciones en las propiedades físicas de la naturaleza y serios perjuicios ambientales (Arango, 2009, p.3). Los colorantes en especial los de origen sintético que se encuentran presentes en los efluentes textiles, presentan estructuras complejas y variadas, altamente resistentes a la acción de agentes químicos y poco biodegradables, por lo que, el tratamiento de sus residuos líquidos son difíciles de tratar (Tinoco; et al, 2011, p.4). Existen diversos tratamientos fisicoquímicos y biológicos desarrollados para la eliminación de los colorantes de las aguas residuales, sin embargo, en muchos de estos procesos se generan compuestos secundarios que resultan ser más tóxicos que los colorantes mismos, mientras que otros procesos pueden ser demasiado costosos o inadecuados (Arango, 2009, p.3). Por este motivo surge la necesidad de buscar alternativas ecológicas que ayuden a mitigar el impacto que provocan este tipo de colorantes y los colorantes naturales se presentan como una solución ecológica biodegradable para enfrentar el problema de contaminación (Mellizo, 2018, p.11). La cúrcuma es una planta que ha sido utilizada desde la antigüedad como colorante natural lo que lo hace una potencial alternativa para reemplazar al colorante sintético con su utilización.

JUSTIFICACIÓN

Desde la aparición de los colorantes sintéticos en la industria, los colorantes naturales han sido relegados, puesto que los sintetizados presentan mayor estabilidad, amplia gama de colores y menor costo (Rolón, 2018, p.11). Sin embargo, hoy en día se sabe que los colorantes sintéticos tienden a ser nocivos y generan efectos colaterales al medio ambiente (Rosales, 2012, p.19). Por tanto, diversas empresas se han enfocado en la búsqueda de alternativas ecológicas a estos colorantes siendo los de origen natural una alternativa de sustitución de una amplia gama de productos (Velázquez, 2016, p.89).

Desde el punto de vista ambiental, surge la necesidad de obtener colorantes que sean proveniente de la naturaleza, ya que una de las principales virtudes de los colorantes de origen natural es ser una fuente sostenible respecto a su contraparte sintética pues son un recurso renovable.

Nuestra geografía nacional nos da la posibilidad de contar con una gran biodiversidad en flora y fauna, esta amplia gama de especies naturales que se desarrollan de manera natural a lo largo y ancho del territorio ecuatoriano, permite la existencia de una gran cantidad de especies vegetales con diferentes propiedades, las cuales se aprovechan en los distintos campos de las industrias.

Por este motivo, este estudio se enfoca en la obtención del colorante natural a partir de los rizomas de cúrcuma utilizando el método convencional de extracción soxhlet. Obteniendo un producto innovador con valor agregado. También, con la utilización del colorante natural de cúrcuma en ámbito textil, se está incentivando a las industrias a optar por productos ecológicos que no generan daños en la naturaleza y ofrecen las mismas características de tinturado que los colorantes sintéticos. Además que los colorantes vegetales en los procesos de tinturado son menos contaminantes a las aguas residuales (Esparza, 2016, p.2).

ANTECEDENTES

Castillo y Ramírez en el (2006), realizaron un ensayo preliminar para la extracción de colorantes naturales a partir de la uva (*Vitis vinifera*), fresa (*Fragaria vesca*) y mora (*Morus nigra*) en la Universidad de El Salvador. Este estudio consistió en la extracción de compuestos flavonoides que son los responsables de darle color a muchas flores y frutos, mediante los métodos de extracción soxhlet y maceración empleando diferentes solventes, los colorantes obtenidos fueron caracterizados mediante pruebas de identificación colorimétricas y microbiológicas. Los resultados evidenciaron la presencia del tipo flavonoide presente en los extractos y los resultados microbiológicos evidenciaron la presencia de hongos y levaduras. Finalmente se concluyó que el mejor método de extracción y solvente a utilizar en estos tipos de colorantes es el soxhlet empleando solventes tales como Alcohol etílico y Alcohol etílico acidificado, puesto que se observaba un mejor rendimiento de extracción del colorante y mejor estabilidad. Una vez finalizada el proceso se procedió a verificar el poder de tintóreo de los colorantes en la elaboración de pan casero observándose que el extracto de mora presentaba mayor poder de tintóreo frente a las otras.

Ramírez; et al, (2006), Llevaron a cabo la obtención de un colorante natural alimentario de la mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*) mediante una extracción en frío en presencia de un solvente metanólico obteniendo un extracto metanólico de antocianinas, posteriormente se caracterizó el extracto resultante por medio de técnicas analíticas (cromatografía de capa delgada cuantificación y espectrofotométrica), además de ello, se realizaron pruebas de estabilidad y toxicidad en diferentes condiciones ambientales. Finalmente, el colorante se aplicó a dos marcas de derivados lácteos comerciales (leche y kumis) junto con un colorante sintético para comprobar la efectividad y determinar su rentabilidad. El colorante obtenido resultó ser efectivo, relativamente estable y garantizó la inocuidad de estos.

Saldarriaga en el año (2005), presentó una investigación con el tema “Proceso para obtener un colorante a partir de la semilla de aguacate”, con el objetivo de diseñar un proceso para la extracción del pigmento que se halla en la pepa de aguacate determinando que el solvente más adecuado es una solución diluida de Hidróxido de sodio, En la fase de extracción obtuvieron extracto de solución de color café oscuro el cual fue filtrado, concentrado y secado a temperatura de 40°C durante 24 h consiguiendo un colorante en polvo que es soluble en agua y parcialmente soluble en alcohol etílico. Los parámetros del proceso se definieron utilizando un diseño de experimentos de superficies de respuesta utilizando variables de tiempo de extracción 2 h, con agitación de 150 rpm a una temperatura de 75°C con una solución acuosa de NAOH al 0.5% y con una relación de sólido a solvente de 0.05. Por otro lado, el colorante fue caracterizado mediante técnicas como cromatografía en capa fina y columna y espectro UV-Vis. Finalmente el colorante obtenido fue aplicado para teñir fibras textiles de poliamida y de algodón.

Galarza en el año (2013), realizó una investigación para obtener un colorante natural a partir de las flores de ataco (*Amaranthus sp.*) utilizando dos solventes agua y metanol para la extracción. El colorante obtenido fue de color rojo-violeta, por lo se caracterizó mediante pruebas químicas (Solución en caliente de HCl, adición de alcalí NaOH y reacción con acetato de plomo) y espectroscopia, para asegurar la estabilidad del colorante se acidificó el agua y el metanol usando HCl 0,01 N o NaOH 0,01 N, para mantener el pH a 5.6, debido a que el pigmento presenta mayor estabilidad dentro de este rango, además, de ello se varió los factores temperatura y la cantidad de luz a la que el producto se expondría durante el almacenamiento. Los resultados indicaron que los factores pH, Temperatura y Luz tienen influencia sobre el porcentaje del pigmento. Asimismo se demostró mediante las tres pruebas químicas que el colorante obtenido es una betalaína. Finalmente se concluyó que el mejor solvente para la extracción del colorante es el agua.

Moldovan; et al, (2016), Llevaron a cabo una investigación sobre el proceso de tintura en tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis*, *Synechococcus sp*, *Ulva sp.*” Por tal motivo el objetivo principal de esta investigación es la aplicabilidad de los colorantes obtenidos por estas macro y microalgas para que puedan ser utilizadas en los procesos de tinturación textil, con el propósito de que dichos colorantes puedan sustituir a los colorantes sintéticos y que en un futuro se logren sustituir a los colorantes sintéticos para una moda sostenible y amigable con el medio ambiente. Posteriormente estos colorantes fueron aplicados sobre tejidos de algodón que fue pasado por un proceso de tintura por agotamiento. Los tejidos tinturados con colorantes a partir de algas demostraron resultados satisfactorios en comparación con otros colorantes naturales que son utilizados en la actualidad por la industria, que provienen de otras fuentes, además se obtuvieron resultados favorables en pruebas de calidad textil como solides al lavado y al frote mostrando buen comportamiento.

Cano (2011), en su trabajo de investigación titulado “Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (*solanum betaceum cav.*), mortiño (*vaccinium mytillus l.*) y mora de castilla (*Rubus glaucus*) como alternativa colorante natural para alimentos” debido a los efectos que producen para la salud los colorantes artificiales y en el medio ambiente se opta por encontrar nuevas alternativas para la extracción de colorantes naturales, para disminuir el riesgo a la salud. Para ello se ha utilizado estos frutos, en los cuales han sido sometidos a un proceso de extracción de pigmentos, ya que ambos poseen antocianinas, los cuales son de gran interés para la industria alimentaria, en este proceso se utilizó una solución de etanol al 90% con una concentración de ácido cítrico de 0,003% a una temperatura de 60°C. Los resultados obtenidos en esta investigación indican que la coloración en alimentos obtenida a partir del pigmento a base de tomate de árbol es la que más se aproxima a la del estándar y en relación a cambios de color durante el tiempo en el cual es almacenado fue la más estable.

Salinas (2018), en su trabajo de investigación “Teñido de textiles de algodón con tinte vegetal de cúrcuma” el presente estudio data con respecto a que los colorantes ya han sido utilizados con anterioridad y de los cuales se obtuvieron resultados exitosos; pero en la actualidad con el desarrollo tecnológico e industrial se ha optado por la utilización de colorantes de origen sintéticos y técnicas sistematizadas, y estos al utilizarse a nivel industrial son más contaminantes y dañinos que los procesos que se utilizaban con anterioridad. Para ello, se plantea una alternativa que disminuya el impacto que estos procesos generan al ecosistema, se plantea la introducción del teñido natural para empezar con procesos semi industriales, que generen sostenibilidad al momento de utilizar colorantes de origen natural. Para ello se consideraron los diferentes parámetros como, por ejemplo: recursos utilizados en el proceso, variabilidad en función del tiempo, temperatura y la cantidad de agua utilizada en el proceso. Con base a estos parámetros se realizaron diferentes procedimientos para pasar a las respectivas experimentaciones en el cual se evaluaron las respectivas pruebas de colorantes con respecto a la solidez al lavado y a la luz según las normas AATCC.

Cortázar, (2014), menciona en su investigación titulada “Contaminación generada por colorantes de la industria textil” que más de 10000 tipos de pigmentos y colorantes sintéticos son utilizadas por diferentes industrias como la textil, papelera, cosmética y farmacéutica. Estas industrias liberan grandes cantidades de aguas contaminadas por colorantes hacia el medio ambiente especialmente la industria textil. El agua residual de la industria textil se caracteriza por tener fluctuaciones extremas en los parámetros como pH, color, salinidad, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La composición del agua residual de la industria dependerá mucho de las sustancias químicas que se utilicen durante el proceso de teñido. Dichas aguas contienen una gran variedad de contaminantes como sales (NaCl y Na_2SO_4), agentes surfactantes, metales pesados, compuestos orgánicos (provenientes del lavado y limpieza de máquinas) entre otros. Estos compuestos contaminantes presentan estructuras químicas complejas lo que resultan ser resistentes a la exposición solar o el ataque químico, además en la mayoría de los casos, se ha demostrado que también son resistentes a la degradación microbiana por lo que requieren tratamiento de aguas muy complejas. Las aguas residuales producidas por la industria textil han generado diversas enfermedades como alergias a la piel, cáncer entre otras enfermedades asimismo se ha demostrado que las aguas contaminadas por colorantes pueden reducir el crecimiento de las semillas y el temprano desarrollo de algunos vegetales. En los efluentes textiles se pueden encontrar metales como: cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), plata (Ag), mercurio (Hg), níquel (Ni), titanio (Ti), zinc (Zn), estaño (Sn) y plomo (Pb), que son generados durante el proceso de teñido. Los metales pesados en general presentan una baja solubilidad en agua, por lo que la concentración de metales en el agua depende de varios parámetros como el potencial REDOX, pH, contenido de materia orgánica y cantidad de metal presente. Para los colorantes que tienen metales en su estructura, el

contenido metálico es fundamental para su rendimiento como colorante textil. Debido a la contaminación que generan las aguas de la industria textil, la eliminación de los colorantes de los efluentes representa un reto tecnológico en los métodos de tratamiento de aguas residuales.

OBJETIVOS

General

- Obtener un colorante natural a partir de cúrcuma (*longa linn*) para uso en la industria textil.

Específicos

- Determinar experimentalmente el mejor tratamiento para extraer el colorante a partir de la cúrcuma (*longa linn*) utilizando el método soxhlet y el etanol como solvente.
- Ejecutar la caracterización físico-química y colorimétrica del colorante obtenido y su efectividad en el tinturado de algodón y seda.
- Evaluar la eficacia del teñido de las telas de algodón y seda con el colorante de cúrcuma mediante pruebas de solidez al lavado, luz solar y solidez al frote.
- Comparar el nivel de contaminación de las aguas residuales generados en el proceso de tinturado utilizando el colorante natural obtenido y un colorante sintético.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. *Cúrcuma longa linn*

1.1.1. *Descripción General*

La cúrcuma (*Cúrcuma longa linn*), también conocida popularmente como jengibre, yuquilla amarilla o simplemente como cúrcuma es una planta originaria del sudoeste asiático (Aztatzi; et al, 2020, p.2). Aunque hoy en día ha sido cultivada en climas tropicales con el propósito de obtener los rizomas y a partir de estos el polvo por sus múltiples usos y beneficios (Andrés, 2018, p.4).

En el ámbito alimenticio es ampliamente utilizada como, conservante, colorante y aditivo alimenticio (especia) para dar aroma y sabor a las comidas es uno de los principales ingredientes para la mezcla conocida como curry (Freire; et al, 2015, p.10). Pero su uso ha sido el de colorante textil, puesto que se empleó para teñir algodón, lana, seda, papel, barniz, ceras etc (López, 2017, p.17).

En el último siglo investigaciones realizadas han demostrado el potencial de *Cúrcuma longa linn* contra diversas enfermedades como el cáncer, diabetes, artritis, enfermedad de Alzheimer, entre otras. Además, la curcumina presenta propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Correa, 2015, p.14).

López (2017), menciona que en la actualidad la OMS y la FAO la tienen en el listado de tinturas naturales y la FDA la registra como: Generalmente como Seguro, y la extensión 182.20 como aceite esencial y oleoresina libre de solventes.

1.1.2. *Descripción botánica*

La *Cúrcuma (longa linn)* es una planta herbácea perenne monocotiledónea perteneciente a la familia *Zingiberaceae*, crece horizontalmente y alcanza los 60 cm y 1 metro de altura. Las hojas que brotan de los tallos son anchas largas y pecioladas de color verde claro que emergen del suelo. Sus flores son de color amarillento con tendencia al blanco y se agrupan en bracteas de 3 a 5 flores, Figura 1-1 (Saiz, 2014, p.84).



Figura 1-1: Morfología de la planta de Cúrcuma

Fuente: (Hilario, 2018, p.4).

1.1.3. Rizomas

El rizoma de esta especie es un tallo subterráneo de los cuales emergen numerosas raíces de forma ovalada semejantes a dedos. Pueden ser simples o ramificados y su tamaño depende de la edad de la planta. El rizoma principal es conocido como rizoma primario o rizoma madre, su forma es ovoide y suele alcanzar unos 3 cm de espesor y 5 cm de largo, todas capaces de iniciar nuevos brotes lejos de la madre. Alrededor de estos se observan ramificaciones secundarias siendo también cilíndricos, estos rizomas se desarrollan alrededor y debajo de la planta y se organizan en una estructura denominada “mano” además pudiendo presentar estructuras de reserva o bulbos (Hilario, 2018, p.5).



Figura 2-1: Rizomas de cúrcuma que forman la estructura “mano”

Fuente: (Hilario, 2018, p.5).

1.1.4. Hábitat

Esta planta prospera en suelos arenosos, fértiles, húmidos y bien drenados con pH ligeramente ácidos (5 a 6) (Hilario, 2018, p.8). A campo abierto y expuesto al sol produce más rizomas mientas que la sequía reduce el desarrollo de los rizomas pequeños (Mora, 2015, p.16). Se requiere de climas

tropicales o subtropicales con alta pluviosidad para su desarrollo (Hilario, 2018, p.8). No soporta temperaturas heladas las cuales queman fácilmente la planta (Correa, 2015, p.22).



Figura 3-1: Cultivo de cúrcuma provincia de Sto. Dgo.

Realizado por: Arévalo, D.; & Sanaguano, H. 2020.

1.1.5. Zonas de Producción Nacional de la cúrcuma

Ecuador cuenta con todas las condiciones ecológicas que exige la cúrcuma para su cultivo y su desarrollo vegetativo. Esta planta florece los quince días últimos del segundo mes y los primeros quince días del tercer mes a partir de la siembra. Del mismo modo durante este periodo de tiempo también nacen los frutos los mismos que contienen las semillas que se utilizaran para la nueva siembra (Mora, 2015, p.18).

En Ecuador la cúrcuma es cultivada desde 1998, llegando a un volumen de exportación de 52,73 toneladas en el 2013, y con un FOB – Dólar de 217.89 teniendo así una gran apertura en el mercado Internacional (Mora, 2015, p.18). En la Tabla 1-1 se muestran las zonas representativas para la producción de cúrcuma:

Tabla 1-1: Zonas de producción nacional de la cúrcuma

Altura M	Temperatura	Precipitación
Sto. Dgo. de los Colorados	660 24.0°C	3200 mm
La Concordia	300 24.0°C	3042 mm
Tena	527 23.0°C	4482 mm
Zamora	900 21.4°C	1896 mm
Caluma	250 22.9°C	2200 mm

Fuente: (Mora, 2015, p.18).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.1.6. Taxonomía de la Cúrcuma

Tabla 2-1: Clasificación Taxonómica de *Cúrcuma longa* linn

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Zingiberidae</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Zingiberaceae</i>
Género	<i>Cúrcuma</i> Linn
Especie	<i>Longa</i>
Nombre Botánico	<i>Cúrcuma longa</i>

Fuente: (Palomares & Muñoz, 2018).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.1.7. Composición Química de la cúrcuma

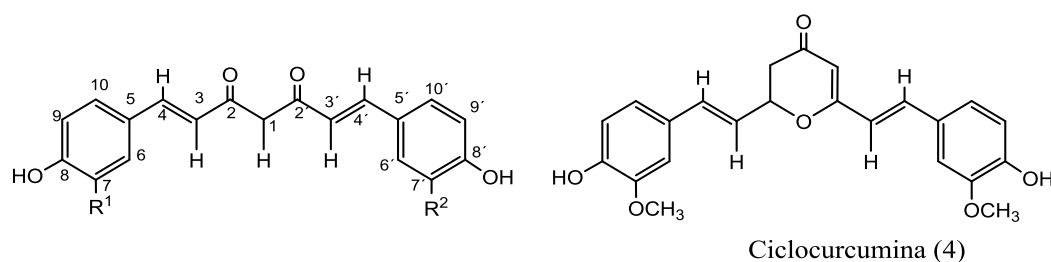
La Cúrcuma es la especie más estudiada a nivel mundial, está constituida por hidratos de carbono 69.4% de la masa total, 6.3% de proteína, 3.5% de minerales, 5.1% de grasa y 13.1% de humedad de la masa total (Palomares & Muñoz, 2018).

El contenido de aceite esencial presente en la cúrcuma es de 5,8% está compuesto por monoterpenos y sesquiterpenos principalmente, entre los que destacan el α -felandreno 1%, sabineno 0.6%, cineol 1%, borneol 0.5%, zingibereno 25% y Ar-, α - y β -turmerona 53%. Cabe destacar, los monoterpenos son más abundantes en el aceite esencial proveniente de las hojas y flores, mientras que los sesquiterpenos están presentes en los rizomas (Andrés, 2018, p.5).

1.1.8. Componentes activos de *Cúrcuma longa*

Los componentes bioactivos responsables de la actividad biológica asociada con la presencia de compuestos fenólicos son los curcuminoides (Arango, 2016, p.17). Compuestos responsables de otorgar el color amarillo característico de la planta. Entre los más importantes se encuentran a la curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina; donde la primera representa el 90% del

total de los curcuminoides (Andrés, 2018, p.5). En la Figura 4-1 se observan la estructura de los tres compuestos presentes en la cúrcuma.



R ¹	R ²	Nombre
OMe	OMe	Curcumina (1)
H	H	Desmetoxicurcumina (2)
H	H	Bisdemetoxicurcumina (3)

Figura 4-1: Estructura de los Curcuminoides

Fuente: (González; et al, 2015, p.3).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H, 2021.

1.1.8.1. Curcumina

La curcumina $C_{21}H_{20}O_6$ que responde al nombre sistemático de 1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona, también conocido como ácido turmérico es el principal polifenol de la cúrcuma causante del color que presenta la misma (López, 2017, p.7). Posee dos formas tautoméricas importantes que es la forma ceto (sólido) y la enol (líquido) Figura 5-1 (López, 2017, p.7).

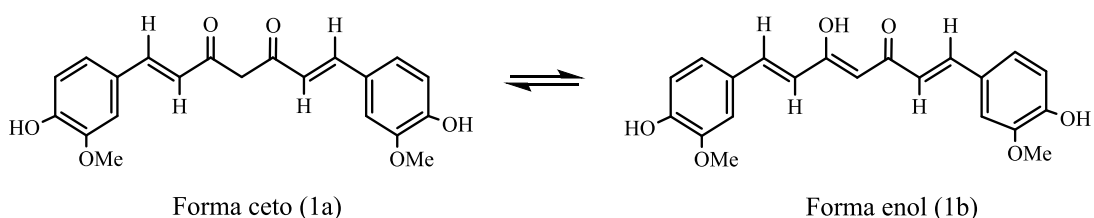


Figura 5-1: Las dos tautómeros ceto y enol presentes en la curcumina

Fuente: (González; et al, 2015, p.4).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H, 2021.

La curcumina posee un peso molecular bajo 369,37 g/mol y con punto de fusión 183°C (Alvis, 2011, p.2). Es soluble solventes orgánicos como etanol, metanol hexano y ácido acético glacial (Alvis, 2011, p.2). La curcumina es una molécula anfipática lo que capacita ser parcialmente soluble en agua mostrando polaridad en la parte central de la molécula, aunque en otras investigaciones se refiere a ella como una molécula lipófila (González; et al, 2015, p.4). A pH ácido (2-7) es de color

amarillo y a pH básico (>7) de color naranja a marrón-rojizo, es estable al calor, pero sensible a la luz; lo que limita muchas veces su aplicación (Hernández, 2016, p.7). En lo que respecta a la temperatura la curcumina es estable a temperaturas bajas y moderadas (<80-100°C) pero suele descomponerse a elevadas temperaturas (González; et al, 2015, p.6).

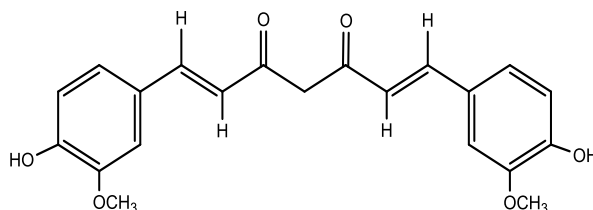


Figura 6-1: Estructura de la curcumina

Fuente: (González, 2015, p.280).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

López, P. (2015) menciona que al compuesto curcumina también se le conoce como C.I. 75300 o “Amarillo natural 3” y ha sido catalogada en la lista del código alimentario de la unión europea con la nominación E100. Siendo la curcumina la principal sustancia presente en la cúrcuma a lo que se debe sus principales propiedades terapéuticas e interés comercial como colorante.

Los compuestos fenólicos han sido centro de números estudios por los cuales han sido extraídos y evaluados por diferentes métodos maceración-agitación, extracción asistida por microondas (MWHD), cromatografía capa fina y columna y por último cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), utilizando diferentes concentraciones y solventes en el proceso como etanol metanol y hexano con el propósito de analizar sus actividades biológicas y sus aplicaciones (Alvis, 2011, p.2).

– *Cuantificación de la curcumina*

Extracción: Para el aislamiento y purificación de la curcumina se han utilizado diferentes métodos de extracción, como la extracción con disolventes orgánicos, extracción con fluidos supercríticos, extracción soxhlet, extracción asistida por microondas, etc (Arango, 2016, p.17).

Diferentes autores han realizado estudios sobre la extracción de curcuminoides empleando equipos soxhlet con un disolvente orgánico, llegando a concluir que a pesar de ser un método donde se requiere largos tiempos de extracción y grandes cantidades de solvente, es un método eficiente y sencillo, en comparación con otros métodos, en donde se compara el rendimiento de extracción (Arango, 2016, p.21). En la extracción con disolventes orgánicos se obtienen rendimientos entre el 2% y el 5% utilizando hexano y metanol, mientras que por fluidos supercríticos se obtiene 10% de rendimiento. En lo que respecta a la extracción asistida por microondas se obtiene un

rendimiento ligeramente superior a los anteriores. Por último, los menores rendimientos se obtienen mediante técnicas de hidrodestilación (González, 2016, p.288).

Identificación: La curcumina y los otros componentes de la cúrcuma han sido separados por HPLC y caracterizados por espectroscopia en el infrarrojo cercano, aunque, la técnica de separación que ofrece resultados más satisfactorios es la cromatografía. Por espectrofotometría UV, la curcumina se localiza a un pico máximo de absorción hacia los 425 nm y el uso combinado de la cromatografía de gases y de la espectrometría de masas ha permitido la determinación cuantitativa de los ocho componentes del rizoma y de la raíz de la *Cúrcuma longa L* (Arango, 2016, p.290).

1.2. Colorantes

1.2.1. Colorantes

Los colorantes son compuestos que pueden ser sintéticos/químicos u orgánicos, ya sean elaborados dentro de un laboratorio químico o extraído de células de fuentes vegetales animales o minerales y son capaces de fijar eficazmente el colorante (Llamuca, 2018, p.27).

Así También: Un colorante es una sustancia o mezcla de compuestos que tiene la capacidad de otorgar color al aplicarlo a un tejido textil, papel, plástico o productos alimenticios y le confiere un color más o menos permanente al absorberlo (Llamuca, 2018, p.27). En términos generales los colorantes son sustancias que son aplicados a cualquier objeto con el fin de efectuar una modificación persistente del color original, difundiéndose de este modo dentro del cuerpo a colorear (Paredes, 2002, p.16).

En la industria textil a los colorantes se los denomina como aquellas sustancias capaces de teñir o dar color a un material textil; alterando las longitudes de onda reflejados por su superficie, cuyas ondas son captadas por el ojo humano (Esparza, 2016, p.40).

1.2.2. Pigmentos

Los pigmentos son un conjunto de partículas sólidas de color, insolubles en el medio a colorear e imparte color mediante absorción de la luz visible, se caracterizan por un poder mayor de tinción y apenas se ven afectadas física y químicamente por el soporte o sustrato sobre el que están depositadas (Espinoza, 2018, p.14). Los pigmentos se emplean principalmente en la fabricación de pinturas y recubrimientos, además, son utilizados para la coloración de resinas plásticas (Espinoza, 2018, p.14).

Las propiedades de los pigmentos son:

- La fuerza de coloración,
- El matiz (o color),
- Estabilidad a la temperatura
- Resistencia a los distintos productos químicos (Espinoza, 2018, p.14).

Estas propiedades dependen tanto de su naturaleza química, cristalización, tamaño, forma de partícula y tratamiento superficial de la partícula del pigmento (Espinoza, 2018, p.14). Los pigmentos pueden ser distinguidos de los colorantes por el método de cómo se aplican más que por la composición del mismo (Espinoza, 2018, p.14).

1.2.3. Grupos Cromóforos

Los colorantes son compuestos químicos que poseen estructuras complejas y en su fórmula estructural pueden tener determinados grupos llamados cromóforos los cuales reaccionarán con los grupos de la fórmula química de la fibra (Paredes, 2002, p.16).

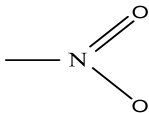
Estos grupos se clasifican en:

- Grupos Cromóforos
- Grupos Auxocromo

1.2.3.1. Cromóforo

La palabra cromóforo se deriva del griego cromos: color y foros: llevar, que significa llevar el color a la fibra (Paredes, 2002, p.16). Generalmente el término cromóforo se aplica a cualquier molécula o elemento encargada de la absorción de longitudes de onda del rango visible y de esta manera se ve reflejada el color del elemento. Las moléculas que contienen el grupo cromóforo se le denomina cromógenos y los más representativos presentes en los colorantes son:

Tabla 3-1: Grupos Cromóforos

Grupo	Estructura
Nitro	
Nitroso	—N=O
Azo	—N=N—
Doble enlace C-C	—C=C—

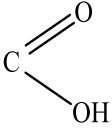
Fuente: (Paredes, 2002, p.20).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.2.3.2. Auxocromos

La palabra auxocromo se deriva del griego auxo: aumentar, cromos: color (Paredes, 2002, p.16). Lo que significa aumentar el color. Los grupos auxocromos son agrupaciones atómicas que intensifican la acción de los grupos cromógenos y hacen que la sustancia presente propiedades tintóreas y los más comunes son:

Tabla 4-1: Grupos Auxocromos

Grupo	Estructura
Amino	-NH ₂
Aminos sustituidos	-NHR y -NHR ₂
Carboxilo	
Hidroxilo	-OH

Fuente: (Paredes, 2002, p.20).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Estos grupos son responsables de la formación de sales débiles lo que hace que fácilmente el colorante pueda pasar a la materia textil de la misma forma sea susceptible de convertir una sustancia coloreada en un colorante (Paredes, 2002, p.20).

1.2.4. Clasificación de los colorantes

Los colorantes se clasifican en:

- Colorantes naturales
- Colorantes Artificiales

1.2.4.1. Colorantes naturales

Los colorantes naturales comprenden todos aquellos que pueden ser obtenidos a partir de plantas, animales (invertebrados) o minerales. Independientemente de la fuente de extracción, los colorantes naturales son obtenidos por medio de metabolitos secundarios. Los metabolitos secundarios son aquellos compuestos orgánicos sintetizados por las plantas que no cumplen una función directa en los procesos fisiológicos básicos de las plantas. A diferencia de lo que sucede con los metabolitos primarios, la ausencia de algún metabolito secundario no le impide la

supervivencia, si bien se verá afectado por ella, no será gravemente. Cabe recalcar que no todos los metabolitos secundarios se encuentran en todos los grupos de plantas. Estos son sintetizados en pequeñas cantidades, estando a menudo su producción restringida a una determinada especie o familia de plantas (Moldovan, 2016, p.5). Los colorantes de fuentes vegetales son los más utilizados para teñir a los textiles y existe una gran variedad de plantas que sirven para este propósito, principalmente las silvestres. Para teñir se pueden utilizar diversas partes de la planta ya sea de las hojas, frutos, tallos y raíces (Esparza, 2016, p.41).

Esparza (2016) indica que a pesar de que la mayoría de plantas tienen un material de color, no todas pueden ser utilizadas en el teñido de textiles (Esparza, 2016, p.41).

– *Clasificación según su estructura química*

Tabla 5-1: Clasificación de Colorantes Naturales

Naturaleza química	Ejemplos	Color predominante
Tetrapirroleo	Ficobilinas Clorofila	Azul - Verde Verde
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo-Anaranjado
Flavonoides	Flavonas Flavonoles Chalconas Auronas Antocianinas	Blanco - Crema Amarillo - Blanco Amarillo Rojo - Azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo - Azul- Verde
Derivados Indigoides e Indoles	Índigo Betalaínas	Azul - Rosado Amarillo - Rojo
Pirimidinas Sustituidas	Pterinas Flavinas Fenoxanizinas Fenazinas	Blanco - Amarillo Amarillo Amarillo - Rojo Amarillo - Púrpura

Fuente: (Castillo & Ramírez, 2006, p.33).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Carotenoides: son pigmentos orgánicos en cuya estructura se repite 8 unidades de isopreno, compuesto que se caracteriza por contener 40 átomos de carbono en su estructura. De acuerdo a la estructura química se clasifican en carotenoides y xantofilas, los carotenoides que contienen oxígeno (O) en su estructura se los conoce como xantofila mientras que los resultantes constituyen al grupo de los carotenos. Los carotenoides se encuentran en forma natural en frutas y vegetales amarillos y verdes también se los encuentran en algunos crustáceos y aves o en el músculo o piel de algunos peces. Son los más abundantes y de mayor aplicación en la industria de alimentos, además, son utilizados como aditivos de productos grasos y acuosos. Su color varía desde amarillos a rojos (Quinde, 2019, p.23).

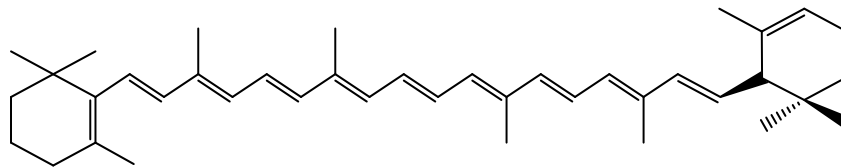


Figura 7-1: Ejemplo de estructura molecular carotenoides: α caroteno

Fuente: (Velasco, 2020, p.34).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Antocianinas: este grupo pertenece al grupo de los flavonoides, su estructura química son los glucósidos que contienen antocianidinas procedentes del catión flavilio (2-fenilbenzopiridilo) se encuentran en manzanas uvas y en algunas flores se usan principalmente en preparaciones de refrescos y mermeladas, y su color varía desde casi incoloro hasta amarillo, azul, violeta y rojo (Marcano, 2018, p.151).

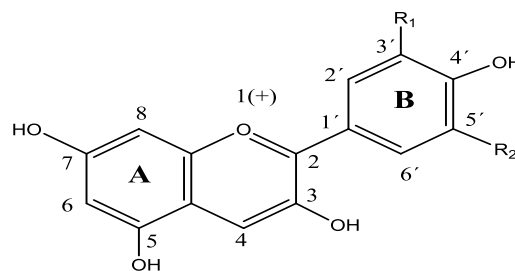


Figura 8-1: Estructura básica de las Antocianinas

Fuente: (Rolón, 2018, p.28).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Betalainas: son metabolitos secundarios nitrogenados, pigmentos responsables de impartir la coloración amarillo y rojo-violeta de las flores, frutos, hojas y/o raíces. Actualmente los colorantes naturales extraídos de las betanidinas son los más utilizados en la industria de los alimentos para dar coloración rojiza entre las que destaca la remolacha roja. A pH entre 3 a 7 el color de las betalainas es estable, a estos intervalos de pH hace que las betalainas sean aplicados en alimentos (Rolón, 2018, p.20).

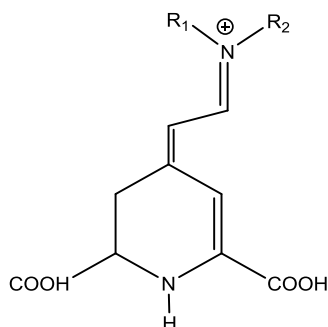


Figura 9-1: Estructura general de las Betalaínas

Fuente: (Campos & Quintanilla, 2017, p.24).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Quinonas: este grupo químico se incluyen principalmente naftoquinonas y antraquinonas, se encuentran tanto en vegetales como en animales. Las antraquinonas son las más representativas y entre las naturales se hallan los colorantes de origen animal, el más importante de este grupo es la “cochinilla” del cual se obtiene ácido carmínico que se utiliza para dar color a los alimentos, cosméticos y para el tinturado de la lana. Su calor varía desde el amarillo pasando al rojo y naranja hasta el negro (Marcano, 2018, p.151).

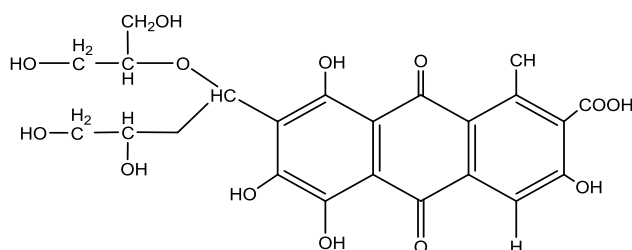


Figura 10-1: Estructura del Ácido carmínico

Fuente: (Paredes, 2002, p.3).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

– *Clasificación según su afinidad por la fibra*

Colorantes sustantivos o directos: son aquellos colorantes que pueden teñir directamente el tejido textil sin ayuda de algún mordiente, se emplean especialmente en el teñido de lanas algodón y poliamidas sintéticas (Campos, 2017, p.8).

Colorantes adjetivos o con mordientes: son aquellos colorantes que no pueden ser empleados directamente, sino que precisan la ayuda de un mordiente producto que sirve para fijar el color a la fibra y sea permanente. Generalmente se utilizan óxidos metálicos como mordientes. Por ejemplo óxido de aluminio, plomo, cromo, hierro etc (Campos, 2017, p.8).

Colorantes a la tina: son colorantes insolubles en agua que son capaces de reducirse a materiales alqui-solubles. El colorante se aplica en forma reducida y se reoxida en presencia de la fibra. (Campos, 2017, p.9).

1.2.4.2. Colorantes sintéticos

Los colorantes artificiales son sustancias químicas hidrosolubles elaboradas en laboratorios mediante procesos químicos y que no existen por sí mismos en la naturaleza y su composición es menos compleja que lo de los colorantes naturales (Rolón, 2018, p.16). A diferencia de los naturales los colorantes artificiales son superiores tanto en las propiedades físicas como químicas, puesto que son más resistentes al calor luz, pH, etc. Otro aspecto no menos importante de los sintéticos es el costo y la capacidad de producción y fácil disponibilidad. Entre los más importantes encontramos a los derivados del trifenilmetano o azoicos (Cruz, 2007, p.35).

Colorantes azoicos: a este grupo pertenece casi la mitad de los colorantes sintéticos debido a la facilidad de su síntesis y a su versatilidad (Marcano, 2018, p.49). Se caracterizan por tener un grupo cromóforo C=N=N-C en su molécula (Marcano, 2018, p.49). Estos colorantes se preparan acoplando una amina aromática diazotada con un fenol o una amina aromática (Melgar, 2011, p.35). Otra forma de sintetizar colorantes azo es mediante el acoplamiento oxidativo de hidrozonas heterocíclicas utilizando como preferencia agua oxigenada en presencia de sales ferrosas como: ferrocianuro de potasio, persulfato de amonio etc (Marcano, 2018, p.54). El más sencillo de este tipo de colorantes es el “amarillo de anilina“. Se utiliza para teñir lana, seda su color es fugaz. El pardo de Bismark empleado para teñir cuero, y el rojo de metilo que es utilizado como indicador en el área de química, entre otros (Melgar, 2011, p.35).

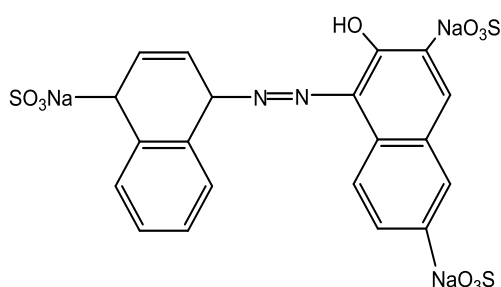


Figura 11-1: Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético azoico: Amaranto “E123”

Fuente: (Córdova, 2014, p.25).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Colorantes de Antraquinona: se obtienen a partir de la antraquinona y constituyen la base de una importante cantidad de coloraciones. La característica estructural de las antraquinonas es la

presencia de uno o más grupos cetónicos asociados a un sistema conjugado que a su vez, presenta sustituyentes en conjugación con los grupos carbonilo, hidroxilo y/o amino (Marcano, 2018, p.54). Las antraquinonas naturales pueden encontrarse en la corteza y raíz de muchas plantas, hongos, líquenes o inclusive en insectos. Los colorantes antraquinónicos presentan una coloración amarillo pálido y se utilizan para teñir todo tipo de fibra (Córdova, 2014, p.36).

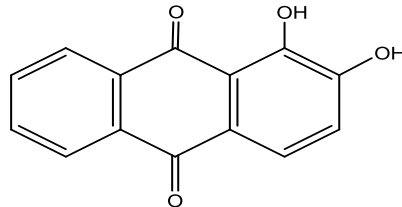


Figura 12-1: Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético: Antraquinona “Alizarina”

Fuente: (Marcano, 2018, p.55).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Colorantes Indigoides: son colorantes del tipo VAT, se caracterizan por presentar un sistema conjugado de tipo indólico (Marcano, 2018, p.69). El método de fabricación más difundido es la anilina que por reacción de Sandmeyer produce insantina el cual dimeriza a Índigo (Marcano, 2018, p.69). El índigo es una sustancia insoluble en agua e imparte un color azul típico a valores de pH por debajo de 11,4 aunque a pH 13 es de color amarillo. El uso principal de los indigoides es en el teñido de lana sin embargo la fibra más utilizada es el algodón, es resistente a la luz y al lavado por lo que le hace el colorante más usado (Marcano, 2018, p.71). El colorante más importante es el tetrabromado Ciba Blue 2B, por su versatilidad es empleado en diferentes métodos de teñido para fibras naturales y sintéticas (Marcano, 2018, p.71).

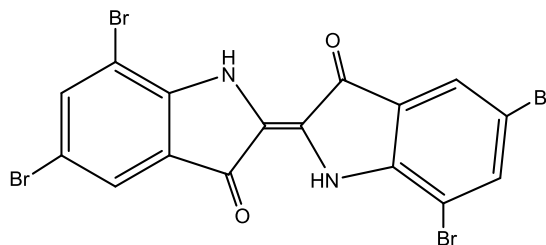


Figura 13-1: Ejemplo de estructura molecular de colorante sintético Índigo: "Tetrabromado"

Fuente: (Marcano, 2018, p.71).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Colorantes de Difenil y del Trifenil Metano: son colorantes básicos para lana, seda o algodón, mordentado con ácido tánico. Son muy apreciados por su color brillante, pero poseen el

inconveniente de no ser resistentes a la luz o al lavado, excepto aquellos que son aplicados a fibras acrílicas. Un ejemplo de este tipo de colorantes son: el verde malaquita, violeta de metilo, ftaleínas y violeta cristal (Melgar, 2011, p.36).

Colorantes Azufrados o Fosforados: son colorantes que contienen azufre en su estructura, e incluyen los colorantes preparados por calentamiento de materias orgánicas con Azufre y Sulfato de Sodio (Melgar, 2011, p.36). Son altamente coloreados e insolubles en agua y se emplean estos colorantes solamente en tintura de algodón, ya que atacan a las proteínas y fibras de éster (Melgar, 2011, p.36).

1.2.5. Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos

Tabla 6-1: Ventajas y desventajas de los colorantes naturales y sintéticos

Colorantes	Ventajas	Desventajas
Colorantes sintéticos	<p>Posee mayor poder tintóreo.</p> <p>Presenta mayor estabilidad.</p> <p>Solubles agua.</p> <p>Resisten a los tratamientos térmicos.</p> <p>Son estables a intervalos de pH y casi no se degradan con la luz.</p> <p>Proveen mejor uniformidad de color y se mezclan más fácilmente, resultando en una amplia gama de tonalidades.</p>	<p>Producen efectos nocivos para la salud del ser humano como alergias al cuerpo, cáncer, entre otras enfermedades.</p> <p>Presentan riesgos ambientales causados por los efluentes que resultan de su síntesis.</p> <p>Son menos degradables que los naturales y dificulta su degradación por medios químicos o biológicos.</p>
Colorantes Naturales	<p>No afectan la salud y son biodegradables.</p> <p>Presentan mayor sostenibilidad económica y ecológica.</p> <p>La gama de colores que se pueden extraer de la especie.</p>	<p>Carecen de fuerza de tintóreo.</p>

Fuente: (Córdoba, 2014, pp.18-24).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.3. Fibras textiles

La fibra textil es la unidad fundamental de los textiles y es que a partir de ellos se elaboran los hilos los cuales se emplean para fabricar los tejidos (Lockuán, 2013 p.6). Mediante el hilado o por procesos físicos-químicos (Villegas, 2013, p.6).

Las propiedades que debe cumplir una fibra para considerarse como textil son: flexibilidad, resistencia, elasticidad y finura (diámetro) en relación a su longitud (Villegas, 2013, p.6). Las fibras sin estos requisitos no servirán para hacer hilados, por ende, no podrán ser considerados como tejidos de buena calidad (Lockuán, 2013, p.6).

Las fibras textiles se clasifican en dos grupos naturales y sintéticos, la primera son aquellas sustancias hilables provenientes de fuentes vegetales o animales y a este grupo pertenecen las fibras de algodón, la lana y la seda; la segunda son todas aquellas fibras que se transforman mediante procesos químicos y se encuentran las poliamidas, poliéster y acrílicas (Angulo, 2005, p.9).

1.3.1. Tipos de fibras textiles

1.3.1.1. Algodón

Es una fibra de origen vegetal extraída del arbusto del mismo nombre, se desarrolla en climas cálidos y las características dependen del país donde se cultiva. La calidad de la fibra del algodón es determinada por varios factores los más importantes son la resistencia, la longitud, el contenido de fibra corta (fibras de menos de 1,27 cm), la uniformidad de la longitud, la madurez, nivel de pureza, el contenido de partículas extrañas, color, contenido de fragmentos de cáscaras y motas y la pegajosidad (Manosalvas, 2017, p.36).

La producción de algodón en el Ecuador satisface solo el 5% de la demanda nacional, por este motivo la mayor parte de fabricantes de productos textiles se ven en la necesidad de importar algodón de diferente procedencia según sus requerimientos (Manosalvas, 2017, p.36).

Tabla 7-1: Composición química del algodón

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

Fuente: (Stanciuc, 2020, p.25).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Todas las fibras naturales del reino vegetal como el algodón contienen celulosa, polímero natural que junto con las hemicelulosas, pectinas y lignina constituye el material de sostén de las células vegetales (Stanciuc, 2020, p.25). Químicamente la celulosa es un polisacárido formado por la condensación de moléculas de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) enlazadas entre sí por la unión del grupo hidroxilo glucósido del carbono 1 de una molécula con el grupo hidroxilo alcohólico del carbono 4 de la molécula siguiente, la unión entre las moléculas de glucosa es de tipo α (1, 4) – glucósido (Stanciuc, 2020, p.25).

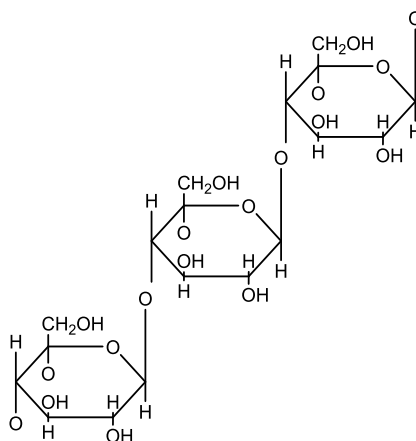


Figura 14-1: Estructura química de la celulosa

Fuente: (Stanciuc, 2020, p.25).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

– Características

El algodón es la planta y su principal uso es en la industria textil en la elaboración de fibra suave más importante a nivel mundial y su cultivo es una de las tradiciones más antiguas. La palabra

algodón significa tejido fino. En la india fue el primer país en donde el algodón se lo utilizó en la industria textil. Una de las características principales del algodón es su suavidad y permeabilidad al aire que lo han hecho la fibra de origen natural con mayor demanda en el mundo. La longitud de la fibra varía entre los 10 a 65 milímetros y el diámetro de 1 a 22 micras. Se caracteriza también por absorber rápidamente la humedad, por lo que hace que el tipo de ropa de algodón sea confortable en climas cálidos, mientras que su alta fuerza de tracción en soluciones jabonosas alcalinas significa que estas son fáciles de lavar y no sufren ningún tipo de daño (Manosalvas, 2017, pp.37-39).

A las fibras de algodón, ya sea procesada tanto en hilados, telas o prendas de vestir, otorga al producto valores sobresalientes de:

- Elevado poder hidrófilo
- Confort en el uso
- Absorbe la transpiración
- No posee acumulación de electricidad estática
- Es muy resistente a la rotura
- Es aceptablemente resistente a la abrasión
- Resistente a polilla
- Se obtienen colores firmes y brillantes
- Puede lavarse con solventes orgánicos (Manosalvas, 2017, pp.37-39).

1.3.1.2. Seda

La seda es una fibra natural de origen animal producida por el gusano de seda *Bombyx mori*. Este gusano se alimenta de la hoja de morera y forma un capullo que puede devanarse para obtener filamentos continuos. A partir de varios filamentos reunidos y torsionados, se obtienen hilos, los cuales pueden emplearse en la obtención de diversos productos textiles (González; et al. 2014, p.7). El proceso para la transformación de la seda en material textil se efectúa en diferentes etapas. Se inicia con el devanado, posteriormente el hilado, la tejeduría y el teñido. Después de este proceso es posible confeccionar prendas para de vestir, en el hogar o en otras aplicaciones (González; et al, 2014, p.7).

Tradicionalmente, el teñido de la seda se ha realizado con colorantes de origen natural, tendencia que sigue siendo empleada hoy en día por algunos sericultores. Sin embargo, con el transcurso de los años el uso de estos colorantes ha decaído, debido entre algunas razones, a la aparición de colorantes sintéticos. Estos colorantes garantizan mejores resultados en reproducibilidad de tonos y propiedades de solidez sean a las diferentes pruebas a los que se les someten, comparándolos con los colorantes naturales. Sin embargo, el uso indiscriminado de colorantes sintéticos

aumenta la contaminación y la toxicidad de las aguas residuales que son producto de los procesos tintóreos (González; et al, 2014, p.8).

– *Composición química de la seda*

La fibra de seda se compone en un 97% de proteínas y 3% de otros componentes como: ceras, carbohidratos, pigmentos y compuestos inorgánicos. Las principales proteínas que se encuentran en la fibra de seda son la fibroína 75% y la sericina 25%. La fibroína es una estructura lineal y cristalina, proteína estructural de la seda. En cuanto a la sericina, es un pegamento proteico parcialmente hidrosoluble y de estructura globular, que sirve para unir las fibras entre sí (González; et al. 2014, p.8).

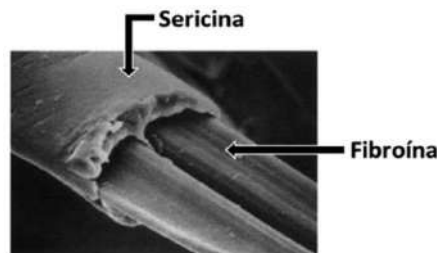


Figura 15-1: Componentes principales presentes en la seda

Fuente: (González; et al, 2014, p.8).

– *Propiedades de la seda:*

Entre las fibras textiles de origen natural la seda prevalece gracias a sus particulares propiedades. Por ejemplo, su higroscopía, es decir, en condiciones estándares tiene un *regain* cerca al 11% y es capaz de absorber hasta el 30% de su peso de agua no generan sensación de humedad, por esta razón lo hace comfortable al contacto con la piel. Una de sus propiedades principales son las tensiles específicas superan a la mayoría de las fibras naturales y comparables con fibras sintéticas de alto desempeño como el Kevlar®, con un valor de tenacidad de 5 g/denier y una capacidad de elongación de 1725%. La sección transversal de la seda es triangular con esquinas redondeadas, esto le proporciona una excelente capacidad de reflexión de la luz, razón por la cual es una fibra lustrosa. Cada filamento mide de 5 a 10 μm de diámetro aparente y puede alcanzar una longitud de hasta 1600 m, por lo que se le considera una microfibrilla natural (González; et al, 2014, p.8).

La seda es una fibra anfótera y contiene dos grupos principales, los amino ($-\text{NH}_2$) y los carboxílicos ($-\text{COOH}$), presenta un punto isoeléctrico cerca a $\text{pH}\sim 5$, en esta condición su carga es neutra y por debajo de este pH presenta un carácter catiónico, por lo cual existen metodologías adecuadas para teñirla con diferentes colorantes en medios ácidos y alcalinos (González; et al, 2014, p.8).

1.4. Método de extracción

El método de extracción; es una operación que se basa en la separación de los compuestos solubles de un sólido inerte utilizando un solvente en el proceso (Loaiza, 2016, p. 8). Se pueden realizar desde los tres estados sólido-líquido, líquido-líquido y gas-líquido. Siendo la más utilizada la extracción sólido-líquido con el equipo Soxhlet (Núñez, 2008, p.1).

1.4.1. Método de extracción Soxhlet

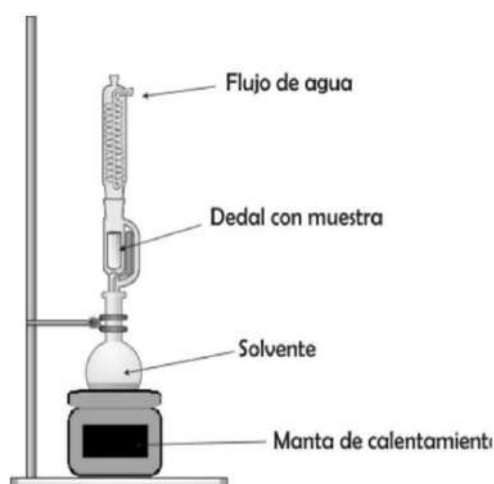


Figura 16-1: Equipo Soxhlet

Fuente: (Técnicas Avanzadas en Química, 2004, p.3).

El método de extracción soxhlet es una técnica de separación sólido-líquido, la cual consiste en la separación de una mezcla de sustancias por disolución de cada componente utilizando un disolvente (Encalada, 2015, p. 29). El empleo del método garantiza que durante la extracción no exista la posibilidad de degradar las moléculas del colorante por efecto de la temperatura, debido a que se utilizan bajas temperaturas durante el proceso, además que permiten el uso de diferentes disolventes según convenga (Andrango; et al, 2016, p.11). Esta técnica es comúnmente utilizada para la determinación de aceites y grasas, aunque también es empleada para extraer pigmentos en el caso de su determinación en alimentos (Valencia, 2018, p.24).

Para llevar a cabo el proceso es necesario:

- Contacto del disolvente en el sólido a tratar, para disolver el componente soluble.
- Separación de la solución y el resto del sólido con la solución adherida al mismo (Valencia, 2018, p.24).

1.4.1.1. Ventajas de la extracción soxhlet

- Permite trabajar a bajas temperaturas.
- Protege del oxígeno, por ende, evita la oxidación de la materia.
- Permite el control y condiciones de extracción
- Rapidez de extracción en comparación con otros métodos como la maceración (Hernández, 2013, p.3)

1.4.1.2. Factores que afectan la velocidad de extracción

Tamaño de las partículas sólidas: Cuantas más pequeñas sean, mayor es la superficie interfásica, Por tanto, mayor es la velocidad de transferencia. Sin embargo, tamaños excesivamente pequeños pueden hacer que las partículas se compacten dificultando la extracción por la anulación del área interfásica. Por lo tanto, es recomendable realizarlo con sólidos granulados (Encalada, 2015, p.29).

Naturaleza del solvente: El líquido debe ser lo más selectivo posible y de baja viscosidad para que penetre fácilmente en los poros del sólido (Encalada, 2015, p.29).

Temperatura: Un aumento de la temperatura incrementa la solubilidad y aumenta los coeficientes de transferencia de materia, por lo tanto, una mayor extracción del soluto (Encalada, 2015, p.29).

1.4.1.3. Funcionamiento

Su funcionamiento consiste en hacer hervir el balón con el disolvente, los vapores del disolvente asciende y se condensan en el refrigerante cayendo gota a gota al cartucho poroso (generalmente se utiliza papel filtro por su porosidad, por lo que permite entrar y salir al solvente), Hasta llenar la cámara de sifonación y la disolución resultante es sifonada de nuevo al matraz el proceso se repite automáticamente hasta que la extracción es completa (Caldas, 2012. p.19).

1.4.2. Solventes

Los solventes son sustancias orgánicas líquidas provenientes de hidrocarburos volátiles derivados del petróleo y del gas cuyo punto de ebullición es bajo, por lo que al entrar en contacto con el aire se evaporan (Cevallos, 2017, p.20). De acuerdo a su importancia y patrón de uso se clasifican en solventes activos, co-solventes, solventes y diluyentes (Cevallos, 2017, p.20).

Tabla 8-1: Clasificación de los solventes

Grupo Químico	Nombre de los solventes
Aromáticos	Benceno, tolueno, Etil-benceno
Alcoholes	Alcohol Metílico, Alcohol Isopropílico, Alcohol Butílico, Alcohol Etanol
Gasolventes	Heptano, Hexano

Fuente: (Cevallos, 2017, p. 20).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Los solventes pueden ser polares o apolares, dependiendo de esta característica y de la naturaleza del soluto dependerá el rendimiento y el tiempo de extracción (Guarín, 2019, p.41). Cada solvente producen diferentes extractos y composiciones específicos y el más utilizado para extraer extractos vegetales de las plantas es el etanol (Caldas, 2017, p.21).

1.4.2.1. Solventes utilizados para la extracción

Alcohol metílico: Líquido incoloro, volátil, tóxico y puede disolverse en agua. Se lo utiliza frecuentemente como solvente de tintes, resinas y adhesivos (Chadan, 2016, p.13).

Alcohol isopropílico: Isómero del propanol es incoloro e inflamable, posee intenso olor y es miscible en agua. Es ampliamente utilizado como solvente y como fluido de limpieza, principalmente para la remoción de aceites (Chadan, 2016, p.13).

Alcohol Etilico: Etanol o alcohol etílico es un compuesto químico perteneciente a la familia de los alcoholes, en condiciones normales es de apariencia líquida, presenta puntos de ebullición de 78°C y un punto de fusión de -114,1°C. Su inflamabilidad es alta, soluble en agua en cualquier relación, tiene reacción violenta con oxidantes fuertes y lentamente con hipoclorito de calcio, óxido de plata y amoníaco (Caldas, 2012, pp.20-21).

1.5. Proceso de tintura

1.5.1. Teñido

El teñido es un proceso químico mediante el cual un colorante se transfiere a un material textil, con el fin de dar color a la fibra y adopte una apariencia diferente a la del original, es decir, debe existir una atracción química o física entre grupos funcionales del colorante y del objeto a teñirse (Salazar, 2014, p.31)

1.5.2. Métodos de coloración de las fibras textiles

Existen dos técnicas mediante las cuales una sustancia cromogénica es transferida hacia la fibra. El primero implica la inmersión del material en una disolución del colorante con el cual se obtiene el teñido y el segundo la transferencia del color por el contacto de la fibra textil con una tinta; este método es particularmente en la impresión de diseños y estampados (Marcano, 2018, p.143).

El proceso de coloración puede dividirse en tres etapas:

Primera etapa: la sustancia cromogénica puede ser aplicada bien sea como una dispersión del colorante, una solución o una pasta, con auxiliares que cumplen la función de fijadores del pigmento o del colorante, al tejido (Marcano, 2018, p.143).

Segunda etapa: el colorante se esparce desde la superficie al interior de la fibra, en donde se producen cambios físicos y químicos en la unión con la fibra (Marcano, 2018, p.143).

Tercera etapa: se lo conoce como curado o envejecimiento, este proceso consiste en eliminar el exceso de colorante que no han sido fijados y han quedado adheridos en la superficie de la fibra a través del lavado (Marcano, 2018, p.143).

La fibra natural o sintética debe pasar por un proceso previo antes de someterla al proceso de teñido. Esta operación implica su limpieza y las condiciones se eligen de acuerdo a la naturaleza de la fibra (Marcano, 2018, p.144).

Las fibras de algodón están recubiertas con ceras naturales y pectina que son eliminadas antes del proceso de teñido. El primer paso para la preparación de las telas de algodón es la eliminación de las pelusas que se encuentran en la parte superficial, esto se lo realiza mediante un proceso de colado con almidón suave, en los procesos modernos se usa una cola de alcohol polivinílico cuyo exceso se destruye con calor o por adsorción con plantillas apropiadas. El blanqueo se efectúa con peróxido de hidrógeno e hidróxido de Sodio; operación que tiene por finalidad la oxidación de las uniones glicosídicas (Marcano, 2018, p.144).

La seda natural está recubierta por sericina (goma) la cual es necesario eliminar mediante un proceso de lavado con jabón y o/detergente. Los álcalis fuertes hidrolizan las uniones amido de la seda destruyendo parte de las fibras (Marcano, 2018, p.144).

1.5.3. Teñido por agotamiento

Es un proceso que permite el paso de una solución de colorante desde el baño de tintura hacia la superficie textil, y puede durar minutos u horas (Castillo, 2019, p.29). O también, es considerada como la diferencia de la concentración del colorante en el baño desde que empieza el teñido hasta el momento en que se evalúa y es expresada en porcentaje, dicha diferencia se lo denomina “grado de agotamiento” (Castillo, 2019, p.29).

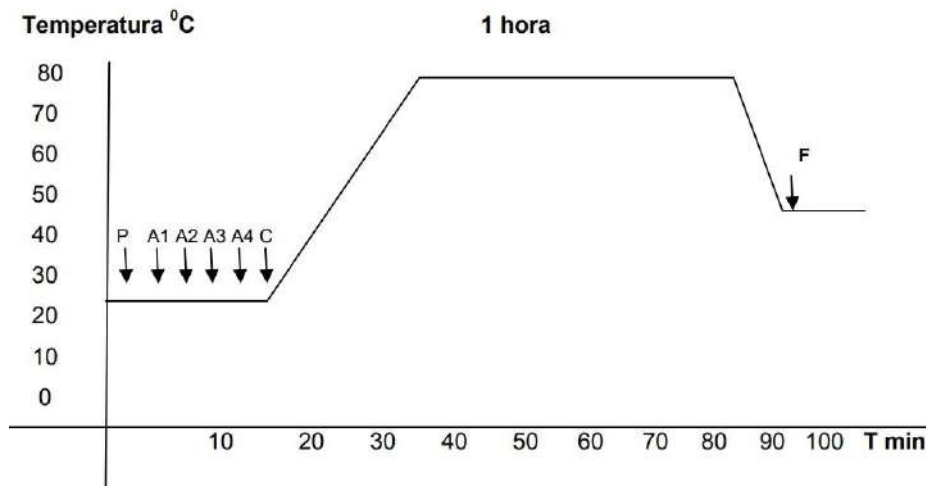


Figura 17-1: Curva para el teñido de fibras

Fuente: (Guerrero, 2011, p.39).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.5.4. Tiempo de tintura

Por lo general, en el proceso de teñido se emplea alrededor de 20 a 30 minutos para añadir el auxiliar y el colorante para que estos se homogenicen bien en la solución, después de este lapso se emplea alrededor de 30 minutos en aumentar la temperatura a un promedio de 1,5°C por minuto hasta llegar a ebullición. Una vez en ebullición mantener por 30 minutos para tonos claros, 45 min tonos medios y 60 minutos para tonos oscuros (Paredes, 2002, p.71). Si el tiempo de tinturado es muy corto este tiende a disminuir la solidez, y por ende, la fibra no viene a igualarse con el colorante (Paredes, 2002, p.72).

1.5.5. Mordientes

La palabra mordiente proviene del Latín *mordere*, cuyo significado es “morder, apresar, agarrar” (Ponce y Morales, 2011). Así también: el término mordiente es referido a cualquier sustancia de origen natural o sintético que tiene la capacidad de favorecer la fijación entre el colorante y la fibra permitiendo que las partículas colorantes que posee el tinte queden adheridos a las estructuras de las fibras de forma más o menos permanente. Hoy en día los mordientes más utilizados son de origen químico y la mayoría son sales metálicas que se disuelven en agua caliente disociando el metal de la sal para después incorporarse a la fibra para fijar el tinte (Ponce & Morales, 2011).

El mordiente básicamente hace tres cosas:

- Ayuda a que los tintes se incorporen en la fibra.
- Afecta el color producido por los tintes, en otras palabras, lo intensifican o lo hace más tenue.
- Actúa como estabilizador de colores en presencia de luz (Ponce & Morales, 2011).

1.5.5.1. Técnica de Mordentado

Los colorantes naturales generalmente necesitan de ciertos fijadores o auxiliares para poder teñir (Mendoza, 2018, p.39). Estas sustancias son conocidas como mordientes y son utilizadas para que actúen como intermediarios entre la fibra y el colorante. De tal manera que ayuda al colorante a impregnarse a la fibra, produciendo una unión química cuyo efecto es la resistencia al paso del tiempo, al sol y al agua (Papa, 2018, p.22). También son utilizados para dar uniformidad y brillo de color (Mendoza, 2018, p.39). Los mordientes pueden ser aplicados antes, simultáneamente o después del proceso de teñido, esto implica generalmente en adicionar el mordiente en agua caliente junto con la fibra (Mendoza, 2018, p.39).

Métodos para mordentar:

Método Directo: consiste en introducir directamente la fibra textil con el mordiente (Mendoza, 2018, p.39).

Método mordentado: Se introduce la fibra a teñir en agua moderadamente caliente que contenga el mordiente en suficiente agua con el fin de que la fibra quede totalmente cubierta. Se deja calentar durante un tiempo de 30 min en agitación constante (Mendoza, 2018, p.39).

Post mordentado: se coloca la fibra textil previamente tinturada en agua tibia que contenga un mordiente con la finalidad de cambiar la tonalidad del baño o reforzar la solidez al lavado. (Mendoza, 2018, p.39).

1.5.5.2. Tipos de Mordientes químicos

Aluminio (Sulfato de aluminio y potasio): mineral de color blanco encontrado en el fondo de muchos tipos de formaciones rocosas, en diversas partes del mundo. Este tipo de mordiente es el más utilizado comúnmente por los tintoreros naturales. Su toxicidad es relativa por lo que no es nocivo para el ser humano, pero es muy astringente y puede reseca la piel. Es de mediana resistencia a la luz y se usa casi siempre en combinación con la crema de tártaro (Ponce y Morales, 2011).

Cromo (Dicromato de potasio): químico de coloración naranja claro, el cual es muy susceptible a la luz y por lo tanto se debe almacenarlo en lugares oscuros y mantenerlo cerrado. Sustancia muy cáustica y tóxica en todas sus formas (en polvo, en solución líquida o en humo), no es recomendable emplearlo en conjunto con otros mordientes. El cromo es utilizado en pequeñas

proporciones con el fin de obtener su efecto y por tal motivo no se utiliza con frecuencia en la actividad tintórea, debido a que su manejo es muy difícil en dichas cantidades. Para una mayor efectividad del mordiente es recomendable usar después del teñido, debido a que se reduce el tiempo en que el cromo estará en presencia a la luz (Ponce y Morales, 2011).

Cobre (Sulfato de cobre): también llamado como vitriolo azul. Es un compuesto químico altamente venenoso. Por lo general el cobre tiene un efecto verde claro cuando se lo utiliza en el proceso de tinción. El cobre puede ser utilizado solo como mordiente, o puede ser añadido como pos mordiente para oscurecer los colores, o transformar un amarillo o un amarillo – verde a un verde más definido (Ponce y Morales, 2011).

Hierro (Sulfato ferroso): también conocido como vitriolo verde, y su efecto principal es oscurecer los colores. El hierro se usa generalmente, cuando al finalizar el proceso de una tinción sobra tinte al cual se le desea modificar la tonalidad más intensa. Es necesario realizar pruebas en las fibras que se utilizaran en tinción, ya que en fibras finas puede ocasionar daños (Ponce y Morales, 2011).

1.6. Pruebas de Calidad

Una propiedad a estudiar después del teñido es la solidez al color, esta establece la resistencia que presenta el sustrato teñido, a cambiar o perder la intensidad del color después de ser sometidas a diversos agentes externos como la temperatura, la humedad, la acción del sol y otros factores (González, 2014, p.12). Existen diferentes normativas de solidez del color en textiles elaboradas por diferentes organismos reguladores como: American Association of Textile Chemists and Colorists AATCC, International Organization for Standardization ISO, American Society for Testing and Materials ASTM, entre otras. Las normativas pretenden establecer condiciones estándares de calidad y criterios de negociación (González, 2014, p.12).

1.6.1. Solidez al lavado

Es la resistencia que presenta el textil teñido al ser sometidos a la acción de un determinado agente, pudiendo dar lugar a la degradación del color u originar un manchado sobre el testigo blanco en agua (Mendoza, 2018, p.28).

Tabla 9-1: Escala cualitativa de valoración del teñido de la fibra textil después del lavado

Escala	Valoración
8	Excelente
7	Muy buena
5	Buena
3	Regular
1	Escasa

Fuente: (Guerrero, 2011, p.43).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.6.2. Solidez al frote

Es la resistencia que posee el textil teñido a los efectos del frote (Paredes, 2002, p.89).

1.6.3. Solidez a la luz

Se refiere al grado de solidez que presenta la fibra textil teñida bajo los efectos de la luz solar o fuentes de luz artificial (Paredes, 2002, p.89).

1.7. Métodos para caracterización de los colorantes

1.7.1. Espectrofotometría Ultravioleta-Visible

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que se fundamenta en la absorción de la radiación electromagnética de las moléculas en diferentes regiones del espectro provocando transiciones electrónicas a longitudes de onda comprendida entre los 160-700 nm característico de la estructura molecular de un compuesto (Choque, 2018, p.42). De manera general la espectrofotometría UV-Vis permite la determinación cuantitativa y cualitativa de compuestos orgánicos, además, para la determinación de la concentración de compuestos en solución (Díaz, p.1). En la región visible se aprecia el color de una solución a la longitud de onda de luz que transmite, por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe la luz la solución coloreada (Choque, 2018, p.42).

Tabla 10-1: Referencia de la longitud de onda a partir de un análisis espectrofotómetro UV-Visible

Longitud de onda máxima absorbancia (nm)	Color Absorbido	Color observado
380-420	Violeta	Amarillo verdoso
420-440	Azul violáceo	Amarillo
440-470	Azul	Naranja
470-500	Verde azulado	Rojo
500-520	Verde	Purpura
520-550	Verde amarillo	Violeta
550-580	Amarillo	Azul violáceo
580-620	Naranja	Azul
620-680	Rojo	Verde azulado
680-760	Purpura	Verde

Fuente: (Quinde, 2019).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

1.7.2. Espectrofotometría Infrarrojo IR

La espectroscopia IR es un método de medida de la absorción de la radiación infrarroja del espectro electromagnético que se encuentra entre la región visible y microondas (Moldovan, 2016, p.38). Se divide en tres regiones denominadas (cercano, medio y lejano) siendo la región comprendida entre los 4000 a 400 cm^{-1} la más utilizada para la mayoría de aplicaciones (Téllez, 2019, p.9).

Tabla 11-1: Longitud de onda para distintos rangos en el infrarrojo

Infrarrojo	cm^{-1}
Lejano	10-650
Medio	650-4000
Cercano	4000-12500

Fuente: (Pique, 2012, p.3).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

La espectroscopia IR es una de las técnicas más empleadas para la identificación de los grupos funcionales de un compuesto a través de la determinación de la frecuencia a la que los distintos grupos funcionales presentan bandas de absorción en la región infrarrojo (Francisco, 2012). Es decir,

cuando la radiación infrarroja incide sobre una molécula esta experimenta cambio en los estados vibracionales generando un empaquetamiento compacto entre las bandas de adsorción, llamadas espectro de adsorción IR (Moldovan, 2016, p.38). A través de un espectro infrarrojo se pueden deducir información de las bandas asociadas a prácticamente todos los compuestos moleculares. Dichas bandas corresponderían a un movimiento de vibración de uno de los enlaces dentro de la molécula (Pique, 2012, p.3). En otras palabras el espectro de una sustancia representa la huella dactilar para su identificación (Moldovan, 2016, p.38).

1.7.3. Colorimetría

1.7.3.1. Generalidades

La colorimetría es la técnica que estudia la medida de los colores y desarrolla métodos para la cuantificación y percepción del color a través de términos numéricos basados en la cantidad de luz reflejada por el objeto (Quinde, 2019). Es utilizada ampliamente en la industria de pinturas, textiles, alimentos y bebidas, productos farmacéuticos y cosméticos y productos que reflejan o transmiten el color. Los espectrofotómetros triestímulo son instrumentos de medición y formulación del color a través de la reflectancia o transmitancia de un objeto a lo largo del espectro de longitudes de ondas visibles desde los 400 a 700 nm y lo transforman matemáticamente en valores triestímulo CIE XYZ bajo ese iluminante (Konica, 2015). La espectrofotometría proporciona alta precisión y generalmente se utiliza en aplicaciones de formulación de color e investigación.

1.7.3.2. Color

El término color hace referencia a la percepción visual que recibimos a través de los ojos a distintas longitudes de onda en la región visible 400 a 700 nm (Marcano, 2018, p.12).

Suárez, (2017) indica que el color es el efecto producido por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales (ojos) por un tono de luz específico del espectro cromático.

1.7.3.3. Espacio CIELAB

Las siglas CIE (“Comisión internacional de L’Eclairage” o Comisión Internacional de Iluminantes) que define la sensación del color por medio de tres coordenadas colorimétricas (Mendoza, 2015, p.3). L^* : Luminosidad o claridad 0 negros a 100 blancos, a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad donde indican direcciones de color a^* : ($+a^*$ rojo— a^* verde), b^* : ($+b^*$ amarillo— b^* azul) y son magnitudes adimensionales (Quinde, 2019).

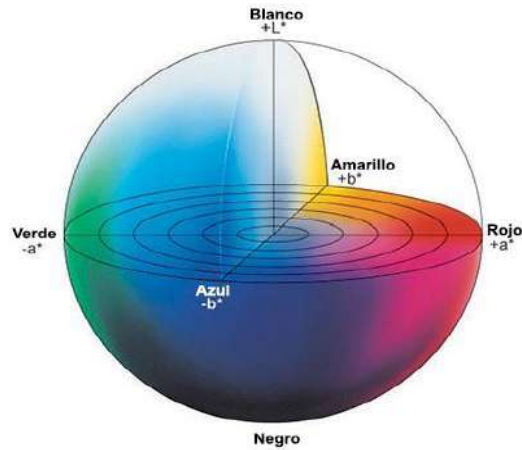


Figura 18-1: Representación de las coordenadas del espacio de color CIELAB

Fuente: (Valverde, 2015, p.28).

Según Mathias, (2014) el espacio de color (C^* , h° , L^*) utiliza el mismo diagrama que el espacio (a^* , b^* , L^*) pero emplea coordenadas cilíndricas en lugar de rectangulares resultando un sistema tridimensional esférico ligadas a las coordenadas de cromaticidad que determina la pureza o saturación del colorante, h° indica el ángulo de tono, se calcula a través de las siguientes expresiones:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Fuente: (Herrera et al., 2011).

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Fuente: (Herrera et al., 2011).

El espacio de color CIELAB es uno de los sistemas actualmente empleados para determinar el color de un objeto mediante un modelo cromático, es decir se basa en la teoría de la percepción del color de la misma manera que establece el ojo humano (verde, rojo y azul) (Quinde, 2019). La CIE estableció varias fuentes de iluminantes normalizadas en función de la curva espectral como la iluminación estándar D65-luz de día que es utilizado por la industria textil además de otras industrias. De igual manera se estableció que la iluminación del objeto debe realizarse en un ángulo de 45° y un observador estándar de 10° (Pau Talens Oliag, 2016)

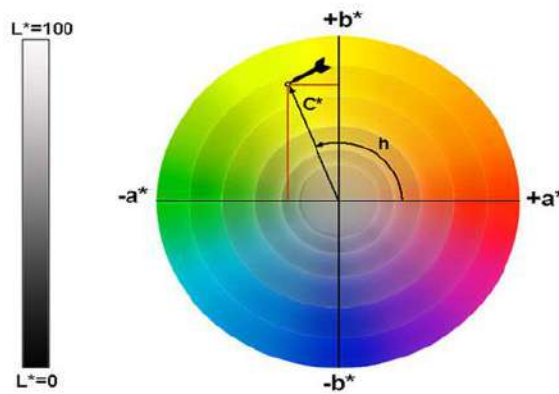


Figura 19-1: Coordenadas rectangulares y cilíndricas del espacio de color CIELAB

Fuente: (Mendoza, 2018, p.26).

1.8. Tamizaje Fitoquímico

El tamizaje Fitoquímico o “Screening” Fitoquímico es una de las etapas iniciales de la investigación Fitoquímica, que permite determinar cualitativamente los principales grupos de constituyentes químicos presentes en una planta a través de reacciones de coloración y precipitación con el fin de aislar los grupos de mayor interés (Salazar & Jaime, 2011, p.16)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Hipótesis

2.1.1. General

- El colorante natural obtenido a partir de la cúrcuma (*longa linn*) puede ser utilizado como sustituyente del colorante artificial para el uso en la industria textil.

2.1.2. Específicos

- Ho: Los factores concentración del extracto (%m/v) y tiempo de extracción influirán en la obtención del colorante de cúrcuma.
- Ha: Los factores concentración del extracto (%m/v) y tiempo de extracción no influirán en la obtención del colorante de cúrcuma.

2.2. Identificación de Variables

2.2.1. Variable dependiente

- Colorante natural a partir de cúrcuma (*longa linn*).

2.2.2. Variable Independiente

- Concentración del extracto (%m/v)
- Tiempo de extracción (min)

2.3. Lugar de Estudio

El lugar donde se ejecutó la investigación pertenece a los laboratorios de productos naturales, química orgánica y laboratorio de Investigación en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la Panamericana Sur km 1 ½.



Figura 1-2: Mapa de ubicación de la ESPOCH

Fuente: Google Maps, 2021.

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

2.4. Tipo y diseño de Investigación

La investigación realizada es de tipo aplicada, porque se utilizó información de teorías y estudios desarrollados sobre la aplicación de la Cúrcuma que permitieron describir procesos y situaciones en los ensayos realizados. La investigación realizada es tipo experimental basada en la extracción del colorante natural a partir de la cúrcuma con un enfoque cuantitativo porque se utilizó análisis fisicoquímicos y colorimétricos cuantificables para comprobar que el colorante obtenido es de calidad.

2.5. Diseño experimental

El experimento de la investigación se realizó con un diseño experimental $A \times B$ o 3^2 , diseño que permite estudiar la manera en la que influye cada factor sobre la variable respuesta (Gutiérrez, H; et al., 2008, p.116). Los factores a estudiar fueron: Concentración del extracto (%m/v) (denotado factor A) y tiempo de extracción (min) (denotado factor B) ambos con tres niveles, donde se identificaron 9 tratamientos y 27 réplicas respectivamente. La variable respuesta fue la obtención del colorante natural de cúrcuma. Como detallan en la siguiente Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Diseño experimental $A \times B$

FACTOR A: Concentración del colorante en % m/v	FACTOR B: Tiempo de Extracción (min)		
	60	90	120
12,5	3 réplicas	3 réplicas	3 réplicas
8,33	3 réplicas	3 réplicas	3 réplicas
6,25	3 réplicas	3 réplicas	3 réplicas

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

2.6. Método Estadístico

El diseño de la investigación fue experimental, con un diseño A×B. Los resultados de los diferentes tratamientos se analizaron mediante el proceso de análisis de varianza ANOVA. Se utilizó el software estadístico Minitab. Como existieron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de rango de Tukey.

2.7. Origen de la materia prima

La materia prima considerada para llevar a cabo esta investigación fue el rizoma de la cúrcuma (*longa linn*) que se desarrolla en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas-Ecuador.

2.8. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra, se realizó de forma manual y a conveniencia del investigador pues se seleccionó a los rizomas de cúrcuma considerando las mejores características como tamaño, madurez y aquellos que estuvieron sanos es decir sin golpes ni picaduras de insectos.

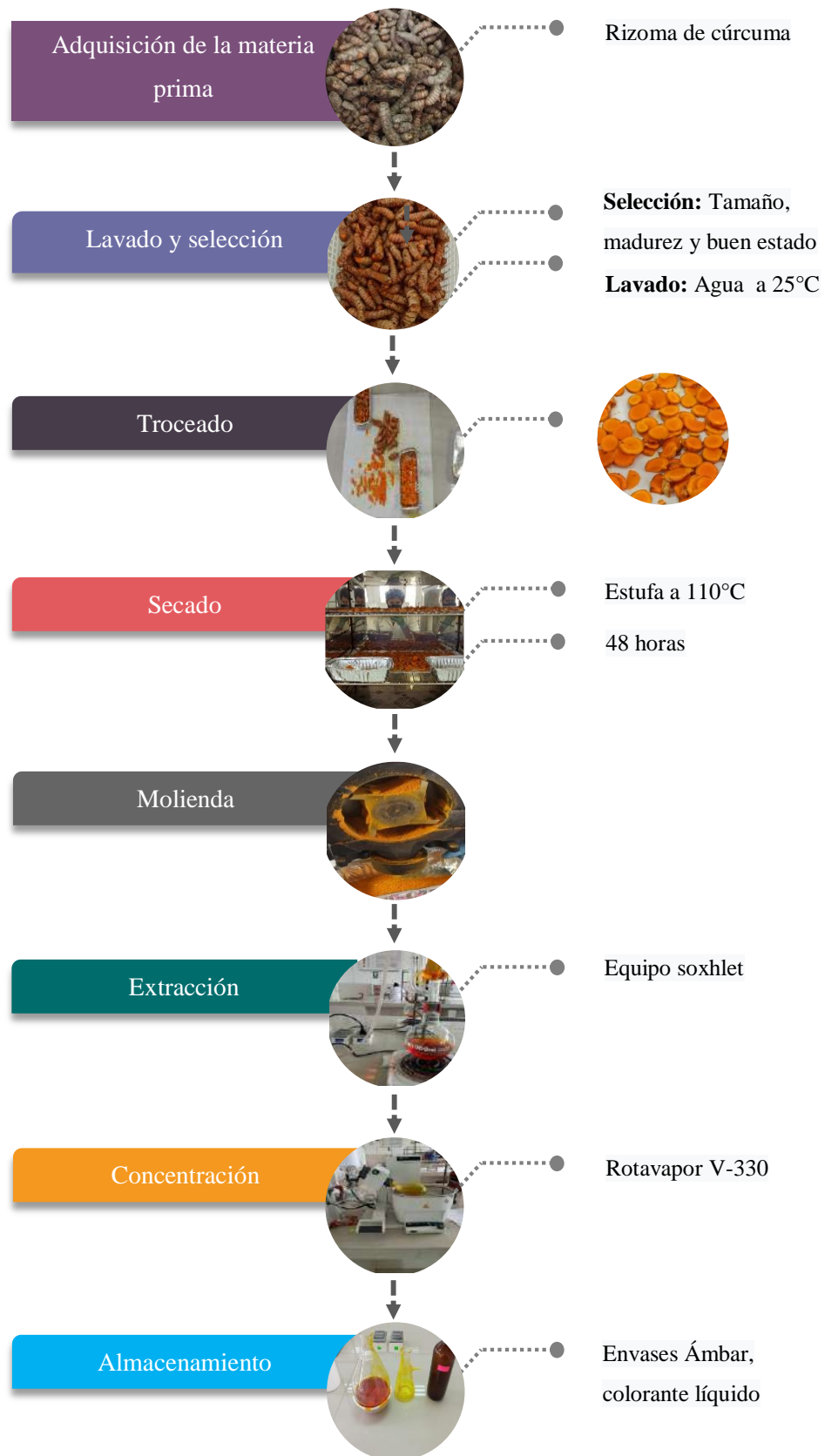
2.9. Tamaño de la Muestra

Para la aplicación experimental del procedimiento para la obtención del colorante se partió de una cantidad 8 kg de rizomas de Cúrcuma para el método de extracción soxhlet.

2.10. Unidad de Análisis

La unidad de análisis con el que se trabajó es el colorante natural extraído del rizoma de cúrcuma.

2.11. Proceso de Obtención del Colorante Natural de Cúrcuma



Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

2.12. Materiales, equipos y reactivos

2.12.1. Materiales utilizados en la investigación

Materiales	Cantidad	Descripción
Vasos de precipitación 250 ml	7	Pirex, vidrio
Vasos de precipitación 100 ml	5	Pirex vidrio
Pipetas gradadas 10 ml	4	Pirex vidrio
Tubos de ensayo	8	Pirex, vidrio
Vidrio reloj	9	Pirex, vidrio
Gradilla	2	Metálica
Probetas de 250 ml	3	Overol, Pirex vidrio
Espátula	1	Metálica
Picnómetro de 10 ml	3	Vidrio
Pinzas de tubos	3	Metálica
Pipeta Pasteur	5	Plástico

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

2.12.2. Reactivos

Reactivos	Pureza	Aplicación
Etanol	96%	Extracción soxhlet
Cloroformo	-	Ensayo de Lieberman-Buchard
Cloruro Férrico	Para análisis	Ensayo de Cloruro Férrico
Anhídrido Acético	-	Ensayo de Lieberman-Buchard
Ácido Sulfúrico	94-97	Ensayo de Lieberman-Buchard
Alumbre potásico	-	Mordiente
Ácido Acético glacial	100	Solubilidad
Peróxido de hidrogeno	Para análisis	Blanqueamiento de la fibra de algodón
Agua destilada	Para análisis	-

Elaborado por: Arévalo D & Sanaguano H, 2021.

2.12.3. Equipos

Equipo	Descripción
Equipo Soxhlet	Glassco 45/40
Rotavapor	Vacuum Pump V-330
pH-metro	Fisher scientific, modelo XL150
Agitador magnético	Thermo scientific, modelo Cimarec
Espectrofotómetro Infrarrojo	Jasco, modelo FT/IR-4100
Espectrofotómetro UV-Visible	Evolución 220 UV-Visible Thermo Scientific
Refractómetro	Modelo RA-620
Refractómetro triestímulo	Modelo PCE-CSM-20

Elaborado por: Arévalo D & Sanaguano H, 2021.

2.13. Técnicas

2.13.1. Análisis fisicoquímicos cualitativos

2.13.1.1. Ensayo de Liebermann-Burchard

Fundamento: Permite reconocer la presencia de triterpenos y/o esteroides.

Procedimiento: Si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, se debe evaporar el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1 mL de cloroformo. Adicionar 1 mL de anhídrido acético y mezclar bien. Por la pared del tubo de ensayo se dejan resbalar 2-3 gotas de H₂SO₄ concentrado sin agitar. Un ensayo positivo se tiene por un cambio rápido de coloración (Llontop & Rojas, 2014, p.11).

1. Rosado-azul muy rápido.
2. Verde intenso-visible, aunque rápido.
3. Verde oscuro-negro-final de la reacción.

La reacción de Liebermann-Burchard se emplea también para diferenciar estructuras esteroidales de los triterpenoides, las primeras producen coloraciones azules o azul verdoso, mientras que para las segundas se observa rojo, rosado o púrpura. Estas coloraciones pueden variar por interferencias producidas por carotenos, xantofilas y esteroides saturados que puedan estar presentes (Bermejo de Saa; et al, 2014, p.675). Para realizar este ensayo no puede haber agua en el medio ya que el H₂SO₄ puede reaccionar violentamente (Llontop & Rojas, 2014, p.11).

2.13.1.2. *Ensayo de resinas*

Procedimiento: Adicionar 2 mL de la solución alcohólica al tubo de ensayo y añadir 10 mL de agua destilada. La aparición de un precipitado, indica un ensayo positivo (Llontop, & Rojas, 2014, p.10).

2.13.1.3. *Ensayo del cloruro férrico*

Fundamento: Permite reconocer la presencia de compuestos fenólicos y/o taninos en un extracto vegetal. Si el extracto de la planta se realiza con alcohol, el ensayo determina tanto fenoles como taninos (Llontop, & Rojas, 2014, p.12).

Procedimiento: A una alícuota del extracto alcohólico se adiciona 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5 % en solución salina fisiológica (cloruro de sodio al 0.9 % en agua). Si el extracto es acuoso, el ensayo determina fundamentalmente taninos. A una alícuota del extracto se añade acetato de sodio para neutralizar y tres gotas de una solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica, un ensayo positivo puede dar la siguiente información general:

- Desarrollo de una coloración rojo-vino, compuestos fenólicos en general.
- Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos.
- Desarrollo de una coloración azul, taninos del tipo pirogalotánicos (Llontop & Rojas, 2014, p.12).

2.13.1.4. *Ensayo de mucílagos*

Fundamento: Permite reconocer en los extractos vegetales la presencia de esta estructura tipo polisacárido, que forma un coloide hidrófilo de alto índice de masa que aumenta la densidad del agua donde se extrae (Llontop, & Rojas, 2014, p.13).

Procedimiento: Para ello colocar en un tubo de ensayo una alícuota del extracto en agua, dejar enfriar a 0-5 °C, si la solución toma una consistencia gelatinosa el ensayo es positivo (Bermejo de Saa; et al, 2014, p.675).

2.13.2. *Método de extracción soxhlet*

Para el proceso extracción del colorante natural de cúrcuma por el método soxhlet, se utilizó un tamaño de muestra de 12,5 (g) de cúrcuma para todos los tratamientos, utilizando como solvente etanol al 96% en diferentes proporciones de volumen 100, 150 y 200 ml a diferentes tiempos de extracción 60, 90 y 120 min respectivamente para cada tratamiento.

Procedimiento:

1. Pesar 12,5 g de polvo de cúrcuma y colocar en el dedal de papel filtro previamente preparado
2. Introducir el dedal poroso en la cámara de sifonación y colocar en el balón 100 ml de solvente (etanol 96%) repetir el proceso con 150 y 200 ml.
3. Agregar el refrigerante y conectar las mangueras a un grifo de agua
4. Encender el reverbero y esperar 1 h para que el colorante salga de la materia prima, repetir el proceso con 90 y 120 min.
5. Posteriormente se coloca en un frasco ámbar y se almacena para la concentración.

2.13.3. Concentración del colorante natural de cúrcuma

Para la concentración del colorante se utilizó el equipo Rotavapor Vacuum Pump V-330. La concentración de los colorantes naturales tiene como propósito la recuperación del solvente utilizado en la extracción y obtener un extracto concentrado (Quishpe, 2018).

Procedimiento:

1. Conectar el equipo a la tomacorriente de 110 V y las mangueras a la fuente de agua.
2. Encender el equipo rotavapor sumergir el balón con el extracto de colorante al baño maría y contralar la rotación y la temperatura 45°C
3. Medir el volumen de etanol recuperado.
4. Pesar el balón con el extracto.
5. Almacenar el concentrado en un frasco ámbar.

Ecuación 1-2: Determinación del rendimiento

$$\%R = \frac{P_i}{P_f} \times 100$$

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica 2021.

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Donde:

P_i = Peso del balón vacío (g)

P_f = Peso del balón con el extracto (g)

100= Factor matemático

2.13.4. Análisis físicos químicos

2.13.4.1. Parámetros organolépticos

Fundamento: Implica el uso de los sentidos humanos, para evaluar parámetros como el olor, color, sabor y la apariencia de una muestra, es un análisis cualitativo (Barreno, 2019)

Procedimiento:

1. En 4 tubos de ensayo limpios colocar un volumen representativo de colorante.
2. Tapar el tubo con la muestra hasta homogeneizar por 5 min.

Color:

- En un fondo blanco observar el color del colorante mediante la vista

Olor:

- Evaluar el olor mediante el sentido del olfato

Sabor:

- Evaluar el sabor a través del sentido del gusto

Apariencia:

- Observar la homogeneidad del colorante líquido y verificar la presencia de grumos u otras partículas presentes.

2.13.4.2. Medición de pH

Fundamento: La medición de pH se usa para determinar el grado de acidez y alcalinidad de una solución (Barreno, 2019).

Procedimiento:

1. Conectar el pH-metro a un tomacorriente de 110 V.
2. Retirar la solución buffer y calibrar el pH-metro con las soluciones tampón de pH 4, 7, 10 a 25°C
3. Lavar el electrodo con abundante agua destilada y secar con papel absorbente
4. Homogeneizar la muestra agitando con movimiento circulares, proceder a sumergir el electrodo en la muestra (colorante)
5. Esperar hasta que la pantalla del pH-metro de la lectura del valor del pH de la muestra
6. Posteriormente se lava el electrodo con agua destilada para las siguientes mediciones (Barreno, 2019).

2.13.4.3. Medición de la densidad

Fundamento: Cantidad de masa en un determinado volumen (Barreno, 2019).

Procedimiento:

1. Tener limpio y seco el picnómetro
2. Pesarse el picnómetro vacío en la balanza analítica
3. Colocar agua destilada y posteriormente pesarse
4. Pesarse el picnómetro con el colorante
5. Limpiar el picnómetro de todos los residuos que hayan quedado

Ecuación 2-2: Determinación de la densidad

$$\rho_c = \frac{P_f - P_i}{V_p}$$

Donde:

ρ_c = Densidad del colorante (g/ml)

P_i = Masa del picnómetro vacío (g)

P_f = masa del picnómetro lleno con colorante (g)

V_p = Volumen del picnómetro (10ml)

2.13.4.4. Análisis de solubilidad

Para la evaluación de solubilidad se realizaron pruebas en aceite vegetal comestible, agua y ácido acético glacial, para lo cual se utilizaron tubos de ensayo y posteriormente se colocó una relación 1/9 colorante solvente respectivamente, se procedió a una agitación de 2 min y se observó la solubilidad.

Procedimiento:

– *Solubilidad en aceite vegetal comestible*

1. En 1 tubo de ensayo añadir 9 mL de aceite, colocar sobre este 1 (mL) de colorante natural
2. Dejar reposar durante 5 min
3. Evaluar si es soluble o insoluble

– *Solubilidad en agua destilada*

1. En 1 tubo de ensayo añadir 9 mL de agua destilada, colocar sobre 1 (mL) de colorante natural
2. Dejar reposar durante 5 min
3. Evaluar si es soluble o insoluble

– *Solubilidad en compuestos orgánicos*

1. En 1 tubo de ensayo añadir 9 mL de ácido acético glacial y colocar sobre este 1 (mL) de colorante natural
2. Dejar reposar durante 5 min
3. Evaluar si es soluble o insoluble

2.13.4.5. Medición de los Grados Brix e Índice Refracción

Fundamento: Grados Brix: Permite determinar la concentración de sacarosa por 100 mililitros de una solución. Índice de refracción: Indica el comportamiento de la luz al atravesar la muestra (Barreno, 2019).

Procedimiento:

1. Encender el equipo en un tomacorriente de 110 voltios
2. Calibrar el equipo, se presiona el botón “CHECK”
3. Después se presiona “WATER CALIBRATION”
4. Limpiamos el lente y colocamos 2 mL agua destilada en el prisma del equipo y taparlo
5. Esperar que el equipo de la lectura del agua destilada.
6. Limpiar el lente con papel absorbente
7. Con la ayuda de una pipeta Pasteur colocar en el prisma 1 gota del colorante natural y taparlo
8. Presionar el botón inicio y esperar a que el equipo de la lectura de la muestra
9. Registrar el valor obtenido de grados Brix e índice de refracción de la muestra
10. Limpiar con etanol el lente para evitar residuos del colorante
11. Apagar el equipo.

2.13.4.6. Medición del espectrofotómetro UV-Visible

Fundamento: La luz es absorbida por la muestra a una longitud de onda por con la cual permite determinar la concentración del analito (Barreno, 2019).

Procedimiento:

1. Lavar el material con agua destilada todo el material a utilizar
2. Conectar el equipo a una fuente de 110 Voltios y encender con el botón home
3. Realizar un blanco con etanol, añadir 5ml en la celda de cuarzo colocarlo en el portaceldas, cerrar la tapa y presionar el botón zero base para encerrar
4. Colocar 1 ml de colorante y 4 ml de etanol en la celda de cuarzo, colocar la celda con la muestra en el portaceldas, cerrar la tapa, presionar el botón run y realizar el barrido inteligente para determinar la longitud de onda (λ) y la absorbancia de la lectura, tomar en cuenta que el valor teórico de λ para la curcumina fluctúa de 400-550nm

5. Imprimir el espectro obtenido
6. Lavar con cuidado las celdas de cuarzo con agua destilada y por último apagar el equipo (Barreno, 2019).

2.13.4.7. Medición del espectrofotómetro infrarrojo (IR)

Fundamento: Es una técnica analítica que permite determinar la composición de grupos funcionales (Barreno, 2019)

Procedimiento:

1. Conectar el espectrofotómetro infrarrojo y la computadora a una fuente 110 V, encender mínimo 30 min antes de la lectura para que corra el software
2. Limpiar el cristal de equipo con algodón y alcohol antiséptico
3. Con una pipeta Pasteur colocar 1 gotas del colorante en el cristal del equipo sin tocarlo y bajar la tapa
4. Realizar el corrido espectral con el software “Spectra Analysis”
5. Una vez que los espectros aparezcan en la pantalla del computador, dar clic para ajustar el tamaño, el número de onda y seleccionar los picos más representativos
6. Copiar los espectros a un documento de Word y guardar en una memoria usb
7. Limpiar cuidadosamente el cristal del equipo con algodón y alcohol antiséptico
8. Apagar el equipo y el computador
9. Interpretar los espectros dados por el equipo (Barreno, 2019).

2.13.4.8. Medición del Color Espectrofotometría

Fundamento: Es un instrumento de medida que permite cuantificar el color de un objeto dentro del espacio de color CIELAB (Barreno, 2019).

Procedimiento:

1. En un vaso de 50 ml colocar 30 ml de colorante natural
2. Recortar un círculo de papel filtro del tamaño de una moneda de 50 ctvs
3. Sumergir el papel filtro en el colorante y dejar reposar 5 min para que quede coloreado uniformemente
4. Sacar el papel filtro del vaso y dejarlo secar durante 24 horas
5. Calibrar el equipo
6. Proceder con la medición del color de la muestra.
7. Anotar los valores L^* , a^* , b^* en el espacio y proceder a tabular el color
8. Apagar el equipo

Ecuación 3-2: Cálculo de la cromaticidad

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Fuente: (Herrera; et al., 2011).

Donde:

C = Cromaticidad

a = Coordenadas (+a*rojo - -a*verde)

b = Coordenadas (+b*amarillo - -b*azul).

Ecuación 4-2: Cálculo del Tono

$$h^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^{*}}{a^{*}} \right)$$

Fuente: (Herrera; et al., 2011).

Donde:

h° = Tono

a = Coordenadas (+a*rojo - -a*verde)

b = Coordenadas (+b*amarillo - -b*azul).

*2.13.5. Aplicación del colorante natural obtenido en algodón y seda**2.13.5.1. Preparación del material textil*

Se cortó y pesó en la balanza cuadros de aproximadamente 25×10 cm de tela de algodón y seda, este peso fue aproximadamente 10 g de cada uno. Se lavó con detergente y con agua la tela de algodón para la eliminación de las pelusas superficiales y se efectuó un blanqueamiento con peróxido de hidrógeno. Para la tela de seda se realizó únicamente un proceso de lavado con detergente y agua para eliminar la sericina que está en la fibra natural.

2.13.5.2. Premordentando

Una vez limpia la tela de algodón y seda, se mide 200 ml de agua y se vierte en un recipiente con un volumen de 500 mL. Acondicionar la plancha donde se va a calentar la solución, se configura con temperatura de 70°C y esperar aproximadamente 30 min. Pesar 3 (g) de mordiente (alumbre) y agregar cuando la solución haya llegado a los 70°C, esperar a que se disuelva con ayuda de un agitador magnético y subir a 200 revoluciones la plancha. Cuando esté disuelto el mordiente introducir las prendas textiles (algodón y seda) y sumergirla muy bien para que toda la tela quede

sumergida en su totalidad. Esperar 20 min y 200 revoluciones. Una vez terminado retirar el textil de la solución y enjuagar dos veces con agua para retirar residuos (Mellizo, 2018, p.32).

2.13.5.3. Teñido

Para el proceso de teñido del algodón y seda se procede a lo siguiente:

En un vaso de precipitación de 250 mL agregar 200 mL de H₂O y calentar a 25°C durante 10 minutos. Añadir 0.8 g de colorante natural de Cúrcuma y dejar a ebullición durante 3 min. Introducir la tela de algodón y seda previamente tratada con el mordiente y subir la temperatura gradualmente hasta llegar a los 80°C a esta temperatura se mantiene constante durante una hora. Se bajó la temperatura a 40°C y se añadió 1 mL de ácido acético (concentración 10%) se dejó recircular durante 10 (min) más, y luego se lava y se puso a secar la tela (Guerrero, 2011, p.39).

Para determinar los gramos necesarios de colorante se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 5-2: Gramos de colorante

$$\text{g colorante} = \frac{\text{peso de la fibra} \times \text{porcentaje del colorante}}{100}$$

Fuente: (Guerrero, 2011, p.39).

2.13.5.4. Pruebas de calidad

Los valores utilizados para determinar la solidez al lavado y a la luz solar se detalla en la Tabla 2-2.

Tabla 2.2: Escala cualitativa de la valoración del teñido de la fibra textil al lavado y luz solar

Escala	Valoración
5	No destiñe (Excelente)
4	Destiñe un poco (Muy buena)
3	Destiñe sensiblemente (Buena)
2	Destiñe fuertemente (Regular)
1	Destiñe muy fuertemente (Malo)

Fuente: (Paredes, 2002, p.109).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

– *Pruebas de solidez al lavado*

Para el test de solidez al lavado se comparó con un colorante sintético (Amarillo cód.: 27, tintes magic one), colorante que tiene un valor de 7 en la escala AATCC, es decir tiene una solidez al lavado muy bueno. La tintura con el colorante sintético se realizó en las mismas condiciones del teñido como el colorante natural (Guerrero, 2011, p.43).

Procedimiento:

Cortar una muestra textil blanca de algodón de 25x10 cm y colocarlo en medio de la muestra tinturada. Lavar las muestras con una solución de agua con jabón neutro a 25°C, y evaluar la transferencia de color hacia el material testigo Tabla 2-2. Para evaluar la migración de color o grado de desmanche se utiliza la escala de grises AATCC (Asociación Americana de químicos de textil y coloristas), esta plantilla es una escala de colores de elevado valor comercial y solo es vendida a empresas (Guerrero, 2011, p.43).

– *Pruebas de solidez a la luz solar*

Procedimiento:

1. Exponer las muestra teñidas a la luz solar durante 10 días. (Fernández & Saavedra, 2019, p.52).
2. Observar la degradación del color.

– *Prueba de solidez al frote*

Fundamento: Test que tiene como objetivo evaluar los tejidos tintados utilizando dos muestras blancas en seco y húmedo, para comprobar la eficacia del color mediante el frote (Vele, 2017, p.102).

Procedimiento:

1. Cortar dos pedazos de tela de algodón, de 10x10 cm.
2. Colocar sobre una superficie firme la muestra tinturada y poner sobre los filos cinta adhesiva para evitar que la muestra se mueva mientras se realiza la prueba.
3. Utilizar un pedazo de tela cortada húmeda y pasarlo sobre la muestra tinturada.
4. Utilizar un pedazo de tela cortada en seco y pasarlo sobre la muestra tinturada.
5. Los rangos de calificación se efectúan de acuerdo a como resulta las pruebas de frote (Vele, 2017, p.102).
6. Evaluar el color de desmanche de acuerdo a la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Evaluación de prueba al frote

Transparencia de color	
Grado	Valoración
5	No mancha o manchado insignificante
4	Manchado ligero
3	Manchado notable
2	Manchado considerable
1	Demasiado manchado

Fuente: (Vele, M. 2017, p.102).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Tabla 4-2: Parámetros de evaluación de calidad mediante el frote

Satisfactorio	Pasable	Mínimo	No admisible
Cuando haya cambio aparente entre el 0% y el 10% de acuerdo al mínimo admisible de color	Cuando los resultados muestren entre el 10 y el 20% de cambio admisible de color.	Cuando los resultados marcan el límite de aceptación establecido por los estándares de calidad en cada prueba	Cuando el resultado muestre más de un 20% de cambio admisible de color
5	4	3	2-1

Fuente: (Vele, 2017, p.102).

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

CAPÍTULO III

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos del colorante natural de Cúrcuma (*longa linn*) a través de la caracterización físicos-químicos y colorimétricos para su posterior aplicación en la tinción de fibras textiles algodón y seda.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tamizaje fitoquímico del colorante natural de cúrcuma (*longa linn*)

Tabla 1-3: Tamizaje fitoquímico del extracto etanólico de la raíz de cúrcuma (*longa linn*)

Ensayos	Metabolitos	Identificación
Liebermann-Buchard	Triterpenos	+ + +
Mucilagos	Polisacáridos	+ + +
Resinas	Resinas	+
Compuestos fenólicos		+ + +

+++ Alta evidencia ++ Evidencia + Menos Evidencia -Negativo

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Para la identificación de algunos metabolitos secundarios presentes en el colorante de cúrcuma se procedió a realizar el tamizaje fitoquímico siguiendo el método de Puente E., 2018, con una ligera modificación, en que solo se realizaron los ensayos positivos, con el fin de comparar y evaluar resultados el uno con el otro. Los resultados a partir de reacciones de coloración y precipitación en esta investigación se presentan en la tabla 1-3.

El ensayo de Liebermann-Buchard fue positiva lo que revela la presencia de triterpenos, esta reacción causa instauración en el anillo B y la posición 5-6 del androstano originando un cambio de color rosado-azul (Llontop & Rojas, 2014, p.11).

El ensayo de cloruro férrico fue positivo con una coloración rojo-vino identificando la presencia de compuestos fenólicos en general.

Del mismo modo se confirmó la presencia de resinas, puesto que el extracto acuoso presentó una consistencia gelatinosa. Por último, el ensayo de mucilagos fue positivo con formación de precipitado de color naranja Anexo C.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los resultados reportados por Puente, (2018) cuando analizo el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de las raíces de *Zingiber officinale roscoe* (kion) y Cúrcuma longa L. (Palillo) frente a cepas de *Staphylococcus*

aureus, quienes en su estudio obtuvieron la presencia de metabolitos como: triterpenoides, residas mucilaginosas y compuestos fenólicos en mayor cantidad.

3.2. Resultados del rendimiento del colorante (rotavapor)

Tabla 2-3: Resultados del rendimiento del colorante natural

Tratamiento	Concentración del colorante en (%m:v)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento del colorante (%)
T ₁	12,5	60	7,71
T ₂	12,5	90	10,65
T ₃	12,5	120	14,44
T ₄	8,33	60	11,06
T ₅	8,33	90	14,73
T ₆	8,33	120	19,11
T ₇	6,25	60	14,91
T ₈	6,25	90	18,89
T ₉	6,25	120	21,60
Total			14,79

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Los porcentajes de rendimiento de cada uno de los colorantes concentrados después de la extracción con el equipo soxhlet se muestran en la Tabla 2-3, este ensayo tiene como propósito obtener un colorante concentrado y recuperar el solvente utilizado durante la extracción. T₁=7,71%, T₂=10,65%, T₃=14,44%, T₄=11,06%, T₅=14,73, T₆=19,11%, T₇=14,91%, T₈=18,89%, T₉=21,60%. Al analizar los datos obtenidos se establece que el mayor porcentaje de rendimiento del colorante pertenece al tratamiento 9 con 21,60% de rendimiento siendo superior al resto de colorantes. Como se puede evidenciar los porcentajes de rendimientos más altos se producen al aumentar el tiempo de extracción, esto se debe a que se produce mayor cantidad de sifonadas en el equipo lo que le permite al solvente estar en mayor contacto con la materia prima y por ende produce mayor separación de compuestos. Por otra parte el menor rendimiento presenta el tratamiento 1 con 7,71%, el resultado obtenido pudo deberse a lo mencionado anteriormente. Finalmente el porcentaje de rendimiento promedio fue de 14,79%.

Escalante; et al, (1998) en su investigación obtuvo mejor calidad de producto a partir de rizomas secos y tiempo de extracción de 60 min cabe recalcar que trabajó con tiempos de extracción de 15, 30 y 60 min respectivamente obteniendo mejores resultados de rendimiento en el tiempo de

extracción más alto. De esta manera se puede indicar que el tiempo es un factor importante en la extracción del colorante (Escalante; et al, 1998, p.3).

Posada; et al, (2019) argumenta que el contacto más prolongado entre la materia prima y el solvente permite obtener una mayor cantidad de compuestos y por ende una posibilidad mayor de obtener un mejor rendimiento (Posada; et al, 2019, p.6).

Alvis, A; et al (2011), manifiesta que la concentración alcohólica mejora la extracción de compuestos fenólicos es decir al aumentar la concentración etanólica se extrae mayor cantidad de compuestos fenólicos contenidos en la cúrcuma y su rendimiento es mayor (Alvis; et al, 2011, p.14).

3.2.1. Análisis estadístico para los tratamientos

3.2.1.1. Hipótesis estadística para evaluarse en el ANOVA

Factor A: Concentración del colorante (%m/v)

- Ho: No existe efecto significativo de la concentración del colorante sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.
- Ha: Existe efecto significativo de la concentración del colorante sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.

Factor B: Tiempo de extracción

- Ho: No existe efecto significativo del tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.
- Ha: Existe efecto significativo del tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.

Factor interacción AB

- Ho: No existe efecto significativo de la concentración del extracto (%m/v) y tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.
- Ha: Existe efecto significativo de la concentración del colorante (%m/v) y tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.

3.2.1.2. Resultados del análisis de Varianza.

Para llevar a cabo el análisis estadístico de varianza se utilizó el software Minitab versión 18 donde arrojo los siguientes resultados Tabla 3-3.

Tabla 3-3: ANOVA con los factores (concentración del extracto, tiempo de extracción y la interacción de ambos)

Fuente de Variación	SC	GL	CM	Fo	F critica	Valor - p
A: Concentración del extracto (%m/v)	255,810	2	127,905	84,585	3,55	0,000
B: Tiempo de extracción (min)	230,564	2	115,282	76,237	3,55	0,000
Interacción AB	3,214	4	0,803	0,531	2,93	0,714
Error	27,219	18	1,512			
Total	516,807	26				
R-cuadrada = 94,73% (R cuadrado ajustado = 92,39)						
Error estándar del est. = 1,22969						

Fuente: Minitab Versión 18.

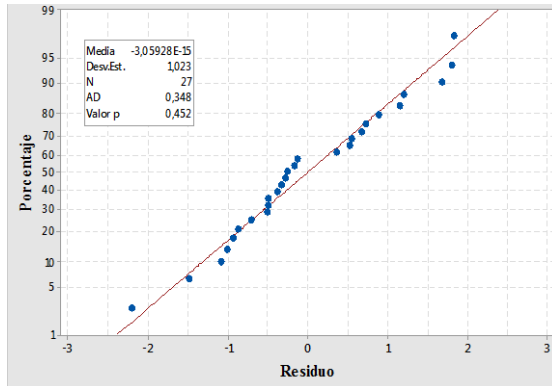
Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

La Tabla 3-3, muestra el análisis de varianza ANOVA para los factores concentración del extracto, tiempo de extracción e interacción de ambos factores donde indica lo siguiente: con un nivel de significancia del 5% se concluye que existe efecto significativo de la concentración del extracto sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma debido a que el valor ($p = 0,000 < \alpha 0,05$). También se concluye que existe efecto significativo del tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma debido a que el valor ($p = 0,000 < \alpha 0,05$). Por ultimo para la interacción AB; como el valor de ($p = 0,714 > \alpha 0,05$) se acepta la H_0 y se concluye que no existe efecto significativo de la concentración del extracto y del tiempo de extracción sobre la obtención del colorante natural de cúrcuma.

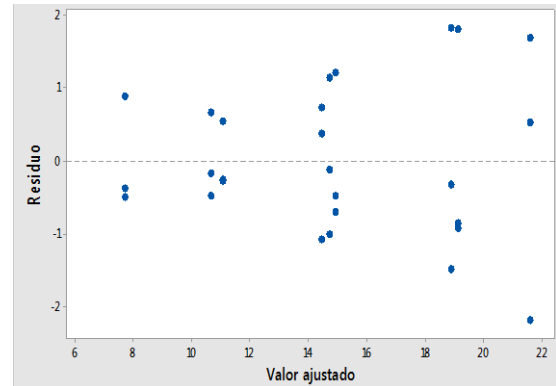
3.2.1.3. Análisis de Gráficos

3.2.1.3.1. Gráficos de supuestos

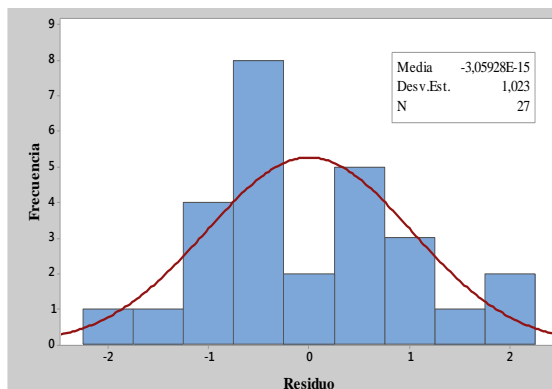
a) Gráfico de probabilidad normal



b) vs. Ajustes



c) Histograma



d) vs. Orden

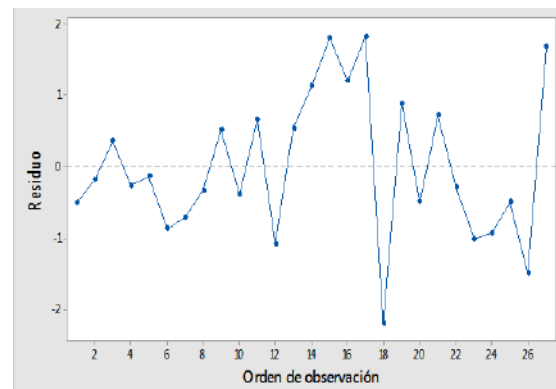


Gráfico 1-3: Gráfico de supuestos: a) Probabilidad Normal b) Residuos vs ajuste c) Probabilidad normal de ajuste d) residuos vs orden

Fuente: Minitab Versión 18.

Elaborado por: Arévalo D. & Sanaguano H., 2021.

Los resultados de verificación de supuestos se muestran en el Gráfico 1-3, la gráfico a) indicó que existe una distribución normal debido a que los puntos se ubican sobre la recta en la gráfica de probabilidad normal y p-valor 0,452 es mayor a α definido 0,05 por lo cual no se rechaza la H_0 de ajuste normal. En el gráfico b) de residuos vs ajuste se observó una distribución de datos sin patrón por lo que se cumple con el supuesto de que los residuos tienen varianza constante. En el gráfico c) de probabilidad normal de los residuos se observa que la media del histograma es aproximadamente cero. Por último, el gráfico d) de residuos vs orden se observa un patrón aleatorio alrededor de la línea central por lo cual se cumple con el supuesto que los errores son independientes entre sí.

3.2.1.3.2. Diagrama de Pareto

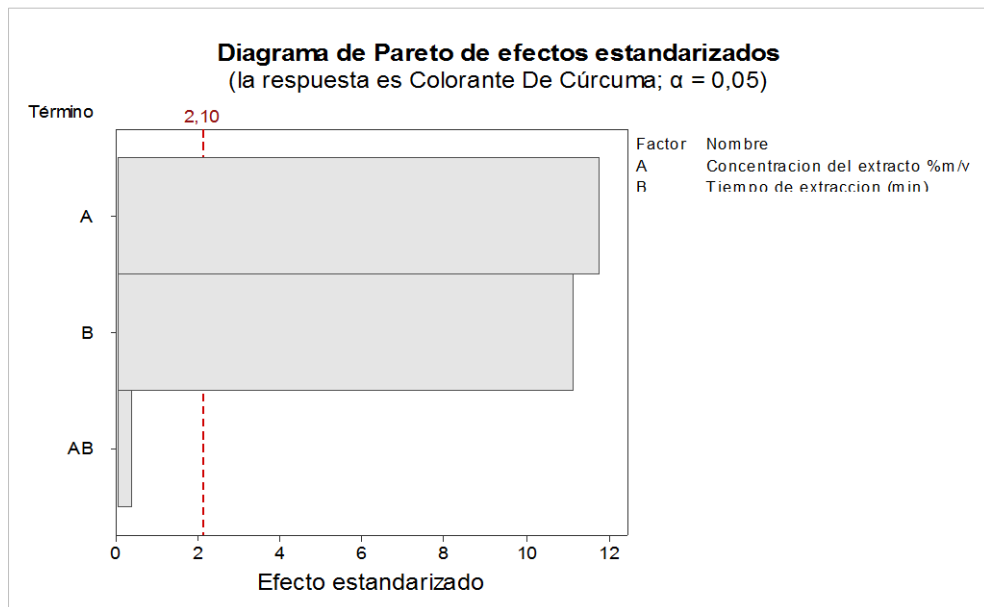


Gráfico 2-3: Diagrama de Pareto para los efectos principales del colorante de cúrcuma

Fuente: Minitab Versión 18.

Elaborado por: Arévalo D. & Sanaguano H., 2021.

En el Gráfico 2-3, diagrama de Pareto, se observa que tanto el factor A concentración del extracto (%m/v) y el Factor B tiempo de extracción (min) tienen efecto significativo sobre el rendimiento del colorante, sin embargo se puede observar que el factor concentración del extracto (%m/v) es el que tiene mayor influencia sobre el rendimiento del colorante. Por otro lado la interacción AB al estar por debajo del valor crítico 2.10 se puede afirmar que no tiene efecto significativo sobre la variable respuesta.

3.2.1.3.3. Gráfico de efectos principales

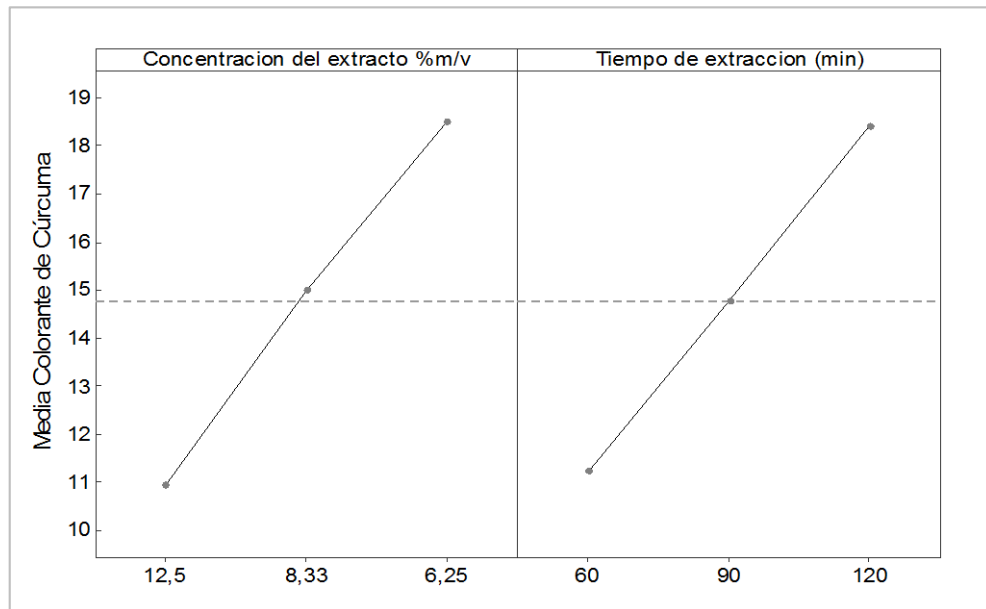


Gráfico 3-3: Efectos principales para la media del resultado del colorante de Cúrcuma

Fuente: Minitab Versión 18.

Elaborado por: Arévalo D. & Sanaguano H., 2021.

El Gráfico 3-3 muestra los efectos principales de los dos factores de estudio (concentración del extracto en (%m/v) y el tiempo de extracción (min), sobre el rendimiento del colorante de cúrcuma) en sus niveles bajo y alto.

Como se puede observar tanto el factor A: concentración del extracto (%m/v) y el factor B: tiempo de extracción (min) cuando pasan de su nivel bajo a su nivel alto, estos producen un aumento en el rendimiento del colorante de cúrcuma, esto se debe que, al aumentar el tiempo de extracción, aumentó el tiempo de contacto que existe entre el solvente y la materia prima (cúrcuma) y por ende existió mayor separación de compuestos. Del mismo, al aumentar el tiempo de extracción aumentó las sifonadas del equipo y la concentración del extracto fue mayor.

3.2.1.3.4. Gráfico de interacción A×B

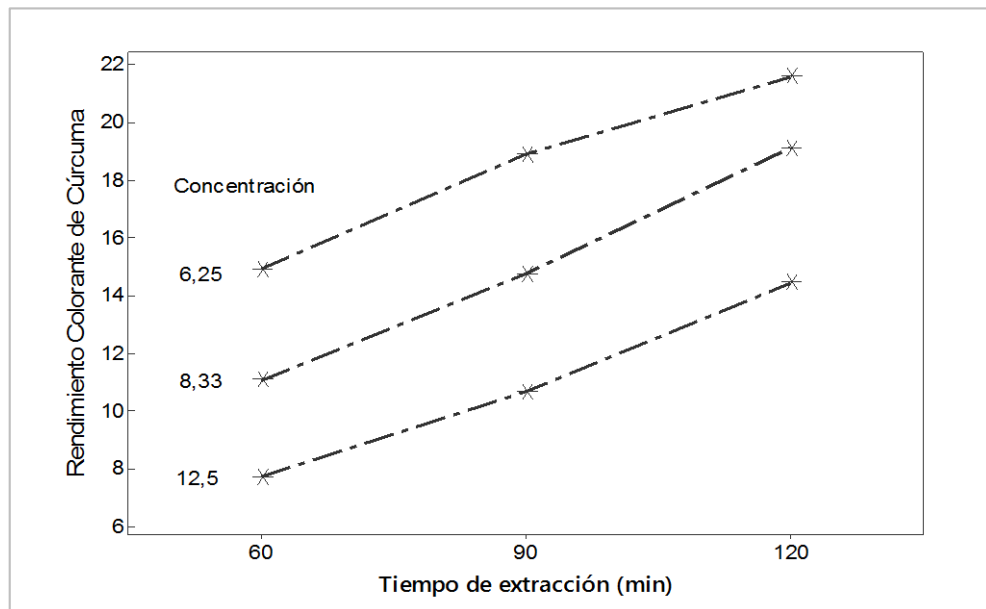


Gráfico 3-3: Interacción de Concentración vs Tiempo de extracción

Fuente: Minitab Versión 18.

Elaborado por: Arévalo D. & Sanaguano H., 2021.

En el Gráfico 3-3, se muestra la interacción entre la concentración del extracto (%m/v) y el tiempo de extracción (min) evidenciándose que se logran los más altos niveles de rendimiento cuando ambas variables están en sus niveles máximos. Además, se observa que cuando se tiene concentraciones y tiempos de extracciones en el nivel más bajo se obtiene colorantes con peores rendimientos en el proceso. Donde también se corrobora en la Gráfica 3-2 de efectos principales de los factores A y B.

3.2.1.4. Método Tukey

Luego de comprobar que existió diferencia significativa tanto para el factor A como para el factor B se procedió a utilizar el método estadístico Tukey este método consiste en hacer comparaciones pareadas e implica encontrar una diferencia significativa entre las medias (Padilla, 2008, p.70).

Factor A:

Hipótesis estadísticas:

- $H_0 = \mu_i = \mu_j$
- $H_a = \mu_i \neq \mu_j$ para todo $i \neq j$

Tabla 4-3: Prueba de Tukey al 5% para el factor A: concentración del extracto (%m/v)

Concentración del Extracto (%m/v)	N	Media	Agrupación	
6,25	9	18,47	A	
8.33	9	14,97	A	
12,5	9	10,93		B

Fuente: Minitab Versión 18.

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

En base a la prueba de Tukey al 5% presente en la Tabla 4-3, se puede afirmar que los factores de concentración de mayor eficacia sobre la variable respuesta (obtención del colorante de cúrcuma) son 6,25 y 8.33 debido a ambos son iguales estadísticamente y generan un mayor rendimiento del colorante. Por otro lado, el factor 12,5 es significativamente diferente.

Factor B:

Hipótesis estadísticas:

- $H_0 = \mu_i = \mu_j$
- $H_a = \mu_i \neq \mu_j$ para todo $i \neq j$

Tabla 5-3: Prueba de Tukey al 5% para el factor B: tiempo de extracción (min)

Tiempo de Extracción (min)	N	Media	Agrupación	
120	9	18,38	A	
90	9	14,76	A	B
60	9	11,23		B

Fuente: Minitab Versión 18.

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

De acuerdo a la Tabla 5-3, de la prueba de Tukey al 5%, se puede apreciar que si hay diferencia entre las medias, los resultados obtenidos apuntan que como ningún grupo de medias tienen letras en común, todas las medias tienen diferencias significativas y ninguna posee similitud en su tamaño. Por otro lado, se puede afirmar que el factor de mayor eficacia sobre la variable respuesta (obtención del colorante de cúrcuma) es el factor de 120 min ya que su media es más alta a diferencia de los otros dos factores de estudio.

3.3. Resultado de los parámetros fisicoquímico del colorante natural

3.3.1. Resultados de las Características organolépticas



Figura 1-3: Colorante Natural de Cúrcuma

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Tabla 6-3: Resultados de las características organolépticas del colorante de Cúrcuma

Dato de Análisis	Rango	Método
Color	Anaranjado rojizo	Visual
Sabor	Picante	Gusto
Olor	Fuerte y característico al origen de su rizoma	Olfativo
Apariencia	Líquida	Visual

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Para la evaluación sensorial se utilizó cuatro parámetros de análisis color, olor, sabor y apariencia del colorante Tabla 6-3, esto se lo determinó mediante los sentidos humanos según el Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Hernández, 2005). De acuerdo al resultado obtenido del colorante extraído mediante el método soxhlet presenta un color anaranjado rojizo esto podría explicarse debido a la presencia del principal componente de la cúrcuma la curcumina que imparte el color amarillo rojizo además de la *curcumina* hay otros pigmentos relacionados la demetoxicurcumina y bis-demetoxicurcumina juntos forman el pigmento del colorante (Sasikumar, 2012). En cuanto al olor y sabor presentado por

el colorante fue en general amargo y picante esta característica podría deberse a la presencia de metabolitos de naturaleza fenólica que fue informado por Sasikumar (2012) con respecto al olor fue agradable y fresco característico de la planta establecido por la ficha técnica de la Fundación Chankuap. Por otro lado, para la apariencia como se muestra en la Figura 1-3, el colorante presenta una apariencia líquida sin presencia de grumos por lo que se lo considera como una sustancia homogénea esta característica favorece la tinción de la muestra.

3.3.2. Resultados de pH, ρ , °Bx, nD

Tabla 7-3: Resultados de pH, ρ , °Bx y nD del colorante natural

Parámetros	Colorante de Cúrcuma
pH	6,38
Densidad (ρ)	0,84
Grados Brix (°Bx)	60,55
Índice de refracción (nD)	1,44318

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Los resultados obtenidos de pH, densidad (ρ), grados brix (°Bx) e índice de refracción (nD) del colorante natural de cúrcuma se muestran en la Tabla 7-3.

Como se puede apreciar el colorante de cúrcuma presentó un pH de 6,38 es un pH ácido que corresponde a un color anaranjado-rojizo con tendencia al amarillo. Coronel (2015), enuncia que el colorante de cúrcuma presenta un color café a pH ácido, amarillo a pH neutro y de color naranja rojizo a pH alcalino además es estable a pH neutro y básico (Coronel, 2015, p.37).

En lo que respecta a la densidad se obtuvo un valor de 0,84 g/ml. Martha F; et al, (2018) realizo una investigación sobre Caracterización físico-química y capacidad antioxidante de extractos del rizoma de Cúrcuma longa L, donde encontró un valor de densidad de 0,81 g/ml los resultados obtenidos en ambas investigaciones se encuentran en un rango próximo, por lo que se puede deducir que el extracto a partir de la cúrcuma son ligeramente inferior a la densidad del agua la densidad esto puede deberse el extracto etanólico de cúrcuma presenta un elevado contenido de compuestos fenólicos.

El índice de refracción es un parámetro propio de cada medio e indica el comportamiento de la luz al atravesar una sustancia (Aguirre; et al, 2016, p.17). El índice de refracción reportado en este estudio es de 1,44318. Aguirre T; et al (2016) en su investigación reporto un índice de refracción de 1,4995 para el aceite esencial obtenido de la cúrcuma siendo ligeramente superior al nuestro, esto puede deberse a los solventes utilizados, puesto que utilizó metanol y éter etílico para la extracción.

Con la densidad y el índice de refracción pueden hacerse deducciones sobre los componentes presentes en las sustancias. Por tanto, densidades e índice de refracción menores de 0,9 y 1,47 respectivamente sugieren un alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos (Aguirre; et al, 2016, p.17).

Los grados Brix identificado para el colorante de cúrcuma fue de 60,55 sin embargo se debe resaltar que los grados Brix son mediciones importantes en el sector de alimentos, puesto que ayuda a medir la cantidad aproximada de azúcar presente en zumos de frutas vinos entre otros (Barreno, 2019).

3.3.3. Resultados de solubilidad del Colorante de Cúrcuma



Figura 2-3: Solubilidad del colorante de cúrcuma

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Para evaluar la solubilidad del colorante natural de cúrcuma se realizaron pruebas en aceite comestible, agua destilada y ácido acético glacial, este ensayo se efectuó para conocer si el colorante es soluble o insoluble en estas sustancias. Para ello se colocó una relación 1/9 colorante solvente respectivamente.

Como se puede observar en la figura 2-3 el colorante obtenido es soluble en solventes polares como el ácido acético glacial mientras que en solventes apolares como el aceite es insoluble esto se debe a que la curcumina es una sustancia hidrófila y el aceite lipófilo. Además se evidenció que el colorante es parcialmente soluble en agua, ya que se produjo pequeños grumos después de 48 horas.

González; et al (2015), menciona que la curcumina es una molécula anfipática lo que capacita ser parcialmente soluble en agua, y soluble en compuestos orgánicos como el etanol, ácido acético glacial y metanol.

3.3.4. Resultados del análisis de Espectrometría IR

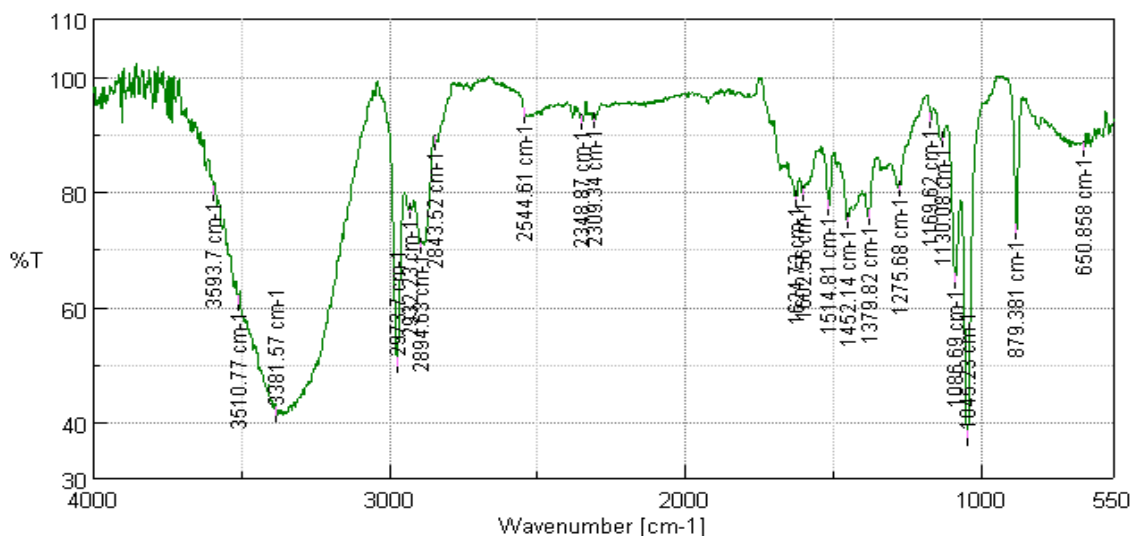


Figura 3-3: Espectro IR del colorante de cúrcuma

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

El espectro obtenido por espectroscopia IR del colorante de cúrcuma Figura 3-3, muestra una banda de absorción hacia los 3381 cm^{-1} , asociado al grupo funcional $-\text{OH}$ que se atribuye a la vibración de estiramiento fenólica. El pico en 1624 cm^{-1} es un pico de vibración de estiramiento por la presencia de dobles enlaces C-C en la curcumina. Los picos 2973.7 y 2932 cm^{-1} corresponden a grupos metilos y metilenos $-\text{CH}_3$ y $-\text{CH}_2$. Los picos 1514 y 1452 cm^{-1} se atribuye a vibraciones de estiramiento del enlace C=C del anillo benceno y vibración de flexión olefinica del enlace C-H del benceno presente en la estructura de la curcumina. Por ultimo $-\text{CH}_3$ cerca de 1379 cm^{-1} (Gabriela, 2018, p.51).

Los datos encontrados de las bandas de absorción por espectroscopia IR también son concordantes con lo que ha sido indicado en otras investigaciones y corresponden a las bandas de los tres curcuminoides presentes en el colorante de cúrcuma: curcumina, dimetoxicurcumina y bis-dimetoxicurcumina (García; et al, 2017).

3.3.5. Resultados del análisis de Espectrofotometría UV-Visible

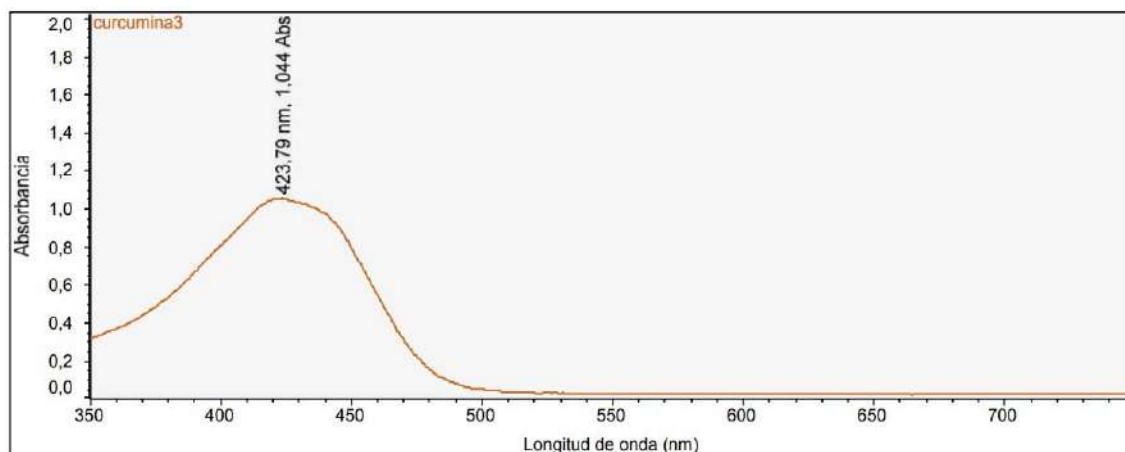


Figura 4-3: Espectro UV-Visible de la curcumina en etanol al 96%

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

El análisis de espectroscopia UV-Vis se lo realizó mediante el espectrofotómetro Evolución 220 UV-Visible Thermo Scientific y se lo determinó con el colorante concentrado con mayor rendimiento, se lo realizó un barrido en el equipo desde una longitud de onda de 350 hasta los 700 nm utilizando etanol al 96% como blanco.

Como se muestra en la Figura 4-3, la longitud de onda del colorante de cúrcuma presentó un máximo de absorción hacia los 423,79 nm. González, J. (2015) menciona que la curcumina por espectroscopia UV se localiza a un pico máximo de absorción hacia los 425 (nm). Mientras que Yuvitza, Bach (2018) enuncia que la curcumina absorbe la luz a una longitud de onda que va entre los 400-500 nm (Yuvitza, 2108, p.28). Con base a los picos de absorbancia mostradas en el marco teórico y en base al pico de absorción obtenida en esta investigación se identifica la presencia de curcumina en el colorante de cúrcuma, puesto que se encuentra próximo al rango establecido para este pigmento.

3.3.6. Resultados de Colorimetría

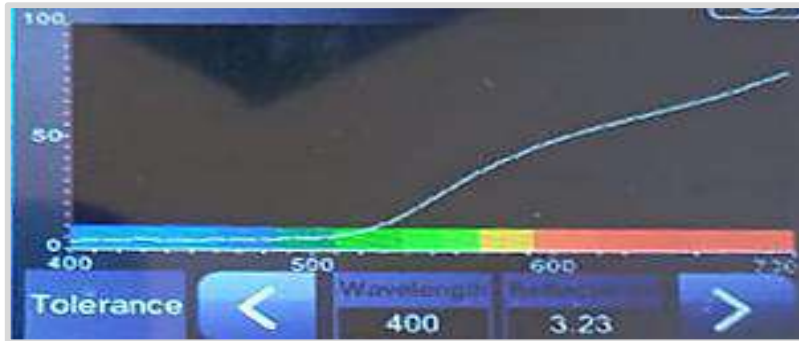


Figura 5-3: Curva de la espectrofotometría del colorante de Cúrcuma en medidor PCE-CSM-20

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Para el análisis de color se utilizó un espectrofotómetro tri-estimulo PCE-CSM 20. El colorante presentó una reflectancia de 3.23 ubicados en el eje de las ordenadas, esto manifiesta la cantidad de luz reflejada por un espacio entre la función de la longitud de onda, en cuanto al eje de las abscisas indica valores de longitud que forman la curva espectral (Torres, 2020, p.75). Para este análisis se utilizó Iluminante D_{65} bajo luz de día y el observador en un ángulo de 10° que es normalmente utilizado en la industria Figura 5-3 (Pau Talens Oliag, 2016).

La muestra:	Colorante de Cúrcuma	e	
L:	66.97	e	
a*:	35.27	e	
b*:	66.53	e	
Calcular			
Los Resultados:			
R	243	X	46.12
G	134	Y	36.59
B	33	Z	6.10
Croma	75.30	HEX	#f38621
HUE	62.1		

Figura 6-3: Análisis del color espacio RGB

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Mediante la utilización del software analysis color, interfaz usada para realizar la medición del color en el sistema CIELAB modelo que se basa en la respuesta de los observadores patrones (estándares) a un estímulo luminoso y ha sido utilizado para el control de calidad en la industria textil, pinturas y alimentos (Herrera; et al, 2011, p.6230). Con los valores obtenidos de las tres coordenadas L^* (66.97), a^* (35,27), b^* (13,14) en el espectrofotómetro se procedió a la asignación de cada uno de los valores en el analizador del color. Dándonos valores en el modelo RGB sistema más adecuado para representar imágenes, permitiendo obtener el color visualizado en la Figura 6-3.

Tabla 8-3: Determinación de la coloración CIE $L^*a^*b^*$

Espacio del color	Colorante de Cúrcuma
L^*	66,97
a^*	35,27
b^*	13,14
Cromaticidad (C)	37,65
Tono (h°)	22,70°

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

En la tabla 8-3 se muestran los valores del análisis del método CIElab de colorimetría L^* , a^* y b^* , además, de los valores C que corresponde al valor de cromaticidad y el ángulo Hue o matiz (h°) mencionados anteriormente.

Los parámetros de color del pigmento de cúrcuma fueron luminosidad 66.97, 35.27 de índice de rojo, 13,14 de índice de amarillo, tuvo una cromaticidad de 37,65 y un ángulo Hue que se situó en 22,70°. Por lo tanto se puede deducir que el colorante presenta valores entre amarillo anaranjado, con lo que también se corroboró con el parámetro de color del pH y el sistema RGB. Los resultados mediante el método CIElab presentado por Cretu et al., (2011), reportaron valores más altos en los parámetros del tono y la luminosidad que en este estudio debido a la presencia de aceite de linaza en la emulsión que incrementó los valores de luminosidad por lo que sus resultados mostraron un color amarillo más claro. En otra investigación utilizando la metodología de CIElab de Coronel (2015), obtuvo valores menores en lo que respecta a luminosidad y color hacia el rojo a^* , que en esta investigación indicando que el extracto concentrado de curcumina formulado con maltodextrina tiene una tendencia hacia las tonalidades amarillos oscuras.

3.4. Resultados del teñido en algodón y seda

3.4.1. Resultado del blanqueamiento del algodón y seda

Tabla 9-3: Resultado del blanqueamiento y lavado de las fibras textiles algodón y seda

Textil	Sin tratamiento de blanqueo	Con tratamiento de blanqueo
Algodón	 A rectangular piece of cotton fabric with a white label in the center that reads "SIN BLANQUEO". The fabric has a slightly off-white or light beige tone.	 A rectangular piece of cotton fabric with a white label in the center that reads "CON BLANQUEO". The fabric is significantly whiter and brighter than the untreated sample.
Seda	 A rectangular piece of silk fabric with a white label in the center that reads "SIN BLANQUEO". The fabric has a light beige or off-white tone.	 A rectangular piece of silk fabric with a white label in the center that reads "CON BLANQUEO". The fabric is much whiter and brighter than the untreated sample.

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Previo al proceso de teñido, las telas de fibras de algodón y seda pasaron por un proceso de blanqueamiento y lavado con el propósito de eliminar cualquier impureza que exista en las fibras. Este proceso es fundamental dado que se obtiene un alto grado de blancura y permite un mejor proceso de teñido Tabla 9-3 (Quinde, 2019, p.83).

3.4.2. Resultado de teñido



Figura 7-3: Teñido del algodón y seda con el colorante de cúrcuma

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Se aplicó el colorante sobre las telas de algodón y seda utilizando el procedimiento de tintura por agotamiento, en este proceso las fuerzas de afinidad entre el colorante y la fibra, hace que el

colorante pase del baño a la fibra hasta saturarla y queda fijada en él (Guerrero, D. 2011, p. 48). Se utilizó una relación de baño 1:20 es decir 10 g de tela y 200 ml de agua y se utilizó el 8% de concentración del colorante en relación de la tela este ensayo se realizó por duplicado.

Los resultados obtenidos en el proceso de teñido fueron satisfactorios para las fibras textiles de algodón y seda, puesto que se obtuvo un teñido homogéneo y sin presencia de manchas en la superficie, Figura 7-3. Mellizo (2018) argumenta que el resultado es muy bueno, debido a que los colorantes naturales generalmente tienden a mostrar ciertos tipos de manchas en la tela después del teñido (Mellizo, 2018, p.38). Esto indica que el teñido es óptimo en todo el tejido.

En lo que respecta al color después de que la muestra esta seca el algodón presentó un color amarillo oscuro mientras que la seda mostró un color amarillo claro, Figura 7-3. El resultado obtenido de acuerdo al color para el algodón es similar al resultado mostrado por Mellizo.

3.4.3. Resultados de pruebas de calidad del teñido

3.4.3.1. Solidez al lavado

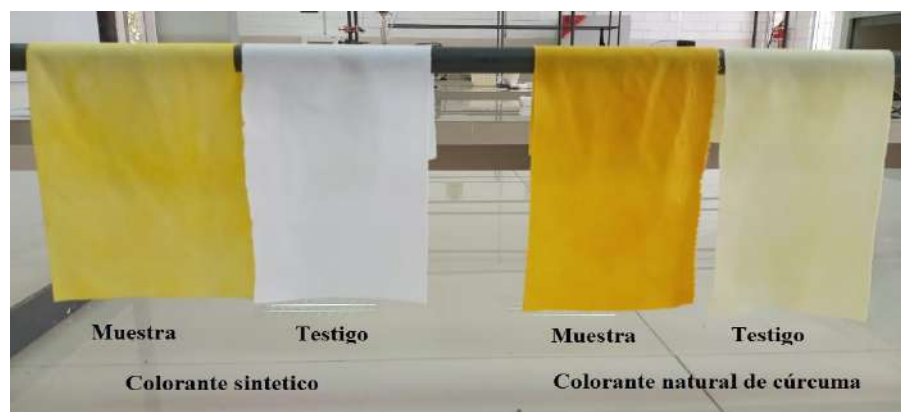


Figura 8-3: Solidez al lavado de la tela del algodón

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

La Figura 8-3 y 9-3 muestra los resultados de solidez al lavado de las muestras teñidas. Para el ensayo de lavado se siguió el mismo procedimiento descrito por Guerrero (2011), con una modificación en la marca del colorante comercial en esta investigación se utilizó el colorante comercial (amarillo cod.:27, magic one) que tiene una valoración al lavado de 7 es decir tiene una valoración de lavado muy bueno, y para evaluarlo se realizó el proceso de teñido en las mismas condiciones para el colorante sintético como para el colorante natural. Se utilizó una muestra testigo (blanca) de igual tamaño para evidenciar la transferencia de color. Se lavó con agua y jabón neutro a temperatura ambiente. La muestra testigo fue algodón debido a que en este tipo de fibra se adhiere mejor el colorante. El resultado para el colorante sintético después del lavado fue muy bueno, ya que no mostró transferencia de color hacia el material testigo. Mientras que con el

colorante natural para el algodón mostró transferencia de color muy baja hacia el testigo, Figura 8-3, de esta manera se puede afirmar que la fibra teñida con el colorante natural presenta un comportamiento bastante aceptable para este tipo de tela esto se debe a que el algodón tiene gran capacidad de absorción lo que significa que el colorante se adhiere muy bien al hiel (Guerrero, 2011, p.49).



Figura 9-3: Solidez al lavado de la tela del algodón

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Por otro lado, la muestra de seda mostró mejores resultados que la tela del algodón debido a que no reveló degradaciones de color hacia el material testigo Figura 9-3.

3.4.3.2. Solidez a la luz solar



Figura 10-3: Antes y después de la evaluación de la luz solar del algodón y seda

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

Para la prueba de solidez de la luz solar se siguió la misma metodología por Fernández & Saavedra, (2019) el cual consiste en exponer la muestra a la luz solar durante 10 días y evaluar el color.

El comportamiento de los tejidos tintados con el colorante de cúrcuma frente al ensayo de la luz solar la tela de algodón presentó buenos resultados de solidez, debido a que se evidenció pérdida de color muy baja cuando se la expone a condiciones naturales Figura 10-3 para el algodón. Mellizo (2018) realizó el test de solidez simulando la exposición solar con luz de xenón en el cual obtuvo resultados de solidez bajas para la tela de algodón tintado con colorante natural de cúrcuma. Con estos resultados se puede afirmar que el algodón presenta buenos resultados de solidez para este test. Por otro lado, la seda al finalizar este ensayo presentó pérdida de color un poco más baja que la tela de algodón Figura 10-3, esto se debe a que este tipo de fibra es un tejido sensible a la exposición de la luz solar pudiéndose debilitar su estructura si se expone mucho tiempo al sol. A partir de estos resultados, se puede decir que el teñido es sensible a la exposición de la luz solar y la prenda va a ir perdiendo gradualmente el color con el paso del tiempo (Mellizo, 2018, p.44). Sin embargo, cabe destacar que la pérdida de color es equitativa en toda la tela, ya que no existieron manchas blancas en las fibras. Finalmente, al observar estos resultados podemos afirmar que las fibras textiles presentaron buenos resultados a la resistencia de la luz solar.

3.4.3.3. Solidez al frote

Tabla 10-3: Resultados de solidez al frote del algodón y seda en húmedo y seco

Muestra	Rangos de cualificación			
	Seco	Parámetro	Húmedo	Parámetro
Algodón	5	Satisfactorio	3	Manchado notable
seda	5	Satisfactorio	5	Satisfactorio

Realizado por: Arévalo, D.; Sanaguano, H. 2021.

La tabla 10-3, muestra los resultados obtenidos de la prueba de solidez al frote del algodón y la seda en seco y húmedo.

El resultado de la prueba de resistencia al frote de las fibras teñida con el colorante natural de cúrcuma, dio un resultado satisfactorio para la seda, debido a que no presentó ningún cambio de color mediante el frote en seco y en húmedo. Mientras que la tela de algodón solo mostró resultados satisfactorios para el frote en seco, pero se dio un manchado notable de color mediante el frote en húmedo. Esto significa que de acuerdo a la evaluación, la resistencia del color es aceptable dentro de los estándares de calidad textil para ambas fibras (Vele, 2017, p.102).

3.5. Resultados de las aguas residuales por absorción atómica

El Anexo J muestra los resultados de análisis de agua residuales después del teñido con el colorante natural y el colorante sintético. Las aguas residuales fueron evaluadas por el laboratorio Ambienlab en la ciudad de Quito y los metales a evaluar fueron Cr, Cu, y Co.

En el caso del colorante natural se observa la presencia de los tres metales siendo el Cu el que se encuentra mayor cantidad seguida del Cr y por el último el Co. Del mismo modo para el colorante sintético también se confirma la presencia de estos tres metales sin embargo el valor de Cu en el colorante natural es menor al valor del colorante sintético. Quinde B, (2019) menciona que en los efluentes textiles se pueden encontrar diferentes metales como: arsénico (Ar), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), manganeso (Mn), níquel (Ni), zinc (Zn) y plomo (Pb) los cuales muchos de ellos se generan durante la etapa de teñido (Quinde, 2019, p.4). El más común de los metales que se encuentran en los colorantes sintéticos es el Cu, este metal presenta efectos negativos en los cultivos vegetales lo que trae como consecuencia una disminución en la fertilidad del suelo (Quinde, 2019, p.4).

De acuerdo a los resultados obtenidos de las dos muestras de agua en lo que respecta al metal cobre (Cu) el colorante natural presentó un valor de 0,0155 y el colorante sintético 0.0233. En base a esta información se puede afirmar que las aguas residuales producidas por colorantes naturales presentan menor contaminación que las aguas residuales producidas por las tinturas con colorantes comerciales sintéticas. Cortázar; et al (2014), argumenta que cantidades bajas de concentraciones de estos metales permite una reducción de hasta el 98% de la concentración de colorantes en los efluentes.

Adicional a esto un autor argumenta que cantidades bajas de concentraciones de estos metales permite una reducción de hasta el 98% de la concentración de colorantes en los efluentes.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo satisfactoriamente el colorante natural a partir de la cúrcuma, obteniendo un extracto de color naranja rojizo, colorante usado para darle color a las fibras textiles algodón y seda.
- Los datos obtenidos mediante la prueba de tukey señalan que el mejor tratamiento para la obtención del colorante de mejor calidad es la concentración de 6,25 (%m/v) y tiempo de extracción de 120 (min) el cual obtuvo un rendimiento de 21,48. Mientras que el porcentaje más bajo de rendimiento se dio empleando 12,5 (%m/v) de concentración del extracto con 60 minutos de extracción dando un porcentaje de rendimiento de 7,71.
- A partir de la caracterización fitoquímica se estableció la presencia de metabolitos secundarios como triterpenos, polisacáridos, resinas y compuestos fenólicos en mayor cantidad. Mediante la caracterización fisicoquímica se obtuvieron los siguientes resultados: pH=6,38, densidad $\rho=0,91$, índice de refracción $n_D = 1,443$, grados brix $^{\circ}Bx=60,6$, además se determinó que el pigmento presentó solubilidad en solventes orgánicos e insolubilidad en aceite. Se realizó un barrido desde los 350 hasta los 700 nm, en el que se obtuvo un pico máximo hacia los 423 nm perteneciente a la curcumina. Con respecto al análisis de espectroscopia IR reveló grupos funcionales –OH pertenecientes a los compuestos fenólicos de curcumina, compuesto principal activo del pigmento. Por último mediante análisis colorimétrico se determinó que el color del pigmento pertenece a las tonalidades amarillos marrones.
- Se evaluó la efectividad del colorante obtenido sobre las fibras textiles de algodón y seda mediante pruebas de calidad de solidez a la luz, al lavado y al frote obteniendo resultados satisfactorios para ambas fibras textiles. De esta manera se puede afirmar que el colorante propuesto en esta investigación pueden ser una alternativa para ser aplicado en la industria textil y reemplazar a su contraparte sintética además de ser sustentables y amigables con el medio ambiente.
- Se determinó el nivel de contaminación de las aguas residuales generadas en los procesos de teñido a través de un análisis comparativo por absorción atómica. Los resultados obtenidos indican que las aguas residuales tinturados colorantes naturales presentan menor nivel de contaminación por metales que las aguas residuales por producidas por los colorantes sintéticos.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de aceptación del producto propuesto, cuantificando el grado de aceptación y/o rechazo del mismo para determinar si es factible o no el para su elaboración en escala industrial.
- Utilizar mordientes de acuerdo con el tipo de fibra ya que de esto dependerá de que las telas obtengan tonalidades y matices brillantes o apagados.
- Se recomienda utilizar un agitador magnético para que la solución del colorante en el agua se homogenice mejor para que la fibra obtenga un teñido uniforme y sin presencia de residuos de colorante en la tela.
- Considerar la inserción de los pigmentos presentes en la cúrcuma, en productos como pinturas para interiores o exteriores, tintas para impresoras entre otros.
- Mediante la determinación del tiempo a través de que el producto logre conservarse sin sufrir cambios importantes en su calidad e inocuidad, se recomienda realizar una investigación sobre el tiempo de vida del colorante natural a base de Cúrcuma.
- Tratar las fibras textiles con mordientes naturales ya que el mordiente utilizado en esta investigación es un compuesto elaborado a partir de elementos de transición con efectos tóxicos para el medio ambiente
- Agregar un producto aromatizante ya que el colorante presenta un olor característico de la planta.
- Se recomienda utilizar colorantes naturales ya la contaminación de aguas de estos son muchos menores que los colorantes comerciales además de que otorga beneficios ecológicos después del proceso de tinturado.
- Liofilizar el extracto para preservar las propiedades del colorante natural.
- Después de comprobar la factibilidad del producto se recomienda incentivar a las empresas a la utilización de productos ecológicos a escala industrial sobre todo en la industria textil.

BIBLIOGRAFÍA

ALVIS, J; et al. “Evaluación de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcohólicos de Cúrcuma (*Cúrcuma longa*)”. *Información Tecnológica* [en línea], 2012, (España), 23(2), pp.11-18 [Consulta: 21 marzo 2021]. ISSN 0718-0764 Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n2/art03.pdf>

AGUIRRE, Y; et al. “Características fisicoquímicas y determinación de porcentaje relativo de sus componentes hidrocarburos y oxigenados de la raíz de cúrcuma longa L. (*Cúrcuma*) procedente de la selva peruana-Madre de Dios [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Perú. 2016. pp.1-43. [Consulta: 08 marzo 2021]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3470/Aguirre%20Acevedo%20Yvan%20Willian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANDRAGO, O; & ANGUISACA, E. “Colorantes UTC” [en línea] (Tesis). Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Ecuador. 2016. pp.1-107. [Consulta: 05 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3596/1/T-UTC-00833.pdf>

ANDRÉS A. Últimos avances en las aplicaciones terapéuticas de *Cúrcuma longa* L. y sus componentes aislados [en línea] (Tesis). Universidad Complutense, Facultad de Farmacia. España. 2018. pp.1-20. [Consulta: 21 marzo 2021]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ANA%20ISABEL%20ANDRES%20HERRERO.pdf>

ANGULO, M. Análisis del Cluser Textil en el Perú [en línea] (Tesis). UNMSM. Perú. 2005. pp. 01-74 [Consulta: 21 marzo 2021]. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/angulo_lm/cap2.PDF

ARANGO, A; et al. Remoción del colorante azoico amaranto de soluciones acuosas mediante electrocoagulación. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], 2009, Colombia, vol. 6, núm. 2, pp. 31-38. [Consulta: 27 marzo 2018]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69514278005.pdf>

ATZATZI, L; et al. “Caracterización fotoquímica de la Cúrcuma longa L”. *Revista cubana de Química* [en línea], 2015, Cuba, vol. 27, núm. 1, pp. 9-18 [Consulta: 06 enero 2021]. ISSN 0258-5995. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543740002>

BARRENO M. Diseño de un proceso para la obtención de colorantes naturales a partir de Achioté (*Bixa orellana*), Chonta (*Bactris gasipaes*) y Papaya Hawaiiana (*Carica papaya l.*) en seco y húmedo [en línea] (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Ecuador. 2018. pp.1-122. [Consulta: 21 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14110/1/96T00582.pdf>

CALDAS, A. Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido. [en línea], (Tesis). Universidad de Cuenca. Ecuador. 2012. pp. 19-22. [Consulta: 06 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>.

CAMPOS, J; & QUINTANILLA, H. Uso de dos colorantes naturales *Rubus ulmifolius* (mora) y *beta vulgaris* (remolacha) en el teñido de tela ciento por ciento algodón [en línea] (Tesis). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. 2017. pp. 1-76. [fecha de Consulta 7 de Abril de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1440.pdf>

CAPITULO 2 (2011). Espectroscopia del infrarrojo [en línea]. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21684/Capitulo2.pdf>

CÁRDENAS, CLARA. Valor agregado de especies vegetales de la región; Extracción de colorantes y Saborizantes [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Iquitos-Perú. 2013. pp. 1-50 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1988/Valor%20agregado%20de%20especies%20vegetales%20de%20la%20regi%C3%B3n%3B%20extracci%C3%B3n%20de%20colorantes%20y%20saborizantes..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTILLO, S; & RAMÍREZ, I. Ensayo preliminar para la obtención de colorantes naturales a partir de especies vegetales comestibles [en línea] (Tesis). Universidad de el Salvador, Química y Farmacia. El Salvador- Centro América. 2006. pp.20-23 [Consulta: 27 marzo 2018]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/4989/1/16100351.pdf>

CASTILLO, C. “Propuesta de mejora en el proceso de tintura de fibras textiles en poliamida” [en línea] (Tesis). Fundación Universidad De América, Facultad De Ingenierías. Bogotá. 2019. pp. 1-141 [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7589/1/6141214-2019-2-IQ.pdf>

CEVALLOS, J; & GUERRERO, J. Extracción y caracterización de colorante natural a partir de la borra de café [en línea] (Tesis). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2017, pp. 1-76. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/dq3y6>

CHÁVEZ, E; & TORRES, R. Determinación de amarillo n° 5 y n° 6 en bebidas no carbonatadas comercializadas en el campus central de la universidad de el Salvador [en línea] (Tesis). Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San Salvador. 2016. pp. 1-180. [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11174/1/16103679.pdf>

CHOQUE, D. “Determinación de espectros de emisión de colorantes orgánicos: Cumarina, B-caroteno y Curcumina; mediante espectroscopia laser para potenciales aplicaciones biológicas y médicas [en línea] (Tesis). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Facultad de Ciencias. Perú. 2018. pp. 1-72 [Consulta: 04 abril 2021]. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3739/1623_2018_choque_ticona_y_faci_fisica_aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y

COLORANTES NATURALES: Una alternativa en el teñido de lana Valor agregado de especies vegetales pp.1-20 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria21/feria390_01_colorantes_naturales_una_alternativa_en_el_tenido_.pdf

CÓRDOVA, Z. Obtención de un colorante orgánico para la industria alimentaria a partir del fruto pitahaya (*Hylocereus undatus*) [en línea] (Tesis). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingenierías. Managua. 2014, pp. 1-104. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/5408/1/70439.pdf>

CORONEL, A. efecto de las condiciones de secado por aspersión en la obtención de un colorante natural a partir de extractos líquidos de cúrcuma (*Cúrcuma longa L*) [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. 2015, pp. 1-89. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53973/1086549677.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CORRALES, C; et al. “Principios fisicoquímicos de los colorantes utilizados microbiología” [en línea], 2020, España, vol. 18, núm. 33, pp. 1-28 [Consulta: 31 enero 2021]. ISSN 2462-9448 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v18n33/1794-2470-nova-18-33-73.pdf>

CORTÁZAR, A; et al. Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 4*, 2(3) [en línea], 2014, México, [Consulta: 31 enero 2021]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/1862>

CORTÁZAR, M; et al. Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín Científico De La Escuela Preparatoria*, [en línea], 2014, núm. 3, [Consulta: 09 Abril 2021]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>

COSQUILLO, R; et al. Caracterización físico-química y capacidad antioxidante de extractos del rizoma de *Cúrcuma longa* L. *Revista Perú Med Integrativa* [en línea]. 2018, Perú, pp. 1-7 [Consulta: 21 marzo 2021]. ISSN: 2415 - 2692 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333534048_Caracterizacion_fisico-quimica_y_capacidad_antioxidante_de_extractos_del_rizoma_de_Curcuma_longa_L/fulltext/5cf2a15d92851c4dd0209af4/Caracterizacion-fisico-quimica-y-capacidad-antioxidante-de-extractos-del-rizoma-de-Curcuma-longa-L.pdf

DÍAZ, A; et al. Espectrometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. [Consulta: 07 abril 2021]. Disponible en https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

ENCALDA, D. “Diseño de un equipo para extraer los aceites grasos de Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis*) del ecotipo de Napo, a nivel de laboratorio [en línea] (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2015. pp. 1-99 [Consulta: 04 abril 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4788/1/T-UCE-0017-118.pdf>

ESCALANTE S; et al. Extracción del colorante de cúrcuma (C. longa) para la utilización en la industria de alimentos. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* [en línea], 1998, (Ecuador), 6 (1), pp. 1-100. [Consulta: 28 Mayo 2021]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24469/2/Alimentos_6_1_1998.pdf

ESPARZA, N. “Estudio comparativo del nivel de contaminación de las aguas residuales generadas por los procesos textiles de tintura de lana, utilizando colorantes naturales y sintéticos” [en línea] (Maestría). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. Ecuador. 2016, pp. 1-100. [Consulta: 04 abril 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2441/3/TESIS%20%20D.%20E.pdf>

ESPINOZA, HÉCTOR. Pigmentos Orgánicos e Inorgánicos Utilizados en las Industrias de Pinturas o Recubrimientos y del Plástico [en línea] (Tesis). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Chile. 2008, pp. 1-62 [Consulta: 04 abril 2021]. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/espinoza_h/sources/espinoza_h.pdf

FREIRE, R; & VISTEL, M. “Cúrcuma, la raíz de oro: Aplicaciones y beneficios a la salud”. *Revista Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional CIBA-IPN* [en línea], 2020, México, vol. 15, pp. 91-5 [Consulta: 06 enero 2021]. ISSN 2448-8461. Disponible en: <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol15/pdf/vol-15-1.pdf>

FREIRE, R; & VISTEL, M. “Cúrcuma, la raíz de oro: Aplicaciones y beneficios a la salud”. *Revista peruana de medicina integrativa* [en línea], 2018, Perú, vol. 3(4), pp. 1-7 [Consulta: 06 enero 2021]. ISSN : 2415 - 2692 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333534048_Caracterizacion_fisico-quimica_y_capacidad_antioxidante_de_extractos_del_rizoma_de_Curcuma_longa_L/fulltext/5c f2a15d92851c4dd0209af4/Caracterizacion-fisico-quimica-y-capacidad-antioxidante-de-extractos-del-rizoma-de-Curcuma-longa-L.pdf

GALARZA M, & CAROLINA, H. Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (*Amaranthus sp*) [en línea] (Tesis). Universidad Técnica de Ambato, Ciencia e ingeniería en alimentos. Ecuador-Ambato. 2013. pp. 31-39 [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6635/1/BQ%2044.pdf>

GARCÍA, L; et al. Actividad biológica de tres Curcuminoides de Cúrcuma longa L. (Cúrcuma) cultivada en el Quindío-Colombia. *Cubana Plant Med* [en línea]. 2017, Cuba, vol.22, núm.1, [Consulta: 01 diciembre 2020]. ISSN 1028-4796. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100007

GONZÁLEZ, J; et al. “Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies and biological properties” [en línea], 2015, España, vol. 81, núm. 4, pp. 278-310 [Consulta: 12 marzo 2021]. ISSN 1697-4298. Disponible en: https://analesranf.com/wp-content/uploads/2015/81_04/8104_02.pdf

GONZÁLEZ, L; et al. Generalidades de la seda y su proceso de teñido. *PROSPECTIVA* [en línea]. 2014, 12(1), 7-14 [Consulta: 15 de Abril de 2021]. ISSN: 1692-8261. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250639001>

GUARÍN, L. Extracción de pigmento rojo de achiote (*Bixa Orellana*) y oleoresina roja de paprika (*CAPSICUM ANNUM*) en la formulación de pinturas para juguetes de madera [en línea]. (Tesis). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías. Bogotá D.C. 2019, pp. 1-175. [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: https://biowiki-ecuador.bio/tiki-download_file.php?fileId=161.

GUERRERO, D. “Extracción y evaluación de un colorante natural a partir de la pepa de aguacate para el teñido de las fibras de algodón y poliéster” [en línea]. (Tesis). Universidad Técnica de Ambato, Ciencia e ingeniería en alimentos. Ecuador- Ambato. 2011. pp. 1-97 [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1757/1/SBQ%20%20Ref.3396>

HERNÁNDEZ, K. Caracterización y digestión gastrointestinal de cápsulas líquidas de curcumina (*Cúrcuma longa L*) [en línea] (Tesis). Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas. Xalapa. 2016. pp. 1-104 [Consulta: 09 enero 2021]. Disponible en: <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/TESIS-I.-en-A.-KARINA-HERNANDEZ-HUESCA.pdf>

HERRERA, C; et al. Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica L.*) Durante su Desarrollo y Maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* [en línea], 2011, Medellín, 64(2), pp. 6229-6240 [Consulta 16 Julio 2021]. ISSN: 0304-2847. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922664020>.

HILARIO, N. Caracterización morfológica del palillo (*Cúrcuma longa L.*) en Selva Central [en línea] (Tesis). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Instituto central de investigación. Perú. 2018. pp. 1-56 [Consulta: 09 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1409>

KONICA MINOLTA. Entendiendo el espacio de color CIE L*A*B* [en línea] 2015. [Fecha de consulta: 05 abril 2015]. Disponible en: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/colorimetros-vs-espectrofotometros/>

LOAIZA, E. “Extracción del pigmento natural del hongo *pycnoporus sanguineus* como colorante orgánico para teñido en fibras de algodón” [en línea] (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2016. pp. 1-83 [Consulta: 31 enero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7187/1/T-UCE-0017-0033-2016.pdf>

LAJO FLORES, R. Evaluación del efecto antiinflamatorio de los extractos y gel del Rizoma de *Cúrcuma longa Linn* (Palillo) en ratas sometidas a inflamación subplantar con carragenina [en línea] (Tesis). Universidad Católica de Santa María, Escuela profesional de Farmacia y bioquímica. Arequipa-Perú. 2018. pp. 1-98 [Consulta: 08 enero 2021]. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/915220/evaluacion-del-efecto-antiinflamatorio-de-los-extractos-y-gel-d_YyRxaUY.pdf

LEÓN, G. “Obtención de nanofibras core/shell de ácido poliláctico/carboximetil celulosa para su aplicación en liberación controlada de fármacos” [en línea] (Maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Uptc. Facultad de Ciencias. 2018, pp. 1-84. [Consulta: 28 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2505/1/TGT-1190.pdf>

LOCKUÁN, E. *La industria textil y su control de calidad ii. Fibras textiles* [en línea]. 2013, versión 0.1, pp. 1-142 [Consulta: 07 enero 2021]. Disponible en: http://budetex.com/img/textil/II.libro_fibrastextiles.pdf

LÓPEZ, P. Química e industria de la curcumina [en línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Química e Ingeniería Química. 2017, pp. 1-216. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323346002.pdf>

LLONTOP, N; & ROJAS, L. Tamizaje fitoquímico antifúngico in vitro del extracto fluido de las hojas de *Phthirusa robusta Rusby* (suelda con suelda) frente a *Candida albicans* [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Trujillo-Perú. 2018. pp. 1-47. [Consulta: 17 marzo 2021]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10354/Llontop%20Lopez%20Nuria%20Gabriela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARCANO, D. Introducción a la Química de los colorantes. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela. 2018, pp. 1-254 [Consulta: 07 enero 2021]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>

MELGAR, J. Propuesta para Obtención de un Colorante Natural a Partir del Fruto de *Syzygium Cumini* (Cerezo Beliceño) Para Ser Utilizado como Colorante en la Industria Textil [en línea] (Tesis). Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San Salvador. 2011. pp. 1-104. [Consulta: 05 abril 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2448/>

MENDOZA, C. Evaluación del Tipo y Cantidad de Mordiente en la Intensidad de Color y Solidez al Lavado del Teñido de Fibra de Alpaca (*Vicugna Pacos*) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) [en línea] (Tesis). Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias. Huancavelica. 2018. pp. 1-111 [Consulta: 04 enero 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/oaeyk>

MENDOZA, Z; et al. “Análisis Colorimétrico del Extracto Acuoso de Hojas de Teca”. Revista *Árvore* [en línea], 2015 (Brasil), vol. 39, núm. 5, pp. 953-961 [Consulta: 21 marzo 2021]. ISSN. 0100-6762 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/488/48842815018.pdf>

MOLINA, D. Diseño y construcción de un prototipo de un Espectrofotómetro [en línea] (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2017. pp. 1-73 [Consulta: 09 enero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13899/1/T-UCE-0017-0084-2017.pdf>

MOLDOVAN, S. “Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro: *Arthrospira platensis*, *Synechococcus sp.*, *Ulva sp* [en línea], (Investigación). Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, 2016, Valencia. pp. 1-77 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/h9yk>

MORA, V. “Elaboración de Crema Cosmética Anti-edad a Base de Cúrcuma Longa y sus Características Físico- Químico y análisis Sensorial” [en línea] (Tesis). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. 2015. Ecuador. pp. 1-71. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8362/1/MORA.pdf>

NÚÑEZ, C. Extracciones con equipo soxhlet [en línea], 2008. [Consulta: 24 junio 2018]. Disponible en: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>

QUINDE, B; & PONCE, N. “Síntesis de colorantes biodegradables a partir de la cochinilla roja (*dactylopius coccus*), col morada (*brassica oleracea var. capitata f. rubra*) y de la flor de retama (*retama sphaerocarpa l.*) para el teñido de fibras de algodón” [en línea] (Tesis). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2019. pp. 1-217 [Consulta: 31 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40045/1/401-1367%20-%20%20sintesis%20de%20colorantes.pdf>

PAPA, E. Investigación de tintes naturales, aplicado a la lana como fibra natural [en línea]. (Tesis). Universidad de la Republica Uruguay. Uruguay. 2018. pp. 1-170 [Consulta: 10 enero 2021].

PAU TALENS, O. Obtención de las coordenadas de color XYZ a partir de una media espectral en la región visible [en línea] Universidad Politécnica de Valencia, [Consulta: 12 marzo 2021] Obtenido de http://revistas.upvc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/viewFile/260/264.

PAREDES, B. “Análisis y obtención de colorante natural a partir de la *baccharis latifolia* (chilca)” [en línea]. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ciencias Aplicadas. Ecuador, 2002. pp. 1-137 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3529/1/04%20IT%20007%20TESIS.pdf>

PEÑAFIEL, S. “Capítulo 3”. Colorimetría textil [en línea]. 2011 [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/3/capitulo3.pdf>

PINTADO, F. *Espectroscopia IR* [blog], 16 marzo 2012. [Consulta: 07 abril 2021]. Disponible en: <http://sitios.csic.es/web/incar-instituto-nacional-del-carbon/espectroscopia-ir>

PIQUE, T; & VÁZQUEZ, A. “Uso de espectroscopia infrarroja con transformada de fourier (ftir) en el estudio de la hidratación del cemento. Concreto y Cemento. *Investigación y Desarrollo* [en línea]. 2012, 3(2), 62-71 [fecha de Consulta 7 de Abril de 2021]. ISSN: 2007-3011. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361233550004>

POSADA D; et al. Obtención de extractos de cúrcuma (*Cúrcuma longa*) mediante extracción asistida por ultrasonido [en línea] (Trabajo de grado). Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Colombia - Medellín, 2019, pp. 1-6. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: https://www.colmayor.edu.co/wpcontent/uploads/2019/10/38_obtencin_de_extractos_de_cr_dm_ydi.pdf

PUENTE, E. Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de las raíces de *Zingiber officinale roscoe* (kion) y *Cúrcuma longa* L. (Palillo) FRENTE A CEPAS DE *Staphylococcus aureus*” [en línea] (Tesis). Universidad Inca Garcilaso de Lavega, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica. Perú, 2018. pp. 1-180 [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/6cy4g>

RAMÍREZ, M; et al. (2006). Obtención de un colorante natural alimentario de mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*). *Ciencia En Desarrollo*, 2(2), pp. 115–130. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/260

ROLÓN, N. Colorante natural con capacidad antimicrobiana a partir de *Morus nigra* [en línea] (Maestría). Universidad Nacional de Itapúa. Facultad de Ciencias y Tecnología. Paraguay. 2018, pp. 1-60 [Consulta: 03 mayo 2021]. Disponible en: https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Beca13-27_Tesis_Natalia_Rolon.pdf

ROSALES, A. Extracción y evaluación de pigmentos naturales obtenidos a partir de flores de ñachag (*Bidens humilis*.), y flores de marigol (*Tagetes erecta*) para la tinturación de fibras textiles [en línea] (Tesis). Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Ciencias de la vida. Ecuador. 2012, pp. 1-98 [Consulta: 03 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8528/T-ESPE-IASA%20I-004606.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SAIZ DE COS, P. *Cúrcuma* I (*cúrcuma longa* L.). *Reduca Biología. Serie Botánica* [en línea], 2014, (España), pp. 84-99 [Consulta: 07 enero 2021]. ISSN: 1989-3620 Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ANDREA%20VALTUE%C3%91A%20MURILLO.pdf>

SALAZAR, F; & JAIME M. Tamizaje Fitoquímico en las hojas frescas de laurelillo [*Cordia inermis* (Mill.) I. M. Johnst.]. Laboratorio de Control de Calidad de Medicamentos [en línea]. (Tesis). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Nicaragua- Managua. 2011, pp. 1-87. [Consulta: 27 marzo 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/53103585.pdf>

SALAZAR, P. Reutilización de baños de tintura de fibra de poliamida con colorantes ácidos en la industria textil [en línea] (Tesis). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Ecuador. 2014. pp. 1-168 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2508/1/T-UCE-0017-69.pdf>

SASIKUMAR, B. *Handbook of Herbs and Spices* (Second Edition) [en línea]. In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2012. [Consulta: 11 Marzo 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1533/9780857095671.526>.

STANCIUC, V. Teñido mordentado de fibras naturales con colorante extraído de las hojas de nogal (*Juglans neotrópica*) [en línea]. (Tesis). Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Química. Callao. 2020. pp. 1-91. [Consulta: 29 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/5159/STANCIUC%20STANCIUC%20-%20FIQ%20-%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TÉLLEZ, M. Aplicaciones de la espectroscopia infrarroja en el análisis de alimentos [en línea]. (Tesis). Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia. Sevilla. 2019. pp. 1-46 [Consulta: 21 marzo 2021]. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91690/T%C3%89LLEZ%20MESA%2C%20CLARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TINOCO, O; et al. Tratamiento de efluentes textiles con luz ultravioleta solar *Industrial Data* [en línea], 2011, Lima-Perú, vol. 14, núm. 2, pp. 9-15 [Consulta: 2 mayo 2021]. ISSN 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81622585002.pdf>

VALTUEÑA, ANDREA. Últimos avances en las aplicaciones terapéuticas de *Cúrcuma Longa L.* y sus componentes aislados [en línea]. (Trabajo fin de grado). Universidad Complutense, Facultad de Farmacia. España- Madrid. 2018. pp. 1-30 [Consulta: 07 enero 2021]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ANDREA%20VALTUE%C3%91A%20MURILLO.pdf>

VEJAR, G; et al. Uso de la cáscara de mamón (*Melicoccus bijugatus*) para el teñido de telas *Avances en Química* [en línea], 2016, Venezuela, vol. 11, núm. 3, pp. 123-128 [Consulta: 07 enero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93349879004.pdf>

VELÁZQUEZ, M; et al. Producción de pigmentos por *Monascus spp* en medio sólido empleando residuos agroindustriales. *Investigación y Ciencia*, [en línea], 2016, México, vol. 24, núm. 69, pp. 89-95 [Consulta: 07 enero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/674/67449381012.pdf>

VELE, M. Determinación de colorantes naturales textiles de la parroquia Tarqui, [en línea] (Trabajo de graduación). Universidad del Azuay, Facultad de diseño, Arquitectura y Arte. Ecuador-Cuenca, 2017, pp. 1-123 [Consulta: 30 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7083/1/13029.pdf>

VELMURUGAN, P; et al. Extraction of natural colorant from purple sweet potato and dyeing of fabrics with silver nanoparticles for augmented antibacterial activity against skin pathogens. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* [en línea], 2017, vol. 173, pp. 571-579. ISSN 18732682. DOI 10.1016/j.jphotobiol.2017.07.001. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1011134417307856>.




VILLEGAS, M; et al. FIBRAS TEXTILES NATURALES SUSTENTABLES Y NUEVOS HÁBITOS DE CONSUMO. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño* [en línea]. 2013, (13), 31-45 [Consulta: 13 Marzo 2021]. ISSN: 2007-3615. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947372003>

YUSUF, M; et al. Eco-friendly and effective dyeing of wool with anthraquinone colorants extracted from *Rubia cordifolia* roots: Optimization, colorimetric and fastness assay, Coloring studies with anthraquinone colorants extracted from *Rubia cordifolia* roots on wool. *Journal of King Saud University - Science* [en línea], 2017, vol. 29, no. 2, pp. 137-144. ISSN 10183647. DOI 10.1016/j.jksus.2016.06.005. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S101836471630163X>.

ZARUMA, P; et al. Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual : Una Breve Revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, [en línea], 2018, vol. 19, pp. 38-47. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/2216/1506>

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 		
<p>NOTAS</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano</p>	<p>PROCESO EXPERIMENTAL</p>		
<p>a) Lavado y limpieza de la materia prima b) Selección de acuerdo al criterio del investigador. c) Troceado de la materia prima</p>		<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>	<p>LÁMINA</p>
		<p>1:1</p>	<p>22-04-2021</p>	<p>1</p>

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

d)



e)



f)



NOTAS

- d) Secado.
- e) Pesado del rizoma seco.
- f) Molienda del rizoma

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
 REALIZADO POR:
 Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	22-04-2021	1

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

ANEXO B: EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO EQUIPO SOXHLET

a)



b)



NOTAS

- a) Extracción del colorante método soxhlet
- b) Concentración del colorante obtenido en el equipo rota vapor.

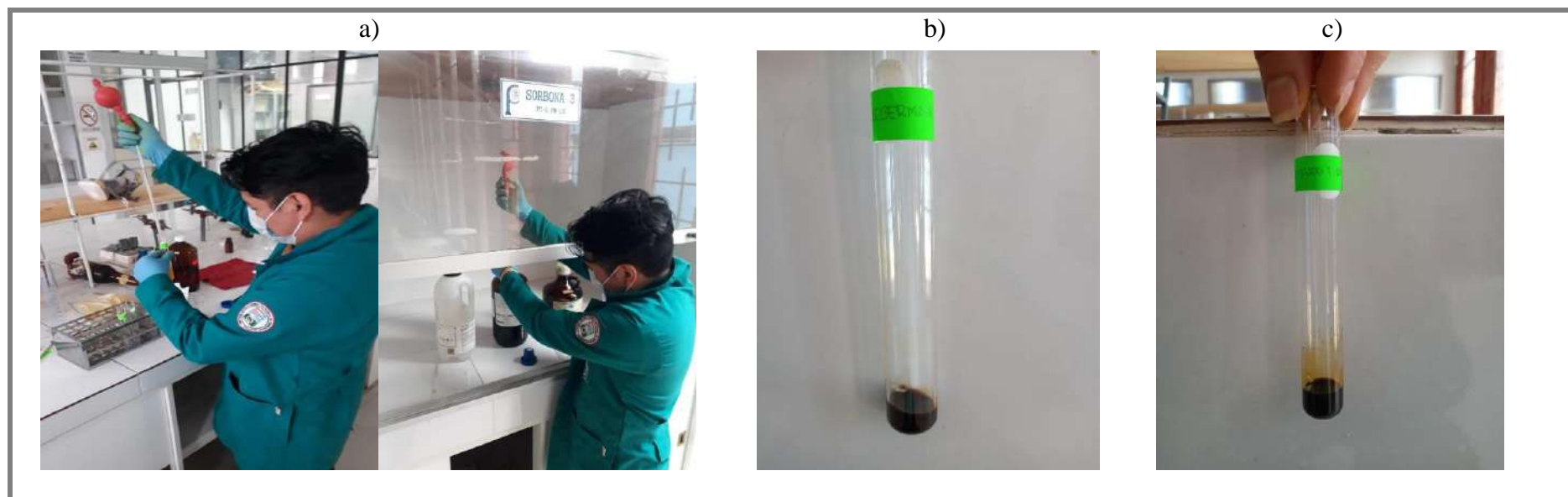
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
REALIZADO POR:
Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	22-04-2021	2

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

ANEXO C: TAMIZAJE FITOQUÍMICO



NOTAS	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano </p>	PROCESO EXPERIMENTAL		
a) Colocación de reactivos: Ácido sulfúrico, cloroformo y anhídrido acético		ESCALA	FECHA	LÁMINA
b) Ensayo de Liebermann-Buchard c) Ensayo de Cloruro Férrico		1:1	22-04-2021	3

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

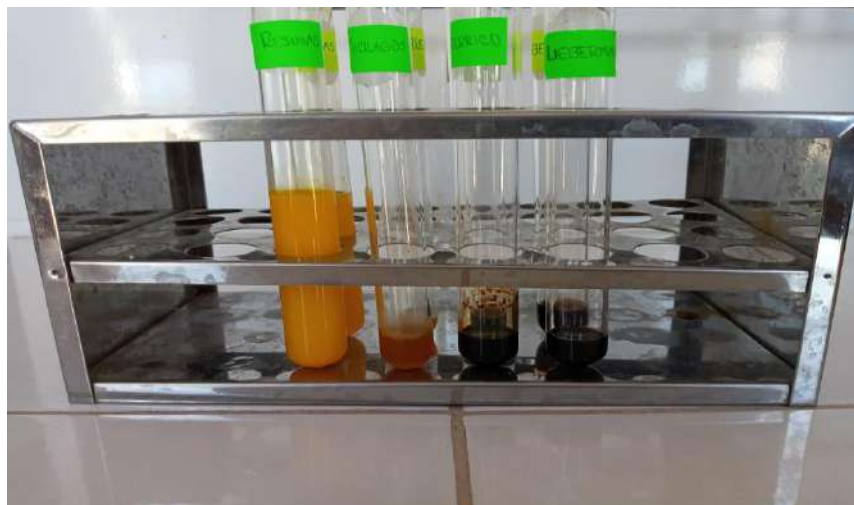
d)



e)



f)



NOTAS

- d) Ensayo de resinas
 e) Ensayo de mucílagos
 f) Resultados de los ensayos del tamizaje fitoquímico del colorante de cúrcuma *longa linn*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
 REALIZADO POR:
 Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA




1:1

22-04-2021

3

Fuente: Laboratorio de Productos Naturales, ESPOCH

ANEXO D: ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano</p>		<p>PROCESO EXPERIMENTAL</p>		
<p>g) Medición de pH h) Determinación de la densidad c) Análisis de las propiedades organolépticas del colorante de cúrcuma.</p>			<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>	<p>LÁMINA</p>
	<p>1:1</p>	<p>22-04-2021</p>	<p>4</p>		

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

d)



e)



f)



NOTAS

- d) Pruebas de solubilidad del colorante natural de cúrcuma
 e) Determinación de los grados Brix
 f) Espectrofotometría IR

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
 REALIZADO POR:
 Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA

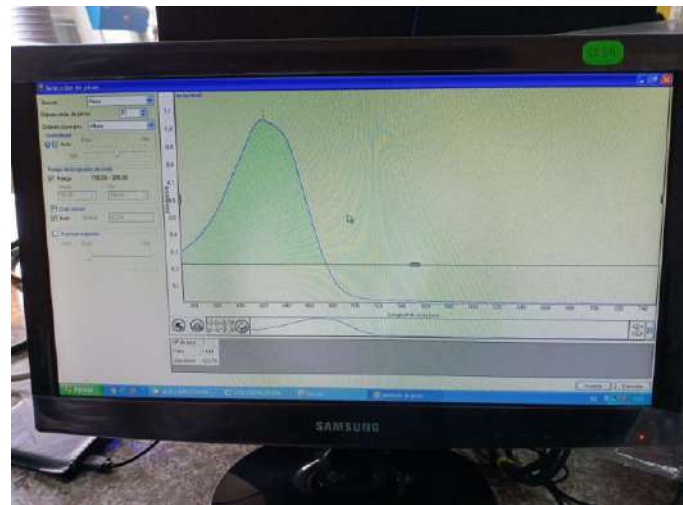
1:1

22-04-2021

4

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

g)



NOTAS

g) Espectrofotometría UV-Vis del colorante de cúrcuma

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
REALIZADO POR:
Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA

1:1

22-04-2021

4

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

h)



NOTAS

h) Colorimetría del colorante natural de cúrcuma

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
REALIZADO POR:
Daniel Arévalo y Henry Sanaguano**

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA


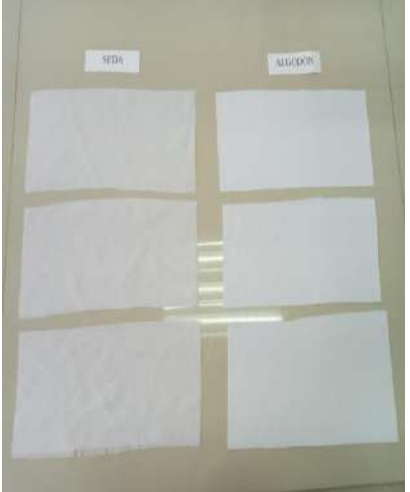


1:1

22-04-2021

4

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

ANEXO E: MORDENTADO DE LA FIBRA TEXTIL DE ALGODÓN Y SEDA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 			
<p>NOTAS</p> <p>a) Fibras textiles de algodón seda</p> <p>b) Fibras cortadas 25x10 cm</p> <p>c) Peso de las fibras de algodón</p> <p>d) Peso de la fibra de seda.</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano</p>	<p>PROCESO EXPERIMENTAL</p>				
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1435 970 1630 1054">ESCALA</th> <th data-bbox="1630 970 1845 1054">FECHA</th> <th data-bbox="1845 970 2051 1054">LÁMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1435 1054 1630 1217">1:1</td> <td data-bbox="1630 1054 1845 1217">22-04-2021</td> <td data-bbox="1845 1054 2051 1217">5</td> </tr> </tbody> </table>		ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	22-04-2021
ESCALA	FECHA	LÁMINA				
1:1	22-04-2021	5				

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

e)



f)



g)



h)



NOTAS

- e) Peso del mordiente alumbre
- f) Solución con mordiente a 70°C y 200 rpm
- g) Adición de la seda y el algodón a la solución
- h) Solución con mordiente y telas de algodón y seda.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO**
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
REALIZADO POR:
 Daniel Arévalo y Henry Sanaguano

PROCESO EXPERIMENTAL

ESCALA

FECHA

LÁMINA

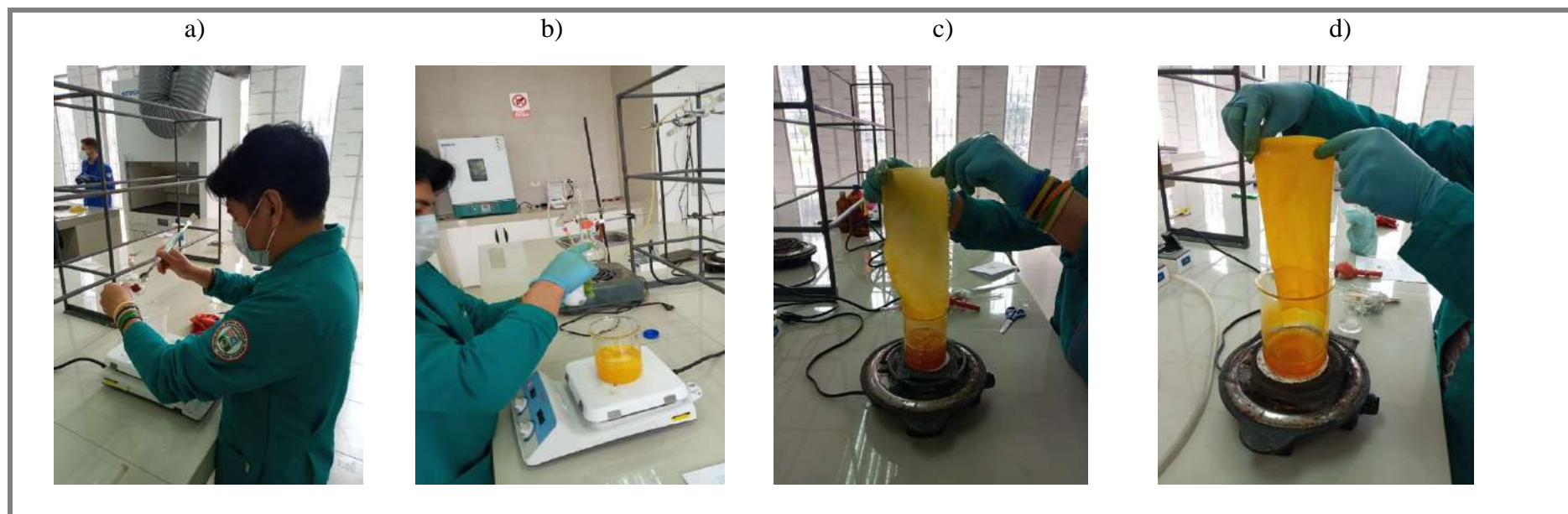
1:1

22-04-2021

5

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH



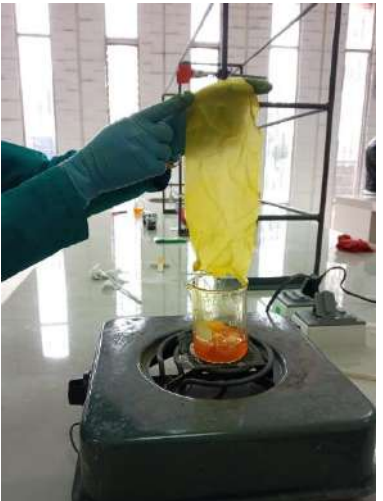
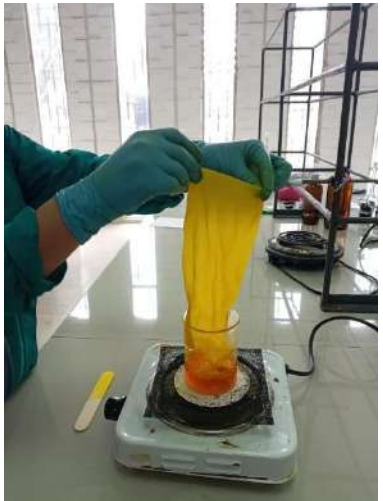
ANEXO F: PROCESO DE TINTURADO EN SEDA Y ALGODÓN CON EL COLORANTE NATURAL



NOTAS	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano </p>	PROCESO EXPERIMENTAL		
a) Adición del colorante natural b) Adición de las de las fibras textiles c) Tinturado de la seda en el colorante natural de cúrcuma d) Tinturado del algodón en el colorante natural de cúrcuma		ESCALA	FECHA	LÁMINA
		1:1	22-04-2021	6

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

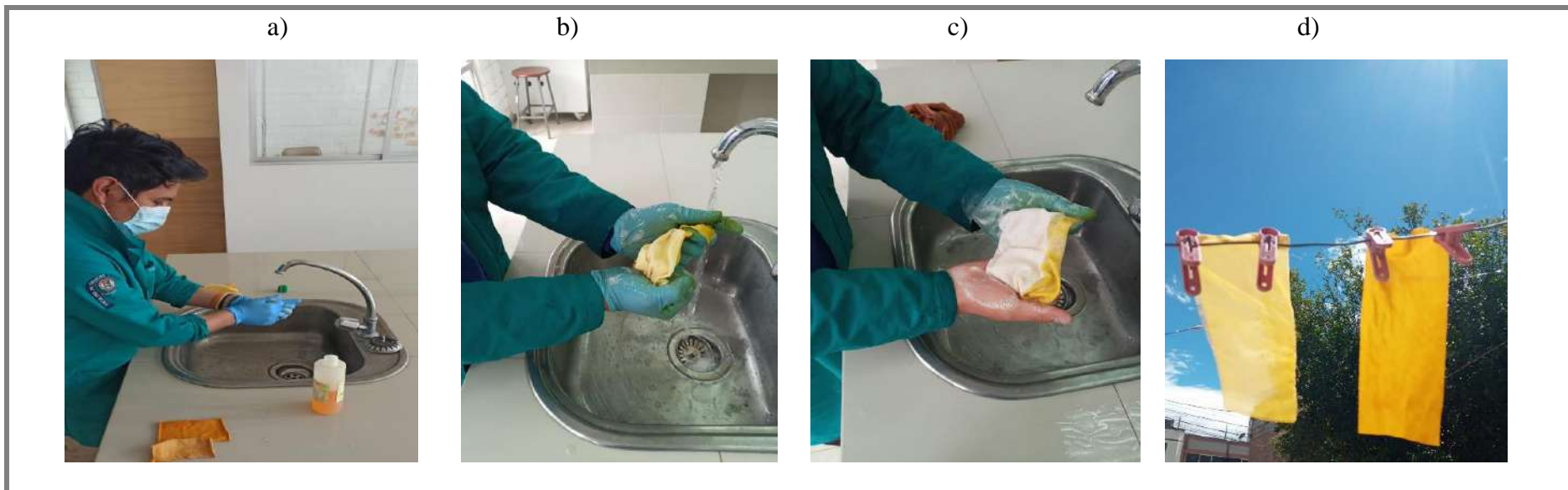
ANEXO G: PROCESO DE TINTURADO EN SEDA Y ALGODÓN CON EL COLORANTE SINTÉTICO

a)	b)	c)	d)			
						
NOTAS	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano </p>		PROCESO EXPERIMENTAL			
a) Adición del colorante sintético b) Solución del colorante sintético y agua c) Adición de las de las fibras textiles d) Colorante natural y colorante sintético			ESCALA	FECHA	LÁMINA	
			1:1	22-04-2021	7	

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

ANEXO H: PRUEBAS DE CALIDAD




– Solidez al lavado



NOTAS	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano </p>	PROCESO EXPERIMENTAL		
a) Prueba de calidad del lavado b) Lavado del algodón c) Lavado de la seda d) Prueba de solidez a la luz solar		ESCALA	FECHA	LÁMINA
		1:1	22-04-2021	8

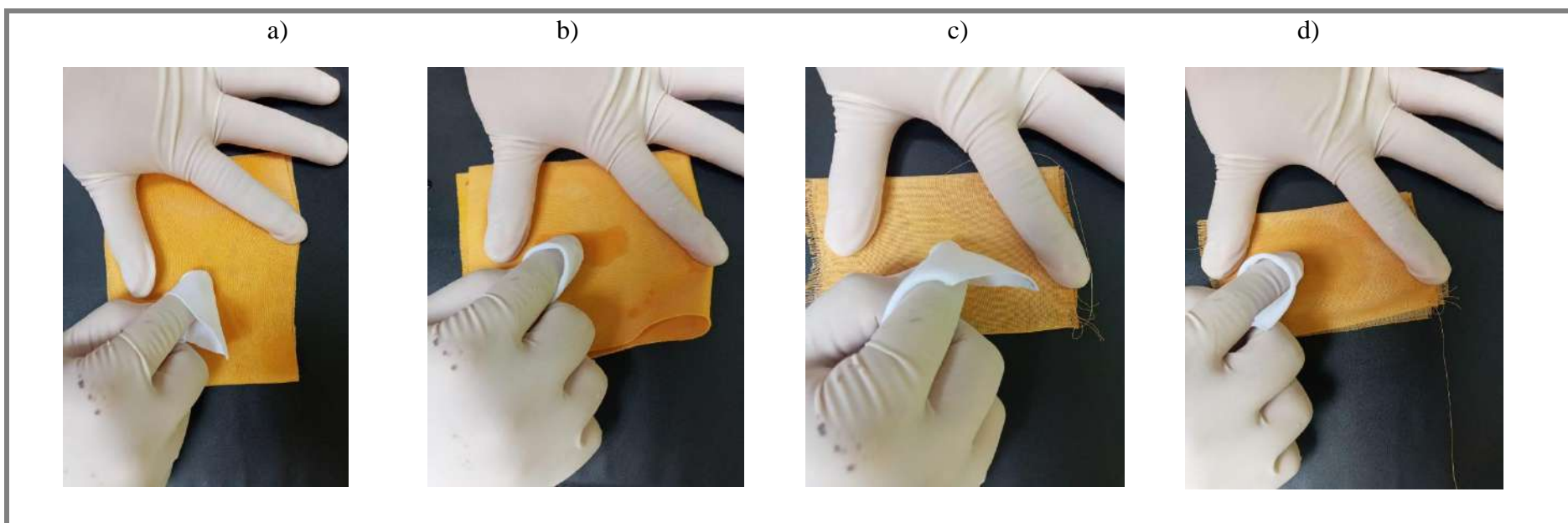
Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH.

– Solidez a la luz solar

<p>a)</p> 	<p>b)</p>  <p>Algodón Seda</p> <p>Antes</p>	<p>c)</p>  <p>Algodón Seda</p> <p>Después</p>		
<p>NOTAS</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano</p>	<p>PROCESO EXPERIMENTAL</p>		
<p>a) Prueba de solidez a la luz solar b) Fibras textiles antes de la exposición solar c) Fibras textiles después de la exposición solar</p>		<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>	<p>LÁMINA</p>
		<p>1:1</p>	<p>22-04-2021</p>	<p>8</p>

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH.

– **Solidez al frote**



NOTAS	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano </p>	PROCESO EXPERIMENTAL		
d) Prueba de solidez al frote en seco del algodón e) Prueba de solidez al frote en húmedo del algodón f) Prueba de solidez al frote en seco de la seda g) Prueba de solidez al frote en húmedo de la seda		ESCALA	FECHA	LÁMINA
		1:1	22-04-2021	8

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH.

ANEXO I: RESULTADO FINAL DEL TINTURADO DE LA FIBRA DE ALGODÓN Y SEDA

a)		b)		
				
NOTAS	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS REALIZADO POR: Daniel Arévalo y Henry Sanaguano	PROCESO EXPERIMENTAL		
a) Seda tinturada b) Algodón tinturado		ESCALA	FECHA	LÁMINA
		1:1	22-04-2021	9

Fuente: Laboratorio de Química Orgánica, ESPOCH

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA RESIDUALES

– Datos del Colorante Natural



AMBIENLAB SERVICIOS AMBIENTALES Y LABORALES Cía. Ltda.
Dirección: Juan González N35 26 y Juan Pablo Sanz - Edificio Torres Vizcaya, Torre Norte, Piso 2, Oficina 2C.
Correo electrónico: info@ambienlab.com.ec / proyectos@ambienlab.com.ec
Teléfono: (02) 2446 257
Quito, Ecuador

Formato de informe: RA-EA-03 Fecha de aprobación del formato: 2021-05-15

REPORTE DE RESULTADOS - ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO EN MUESTRAS DE AGUA

Informe de resultados No.: RT/RA/Daniel Arévalo/AG-114/2021
Fecha de emisión: 25-06-2021

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Cliente: Daniel Fernando Arévalo Gaybor
Dirección: Chimborazo-Riobamba (ESPOCH)
Actividad Productiva: Laboratorio de Ciencias- ESPOCH
Contacto: Daniel Fernando Arévalo Gaybor **Correo electrónico:** danielmurcielago2794@gmail.com **Teléfono:** 0958827876

INFORMACIÓN DEL MUESTREO

Sitio de muestreo: Laboratorio de Ciencias-ESPOCH	Fecha de muestreo: 2021-06-16	Hora: 11:50
Fotografía o mapa del sitio de muestreo	Fotografía del Muestreo	
	Fecha de ingreso de la muestra: 2021-06-18	
	Fecha de análisis de la muestra Desde: 2021-06-21 Hasta: 2021-06-21	
	Condiciones ambientales del muestreo Temp. Amb. 18° Humedad n.d. °C: (%)	
	Matriz / Tipo de muestra Agua residual/ Muestra compuesta	
	No. Cadena de custodia / Código muestra 0037/CN	
Procedimiento de muestreo: NA		
Responsable del muestreo: Cliente		
Coordenadas: UTM WGS84 17M Longitud (X): 758314 Latitud (Y): 9816729		

INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de descarga:	Residual
Cuerpo receptor:	Alcantarillado
Volumen de muestra tomado:	1 Litro
Caudal promedio (l/s):	NA
Condiciones de preservación:	NA
° Horas de descarga al día:	NA
° Tipo de tratamiento:	NA
° Horas de funcionamiento del tratamiento:	NA
° Dias que se realiza el tratamiento:	NA

REVISADO Y AUTORIZADO POR



JEAN CARLOS
RUALES COBOS

Jean Carlos Ruales
GERENTE GENERAL

* Información suministrada por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
n.d.: No determinado

REPORTE DE RESULTADOS - ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO EN MUESTRAS DE AGUA

Informe de resultados No.: RT/RA/Daniel Arévalo/AG-113/2021
 Fecha de emisión: 25-06-2021

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO DE REFERENCIA / MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	± U (k=2)	L.M.P ^a	CUMPLIMIENTO ^b
Cromo	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-53	mg/L	< 0,025	0,0033	0,06 mg/L	CUMPLE
Cobre	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-51	mg/L	0,0155	0,0014	1 mg/L	CUMPLE
Cobalto	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-43	mg/L	< 0,01	0,0887	0,5 mg/L	CUMPLE

Referencias y Observaciones

(*) Parámetro acreditado subcontratado

(**) Parámetro no acreditado

(a) Obtenido del acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

(b) Regla de decisión: El laboratorio envía como documento adjunto la regla de decisión aplicada para la declaración de conformidad.

L.M.P.: Límite máximo permisible

El laboratorio no expresa opiniones o interpretaciones de los resultados obtenidos y proporciona declaraciones de conformidad solo si ha sido acordado previamente con el cliente.

Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.

El laboratorio declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados en el reporte de resultados, los cuales se relacionan solamente con la muestra identificada.

El análisis de las muestras identificadas en este informe fueron realizadas en las instalaciones del laboratorio.

Salvo en su totalidad, este reporte no debe ser reproducido sin la aprobación escrita del laboratorio.

Sin la firma de autorización, este reporte no tiene validez

– Datos del Colorante Sintético



AMBIENLAB SERVICIOS AMBIENTALES Y LABORALES CÍA. LTDA.
 Dirección: Juan González N35 26 y Juan Pablo Sanz - Edificio Torres Vizcaya, Torre Norte, Piso 2, Oficina 2C.
 Correo electrónico: info@ambienlab.com.ec / dproyectos@ambienlab.com.ec
 Teléfono: (02) 2446 267
 Quito, Ecuador

Formato de informe: RA-EA-03 Fecha de aprobación del formato: 2021-05-15

REPORTE DE RESULTADOS - ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO EN MUESTRAS DE AGUA

Id de resultados No.: RT/RA/Daniel Arévalo/AG-113/2021
 Fecha de emisión: 25-06-2021

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	Daniel Fernando Arévalo Gaybor		
Dirección:	Chimborazo-Rtombamba (ESPOCH)		
Actividad Productiva:	Laboratorio de Ciencias- ESPOCH		
Contacto:	Daniel Fernando Arévalo Gaybor	Correo electrónico:	danielmurcielago2794@gmail.com
		Teléfono:	0958827876

INFORMACIÓN DEL MUESTREO

Sitio de muestreo:	Laboratorio de Ciencias-ESPOCH	
Fecha de muestreo:	2021-06-16	Hora: 13:38
Fecha de ingreso de la muestra:	2021-06-18	
Fecha de análisis de la muestra		
Desde:	2021-06-21	Hasta: 2021-06-21
Condiciones ambientales del muestreo		
Temp. Amb. °C:	16°	Humedad n.d (%)
Matriz / Tipo de muestra	Agua residual/ Muestra compuesta	
No. Cadena de custodia / Código muestra	0037/CS	
Procedimiento de muestreo:	NA	
Responsable del muestreo:	Cliente	
Fotografía o mapa del sitio de muestreo		
Coordenadas:	UTM WGS84 Zona 17M Longitud (X): 758314 Latitud (Y): 9816729	

INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de descarga:	Residual
Cuerpo receptor:	Alcantarillado
Volumen de muestra tomado:	1 Litro
Caudal promedio (l/s):	NA
Condiciones de preservación:	NA
* Horas de descarga al día:	NA
* Tipo de tratamiento:	NA
* Horas de funcionamiento del tratamiento:	NA
* Dias que se realiza el tratamiento:	NA

REVISADO Y AUTORIZADO POR



JEAN CARLOS RUALES COBOS

Jean Carlos Ruales
 GERENTE GENERAL

* Información suministrada por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 n.d.: No determinado

REPORTE DE RESULTADOS - ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO EN MUESTRAS DE AGUA

Id de resultados No.: RT/RA/Daniel Arévalo/AG-114/2021
 Fecha de emisión: 25-06-2021

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO DE REFERENCIA / MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	± U (k=2)	L.M.P ^a	CUMPLIMIENTO ^b
Cromo	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-53	mg/L	< 0,025	0,0033	0,05 mg/L	CUMPLE
Cobre	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-51	mg/L	0,0232	0,0014	1 mg/L	CUMPLE
Cobalto	Standard Methods Ed.23, 2017 3111 B/ PRA-43	mg/L	< 0,01	0,0887	0,5 mg/L	CUMPLE

Referencias y Observaciones

(*) Parámetro acreditado subcontratado

(**) Parámetro no acreditado

(a) Obtenido del acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

(b) Regla de decisión: El laboratorio envía como documento adjunto la regla de decisión aplicada para la declaración de conformidad.

L.M.P: Límite máximo permisible

El laboratorio no expresa opiniones o interpretaciones de los resultados obtenidos y proporciona declaraciones de conformidad solo si ha sido acordado previamente con el cliente.

Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.

El laboratorio declina toda responsabilidad por el uso de los resultados presentados en el reporte de resultados, los cuales se relacionan solamente con la muestra identificada.

El análisis de las muestras identificadas en este informe fueron realizadas en las instalaciones del laboratorio.

Salvo en su totalidad, este reporte no debe ser reproducido sin la aprobación escrita del laboratorio.

Sin la firma de autorización, este reporte no tiene validez

ANEXO K: RESULTADOS DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

– Resultados de los ensayos con sus respectivas repeticiones para la confirmación de los datos

FACTOR A: Concentración del Extracto (%m/v)	FACTOR B: Tiempo de Extracción (min)			Y _{i..}	Promedio
	60	90	120		
12,5	7,2	10,48	14,8	98,41	10,93
	7,33	11,32	13,36		
	8,6	10,16	15,16		
8,33	10,8	14,60	18,24	134,72	14,97
	11,6	15,88	20,92		
	10,78	13,72	18,18		
6,25	14,20	18,56	22,12	166,21	18,47
	16,11	20,72	19,40		
	14,42	17,4	23,28		
Y _{.j.}	101,04	132,84	165,46	y ... =399,34	
Promedio	11,23	14,76	18,38	14,79	

Elaborado por: Arévalo D. & Sanaguano H., 2020