

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA
REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var
crassa*) PARA TEÑIDO DE FIBRA DE OVINO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

BRENDA RAMOS ZAPANA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

PUNO – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

“OBTENCIÓN DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA
REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) PARA
TEÑIDO DE FIBRA DE OVINO”

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRENDA RAMOS ZAPANA

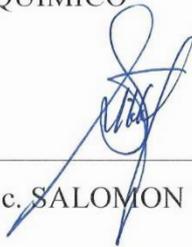
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

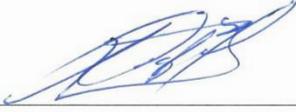


APROBADA POR:

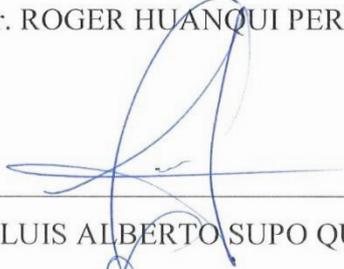
PRESIDENTE:


M.Sc. SALOMON TTITO LEON

PRIMER MIEMBRO:


Dr. ROGER HUANOUI PEREZ

SEGUNDO MIEMBRO:


M. Sc. LUIS ALBERTO SUPO QUISPE

DIRECTOR / ASESOR:


M. Sc. GERMAN QUILLE CALIZAYA

ÁREA: Procesos Industriales

TEMA: Obtención de Productos Industriales

LÍNEA: Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales

FECHA DE SUSTENTACION: 09 de Enero del 2020.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar a este momento y haberme dado salud para seguir logrando mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis queridos padres Evaristo & Elena por ser el mejor ejemplo de perseverancia y fortaleza para salir adelante, formarme con buenos principios y valores que me guían a tomar mejores decisiones.

A mis hermanos Melvin y Diana que dispusieron su confianza en mí, por su apoyo, comprensión y cariño infinito.

A mi pequeña Brittany por ayudarme a encontrar el lado más dulce de la vida, por ser mi motivación e inspiración más grande para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A todos mis compañeros, amigos y familiares quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, por sus consejos y por el gran apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano en especial a la Facultad de Ingeniería Química a toda la plana docente y al personal administrativo.

Agradezco también a mis docentes de los centros de estudios primarios, secundarios y a mis docentes universitarios por compartir sus conocimientos y sabiduría, a lo largo de mi formación académica en la Facultad de Ingeniería Química de nuestra primera casa de estudios.

A mi director de tesis Ing. M.Sc. German Quille Calizaya quien con su valiosa experiencia me brindó su apoyo y asesoría incondicional con el mayor entusiasmo e interés.

A mis jurados M.Sc. Salomón Ttito León, Dr. Roger Huanqui Pérez y M. Sc. Luis Alberto Supo Quispe, por sus críticas y apreciaciones para lograr un buen trabajo.

Al Ing. M. Sc. Nolberto Sixto Miranda Zea por brindarme su apoyo, confianza y amistad en cada momento de la realización de proyecto de investigación.

Y a todas las personas que formaron, forman y formarán parte de mi vida porque de cada persona me llevo lo grato y lo valioso de aprender de cada uno de ellos y que para conseguir algo el esfuerzo y sacrificio dado valdrá la pena al final del camino

MUCHAS GRACIAS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
ACRÓNIMOS	11
RESUMEN... ..	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	16
1.1.1. Formulación del problema general.....	17
1.1.2. Formulación de los problemas específicos.....	17
1.2. JUSTIFICACIÓN	18
1.3. HIPÓTESIS	19
1.3.1. Hipótesis general.....	19
1.3.2. Hipótesis específicas	19
1.4. OBJETIVOS	19
1.4.1. Objetivo general.....	19
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. ANTECEDENTES	21
2.1.1. Antecedente internacional.....	21
2.1.2. Antecedente nacional.....	24
2.1.3. Antecedente local	26
2.2. MARCO TEORICO	29
2.2.1. Remolacha forrajera.....	29
2.2.2. Estudio de los colorantes.....	33
2.2.3. Teoría de extracción de los colorantes.....	51
2.2.4. Medida de color.....	56
2.2.5. Flavonoides.....	66
2.2.6. Antocianinas.....	71
2.2.7. Consideración química de la fibra de ovino.....	77
2.2.8. Teñido.....	78
2.2.9. Evaluación post –tintura.....	85
III. MATERIALES Y MÉTODOS	88
3.1. TIPO DE ESTUDIO	88
3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN	88
3.3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	88

3.4.	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	89
3.4.1.	Material vegetal.....	89
3.4.2.	Materia prima.	89
3.5.	MATERIAL DE LABORATORIO, EQUIPOS Y REACTIVOS	89
3.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE	91
3.6.1.	Selección y acondicionamiento de materia prima para la extracción del colorante.	92
3.6.2.	Desinfección.....	92
3.6.3.	Reducción de tamaño para su extracción.	92
3.6.4.	Secado de la muestra.	93
3.6.5.	Proceso de extracción del colorante.	93
3.7.	ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO.....	97
3.7.1.	Calibración del espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E).....	99
3.8.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE TEÑIDO.....	100
3.8.1.	Evaluación para el proceso del teñido en la fibra de ovino.....	100
3.9.	DISEÑO FACTORIAL DE EXPERIMENTOS (Determinación número de pruebas)	103
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	106
4.1.	RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE CON SOLVENTE DE HIDROXIDO DE SODIO	106
4.1.1.	Resultado de secado de la remolacha forrajera.	107
4.1.2.	Resultado de la curva de secado de la remolacha forrajera.	109
4.1.3.	Resultados de efecto de la concentración del solvente a diferentes porcentajes de hidróxido de sodio.	111
4.1.4.	Resultados del análisis de la estructura cristalina en el microscopio.....	113
4.2.	RESULTADOS DE ESPECTOFOTOMETRO UV/VIS (UNICO / SQ2802E). 114	
4.2.1.	Resultados de los máximos de absorbancia del colorante por espectroscopia ultravioleta visible del espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E)....	114
4.2.2.	Resultados del diseño experimental.	115
4.2.3.	Resultados de la caracterización de flavonoide (antocianina) mediante grupos funcionales en la raíz de la remolacha forrajera.....	119
4.2.4.	Resultados de la cantidad de flavonoide (antocianina).	120
4.3.	RESULTADOS DE METODOLOGIA DE TEÑIDO	121
4.3.1.	Resultados de pre-tratamiento de la fibra de ovino.....	121
4.3.2.	Resultados del teñido de fibra de ovino con diferentes mordientes.....	122
4.3.3.	Curva de agotamiento en el teñido de fibra de ovino	127
4.3.4.	Pruebas de resistencia solar durante 8 días.	134
V.	CONCLUSIONES	138



VI.	RECOMENDACIONES.....	139
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	140
ANEXOS	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz de la remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris</i>).....	29
Figura 2. Aparato de reflujo.....	52
Figura 3. Diagrama del proceso de análisis de imágenes.....	59
Figura 4. Correlaciones en espectroscopia infrarroja.....	64
Figura 5. Estructura básica del esqueleto flavonólico.....	68
Figura 6. Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides.....	71
Figura 7. Estructura de la antocianina.....	72
Figura 8. Longitud de onda de diferentes colores.....	73
Figura 9. Rojo espectral.....	73
Figura 10. Estructura química de los antocianos.....	75
Figura 11. Proceso del teñido.....	82
Figura 12. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de extracción de colorante natural.....	96
Figura 13. Rangos de longitud de onda.....	98
Figura 14. Diagrama de flujo para el teñido de fibra de ovino.....	102
Figura 15. Primera curva de secado de la remolacha forrajera.....	109
Figura 16. Segunda curva de secado de la remolacha forrajera.....	110
Figura 17. Tercera curva de secado de la remolacha forrajera.....	110
Figura 18. Cuarta curva de secado de la remolacha forrajera.....	111
Figura 19. Diagrama de pareto para absorbancia.....	118
Figura 20. Gráfica de efectos principales para absorbancia.....	118
Figura 21. Gráfica de efectos principales para absorbancia.....	119
Figura 22. Curva de pre-tratamiento de fibra de ovino.....	121
Figura 23. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón... ..	122
Figura 24. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl	123
Figura 25. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + NaCl + limón.....	124
Figura 26. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl	125
Figura 27. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto.....	126
Figura 28. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto.....	127
Figura 29. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón.....	128
Figura 30. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl	129
Figura 31. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + NaCl + limón.....	130
Figura 32. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl	131
Figura 33. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl	132
Figura 34. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto.....	133
Figura 35. Monitoreo de teñido mordientes / fibra de ovino.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la raíz de remolacha forrajera.....	32
Tabla 2. Algunos colorantes naturales según su origen	37
Tabla 3. Clasificación de los colorantes naturales	42
Tabla 4. Especies vegetales utilizadas en el teñido de Fibras	43
Tabla 5. Filtros para absorciometría.....	58
Tabla 6. Familia de compuestos que tienen oxígeno en su estructura	62
Tabla 7. Máximos característicos de los distintos grupos de flavonoides.....	65
Tabla 8. Sustituyentes de las antocianinas	72
Tabla 9. Solvente utilizado en esta etapa	93
Tabla 10. Combinación de niveles	94
Tabla 11. Niveles máximos y mínimos.....	104
Tabla 12. Matriz de diseño factorial $2^3 = 8$	105
Tabla 13. Datos obtenidos del secado de la primera placa petri.	107
Tabla 14. Datos obtenidos del secado de la segunda placa petri.....	108
Tabla 15. Datos obtenidos del secado de la tercera placa petri.....	108
Tabla 16. Datos obtenidos del secado de la cuarta placa petri.....	109
Tabla 17. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 3%	111
Tabla 18. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 4.5 %	112
Tabla 19. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 6%	112
Tabla 20. Visualización de muestra en el microscopio.....	113
Tabla 21. Identificación de niveles de los máximos de absorbancia del colorante UV/VIS (UNICO / SQ2802E)	114
Tabla 22. Análisis de varianza para absorbancia	115
Tabla 23. Coeficiente de regresión para absorbancia.....	116
Tabla 24. Optimización de respuesta de diseño factorial.....	117
Tabla 25. Análisis infrarrojo de la muestra de raíz de la remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa</i>)	119
Tabla 26. Flavonoide expresado como antocianinas por el método espectrofotométrico.....	120
Tabla 27. Valores del pre-tratamiento de la fibra de ovino.....	121
Tabla 28. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón.....	122
Tabla 29. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl.....	123
Tabla 30. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + NaCl + limón.....	124
Tabla 31. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl.....	125
Tabla 32. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto	126
Tabla 33. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto	127
Tabla 34. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón.....	128

Tabla 35. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$	129
Tabla 36. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{limón}$	130
Tabla 37. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl	131
Tabla 38. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{limón} + \text{eucalipto}$	132
Tabla 39. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto	133
Tabla 40. Pruebas de resistencia solar.....	134

ACRÓNIMOS

OD: Oxígeno Disuelto

UV-VIS: Ultravioleta-Visible o Espectrofotometría Ultravioleta-Visible

JECFA: Expertos en Aditivos Alimentarios

FAO: Food Additives on Expert Commitee

CEE: Comité Científico de la Alimentación Humana

DDA: Dosis Diaria Admisible

OMS: Organización Mundial de la Salud

DMSO: Dimetilsulfóxido

%P.R.: Porcentaje de Pigmento Retenido

A: Amy Butler Greenfield “rojo perfecto”

AC: Colorante azoico

BN: Negro brillante

FK: for kippers “ para arenques”

V: verdoso

nm: nanómetros

um: micrómetros

IRC: Infrarrojo cercano

IRM: Infrarrojo medio

IRL: Infrarrojo lejano

Ac_2O : Anhídrido acético

H_3BO_3 : Ácido bórico

msnm: Metros sobre el nivel del mar

Dw: Dose of water (dosis de agua)

Cs: Cesio

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo la obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*), para teñido de fibra de ovino; se realizó a partir del 30 de mayo del 2019 en el laboratorio Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano. En la primera etapa del proceso de extracción de colorante; se evaluó la selección, limpieza, secado, reducción de tamaño y extracción por el método de reflujo de la remolacha forrajera de la Región - Puno; con el fin de evaluar los factores de tiempo, temperatura y concentración de hidróxido de sodio, para optimizar la mayor cantidad del extracto evaluando. Para la extracción se evaluó a temperaturas de 70; 78.5 y 85 °C, con un tiempo de reflujo por 20, 30 y 40 minutos con el solvente hidróxido de sodio de 3; 4.5 y 6 % de concentración. La segunda etapa comprende el proceso de tinción con el extracto de la remolacha forrajera en muestras fibra de ovino, para lo cual se utilizó los mordientes sulfato de hierro (II) heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato de cobre (II) pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), limón, eucalipto, cloruro de sodio y glutamato de cobre, para comprobar el poder de la adherencia del colorante natural de la remolacha forrajera en fibras de ovino; posteriormente se realizó pruebas de lavado final y resistencia de radiación solar por ocho días. Como resultado óptimo de la primera etapa se obtuvo el colorante natural de la remolacha forrajera (antocianina) en una concentración de 3 % de hidróxido de sodio a temperatura de 70 °C y reflujo de 20 minutos, resultado que se comprobó en el espectrofotómetro UV/VIS con una absorbancia máxima de 0,975; y por análisis de espectrometría infrarroja se obtuvo a una longitud de onda de 3 309,16 (cm^{-1}) que corresponde al grupo auxócromo y a una longitud de onda de 1 637,6 (cm^{-1}) que corresponde al grupo cromóforo, causante del color. Como resultado de la segunda etapa el colorante obtenido es la antocianina (cianina-3-glucósido) con una concentración de 0,012 mg/L y el mordiente óptimo en la fijación en el teñido fue ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), limón, eucalipto y NaCl que resiste la prueba solar y decoloración, lo cual es favorable para el proceso de teñido. Se concluye que a altas temperaturas y a menor tiempo es mejor la extracción de colorante natural para una mejor fijación de color de la antocianina en la fibra de ovino.

PALABRAS CLAVES: Remolacha forrajera, extracción directa a reflujo, colorante natural, fibra de ovino y teñido.

ABSTRACT

The research work aims to obtain natural dye from fodder beet (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*), for dyeing sheep fiber; It was carried out since May 30, 2019 in Faculty of Chemical Engineering Quality Control laboratory of Altiplano National University. In the first stage, dye extraction process, the selection, cleaning, drying, size reduction and extraction was evaluated by the reflux method of fodder beet from Puno Region; in order to evaluate the time, temperature and concentration of sodium hydroxide factors to obtain a greater extract amount, evaluating control temperatures 70; 78.5 and 85 ° C, leaving a reflux time for 20; 30 and 40 minutes with sodium hydroxide solvent of 3; 4.5 and 6% concentration for extraction. In the second stage it includes the staining process with the extract of the fodder beet in sheep fiber samples, for which the mordant was used iron sulfate (II) heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), copper sulfate (II) pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), lemon, eucalyptus, sodium chloride and copper glutamate, to check the natural dye adhesion power of the forage beet in sheep fibers; Subsequently, tests of final washing and solar radiation resistance were carried out for eight days. As an first stage optimal result, the natural dye of the fodder beet (anthocyanin) was obtained in a concentration of 3% of sodium hydroxide at a temperature of 70 ° C and reflux of 20 minutes, result that was checked in the UV / VIS spectrophotometer with a maximum absorbance of 0.975; by infrared spectrometry analysis Characteristic bands were obtained at a wavelength of 3 309,16 (cm^{-1}) corresponding to the auxochrome group and at a wavelength of 1 637,6 (cm^{-1}) of the color-causing chromophore group. As a second stage result the dye obtained is anthocyanin (cyanine-3-glucoside) with a concentration of 0.012 mg / L and the appropriate mordant in the fixation ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), lemon, eucalyptus and NaCl that resists in the solar test and discoloration which is favorable for the dyeing process of sheep fiber. It is concluded that at high temperatures and less time the extraction of natural dye is better for a better color fixation of anthocyanin in sheep fiber.

KEYWORDS: Fodder beet, direct reflux extraction, natural dye, sheep fiber and dyed.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del colorante natural surge a partir de la inquietud de investigar, para obtener colorantes naturales para fibra de ovino, seda, algodón, y demás fibras naturales, no sólo como parte del valor agregado de los productos sino también como eje de una investigación de valorización de antiguas técnicas de teñido, haciendo una adaptación a nuestra época y descubriendo aquellos colorantes que aún hoy, se encuentran a nuestro alcance, el cual se encuentra en nuestra biodiversidad natural, con la premisa fundamental de lograr una mayor difusión y aplicación de las técnicas de teñido artesanal y colorante natural en la actualidad (Nina, 2018).

Los colorantes pueden ser de origen natural ó artificial, siendo estos últimos los más utilizados. Sin embargo, las regulaciones oficiales de la Unión Europea y EEUU han restringido el uso de colorantes artificiales debido a sus posibles efectos adversos sobre la salud (Tsuda 2001, Amin 2010). En la actualidad existe un creciente interés en el desarrollo, utilización y consumo de colorantes naturales (Stintzing & Carle, 2004).

En años recientes se ha renovado el interés en colorantes naturales por recientes limitaciones en el uso de algunos sintéticos en alimentos, medicamentos y en productos cosméticos debido a su toxicidad. Los colorantes son sustancias de origen natural o artificial que se utilizan para dar o aumentar color a los alimentos, telas, tintas y otros, el color es uno de los factores más importantes responsables de la aceptación o rechazo de los vegetales (Toc & Oliva, 2013).

Los colorantes naturales son considerados en general como inócuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales. Un criterio útil de clasificación de los colorantes naturales es en base a su estructura molecular, que permite agrupar componentes afines en cuanto a su comportamiento y propiedades genéricas, con los colorantes naturales se

comienza a estudiar al grupo más numeroso, como es el de los colorantes vegetales, que se pueden agrupar en seis familias que son: carotenoides, clorofílicos, antocianinicos, flavonoideos, betalaínicos y tanínicos. (Marín & Mejía, 2012). Los flavonoides es uno de los grupos más numerosos y ampliamente distribuidos de constituyentes naturales, su carácter fenólico y su intensa absorción en la región ultravioleta y visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados. Por ende, se considera objetivos generales de la investigación obtener colorante natural a partir de raíz de la remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) para su aplicación en teñido de fibra de ovino; y objetivos específicos extraer colorante natural de la raíz de la remolacha forrajera por método de reflujo con NaOH, determinar la temperatura y encontrar el tiempo optimo en el proceso de extracción de colorante natural de la remolacha forrajera y realizar pruebas de tinción con colorante natural extraído para fibra de ovino.

1.1. Planteamiento del problema

La extracción de colorantes naturales se da especialmente por los graves problemas que generan los colorantes sintéticos a la salud del ser humano como es el cáncer, el alto grado de hiperactividad falta de concentración, reacciones alérgicas, crisis de asma, migrañas, problemas de visión, desarreglos en el comportamiento, así como ansiedad. (Rojas, Maldonado, & Pérez, 2008)

Nuestro país se caracteriza por ser productor de fibra más no de colorantes naturales y con el pasar del tiempo surge la necesidad de tener un mayor conocimiento de la vegetación muy variada y extensa que posee nuestro país, las mismas que de manera adecuada brindan al ser humano una alternativa diferente para su comodidad y beneficio; sin embargo, no es competitivo en su producción y comercialización, debido a que carece

de técnicas específicas para realizar la extracción de colorantes naturales para ofrecer productos diversos en el mercado nacional. (Rojas, Maldonado, & Pérez, 2008)

Las exigencias del cuidado ambiental como medida de prevención para el cuidado de la salud, recaen en la necesidad de buscar tecnologías limpias sobretodo que no alteren el medio ambiente, hoy en día la industria textil no está ajena a este cambio siendo el área del teñido textil la causante de grandes afluentes de contaminación, es por eso el estudio amplio de las propiedades de los colorantes naturales se hace importante. (Málaga & Gomes, 2011)

1.1.1. Formulación del problema general

El trabajo de investigación persigue la correcta extracción de colorante natural con el extractor de reflujo; de la especie vegetal remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) de nuestra región de Puno, para conseguir que el teñido tenga solidos aceptable en efecto de la luz solar y prueba de lavado, en donde se fórmula la siguiente interrogante:

¿En qué medida la obtención de colorante natural de la raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) tiene incidencia en mejorar el nivel de calidad en el teñido de fibra de ovino?

1.1.2. Formulación de los problemas específicos

- ✓ ¿En qué rango de concentración de solución de NaOH se obtendrá mayor cantidad de colorante?
- ✓ ¿Cuál será la temperatura adecuada y tiempo óptimo para la extracción de colorante natural de la remolacha forrajera?
- ✓ ¿Sera adecuado el colorante natural extraído para la tinción de fibra de ovino?

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.2.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.

Uno de los mayores problemas que actualmente enfrentamos es la dependencia de colorantes químicos en la industria textil, en donde sus desechos son depositados en ríos, laderas y contribuyen en gran parte a la contaminación de mantos acuíferos y el medio ambiente.

Una fracción importante de estos contaminantes en el agua residual de la industria textil, son los residuos de colorantes textiles, los mismos que presentan gran persistencia en el medio ambiente del agua residual y al ser sometidos a medios de tratamiento físico-químico y biológicos clásicos, estas no son eficientes en su remoción con consecuencias de que la coloración que imparten en las fuentes de los cuerpos de descarga, puede llegar a suprimir los procesos naturales fotosintéticos cuya consecuencia es la baja concentración de oxígeno disuelto (OD), en dichas corrientes de aguas, por lo que su presencia debe ser controlada. (Delgado & Santander, 2017)

1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

El presente proyecto de investigación se promueve el uso de colorantes naturales a partir de la especie vegetal de la remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*), y evitar los productos basados en colorantes artificiales dando una alternativa para disminuir el problema de la contaminación y utilizando recursos vegetales que están en la vida cotidiana para una mejor calidad de vida de las personas. La remolacha es un alimento el que no deberíamos prescindir. Es una hortaliza de atrayente color para el uso en prendas de vestir, el uso del color es una necesidad estética de la humanidad y está inmersa en la historia del desarrollo cultural. (Parra, 2013)

1.2.3. JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA.

La realización de este trabajo trae consigo el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta nuestro País como es la remolacha forrajera que es consumo de nuestros hogares, y de esta manera dar lugar a un colorante natural que influye de manera importante en el teñido de fibra.

Al obtener un colorante natural se beneficiaría el sector agrícola ya que la remolacha forrajera podrá ser utilizada no de forma convencional que es de consumo fresco de la planta vegetal.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general.

La raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) contiene alto porcentaje de colorante natural lo que permite obtener un colorante para teñido de fibra de ovino.

1.3.2. Hipótesis específicas

- ✓ En el rango de concentración de 4 % a 6 % de NaOH se logra obtener porcentaje de colorante.
- ✓ A mayor temperatura y tiempo se logra mayor porcentaje de extracción.
- ✓ El colorante natural extraído es adecuado para tinción de fibra de ovino.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general.

Obtener colorante natural a partir de raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) para su aplicación en teñido de fibra de ovino.

1.4.2. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la concentración óptima del solvente NaOH por el método de reflujo para extraer colorante natural de la raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*).
- ✓ Determinar la temperatura y encontrar el tiempo óptimo en el proceso de extracción de colorante natural de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*).
- ✓ Realizar pruebas de tinción con colorante natural extraído para fibra de ovino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedente internacional.

Diaz & Elias (2009), realizó estudios de investigación denominado “Propuesta para la obtención de un colorante natural a partir de la pulpa seca del *coffea arábica* (café)”; de la Universidad de el Salvador, se realizó la extracción del colorante de la pulpa seca del café por el método de reflujo utilizando hidróxido de sodio 0.5 N como solvente; este extracto también fue utilizado para realizar las pruebas espectrofotométricas por los métodos de espectrofotometría infrarroja y espectrofotometría ultravioleta visible. Se comparó el poder de tinción del extracto colorante utilizando diferentes mordientes al 25 % sulfato ferroso, alumbre, sulfato de cobre, cloruro de sodio, cloruro de estaño, ceniza-limón, ácido tánico, en telas de lino, algodón y seda, observando que la tela de algodón retiene mucho más colorante que las telas de lino y seda. Se concluye que el sulfato ferroso, cloruro de estaño, ceniza - limón son los mordientes que mejor realizaron su efecto de fijación en las diferentes telas luego del proceso de lavado y secado.

Martin J. (2007), Evaluó las condiciones de extracción de colorantes naturales del fruto del ají (*Capsicumsp*) y de las cubiertas secas de cebolla (*Allium cepa*), y su aplicación sobre fibras naturales de fique (*Furcraeasp*) y zapote (*Matisia Cordata*); las fibras requirieron de procesos fisicoquímicos para la obtención del material celulósico apto para la tinción. Se encontraron resultados positivos en la tinción con el colorante de la cebolla. Por su parte la aplicación del colorante del ají dio resultados positivos como pigmento en las fibras de papel a base de las pulpas de fique y de zapote.

Ojeda (2012), Realizó estudios de investigación denominado "Teñido de fibra de abacá (*Musa textilis*) utilizando colorante extraído de la cochinilla (*Dactylopius coccus*)";

de la Universidad Católica de Loja - Ecuador, obteniendo buenos resultados, donde el mayor porcentaje de agotamiento fue al utilizar 50 % de colorante y 10 % de mordiente en relación al peso en seco de fibra a teñir, por un periodo de teñido de 60 minutos a 70 °C en una relación de baño 1/50.

Parra (2013), Realizó estudios de investigación denominado "Extracción de colorante betanina de la betarraga"; de la Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia- La Paz, Extrajo el colorante natural Betanina partir del equipo Soxhlet de la pulpa de la raíz de la remolacha, utilizo como solvente etanol; para la aplicación en textiles y alimentos. Dando como mejores mordientes para fijar el color en la fibra de algodón sulfato de hierro II heptahidratado + limón, con estos presentan homogeneidad en la fijación del color después de ser monitoreados con agua y jabón.

Pérez (2003), Realizó un estudio de la cinética y la extracción de cuatro colorantes naturales, con siete diferentes mordientes con el fin de obtener una fijación adecuada para cada colorante, realizándose el cálculo de las isothermas de adsorción para colorantes naturales directos y cinética de reacción para colorantes naturales reactivos

Prakash (2012), Evaluó las condiciones óptimas para la extracción de pigmentos de la pera espinosa (*Opuntia ficus-indica*) usando el diseño experimental Boxe-Behnken de tres factores. Los pigmentos fueron extraídos de la pulpa del fruto seco usando agua como disolvente a diferentes temperaturas de extracción, tiempo y masa de pulpa. Donde encontró los valores óptimos de las variables: temperatura de extracción de 40 °C, tiempo de 115 minutos y masa de 1,44 g. Finalmente determinó la concentración de betacianina igual a 24,29 mg/100 g y betaxantina igual a 13,43 mg/100 g. Con un valor de deseabilidad de 0,917.

Rodríguez (2009), indica en sus estudios acerca de las propiedades cromógenas de las betalaínas ante fotones gamma con el fin de Los extractos se obtuvieron por maceración,

a partir de remolacha y tres variedades de tuna que se estabilizados a un pH de 5.5. Los extractos se expusieron a los rayos gamma de una fuente de ^{137}Cs y se observó el cambio en la coloración mediante un espectrofotómetro ultravioleta/visible mediante la absorbancia de las muestras a fotones de 535 nm de longitud de onda. La absorbancia se midió, a diferentes intervalos de tiempo. Se estableció la relación entre la dosis absorbida en agua D_w y las propiedades cromógenas del pigmento, con la intención de utilizarlo como posible dosímetro.

Saldarriaga (2002), realizó el estudio de investigación en el “Proceso para obtener colorante a partir de la semilla de aguacate” en la Universidad - Colombia, donde optimizó mediante diseño de experimentos de superficie respuesta, obteniendo en dos horas de extracción y a una temperatura de 75°C , con una solución acuosa de NaOH 0.5%. a nivel de planta piloto.

Sánchez (2006), En su investigación realizó la evaluación del solvente adecuado para la extracción empleando como disolventes metanol/agua y etanol/agua, concluyendo que las betalainas tienen mayor solubilidad en metanol. El pigmento fue extraído de la pulpa del fruto, considero tres variables para su sistema de evaluación concentración del disolvente, temperatura, y tiempo. También observó la máxima estabilidad de la betalaina a un pH igual a 5. Con la ayuda de una metodología de superficie de respuesta encontró las variables óptimas del proceso de extracción: temperatura 15°C , un tiempo de 10 minutos y una concentración de metanol al 80 %, donde obtuvo 92 mg de betalaina en 100 gramos de pulpa.

Trujillo & Lopez (2010), realizó estudios de investigación denominado “obtención de colorantes naturales a partir de cáscara *allium cepa* (cebolla blanca y morada) y raíz de *beta vulgaris* (remolacha) para su aplicación en la industria textil.”; de la Universidad de El Salvador, extracción empleado en este trabajo fué el de reflujo utilizando hidróxido de

sodio al 5 % como solvente para la extracción. Para las pruebas fitoquímicas se realizó una extracción alcohólica a 90 °C por método de reflujo, realizando pruebas como: shinoda, NaOH 1N. NaOH 1N/HCl. Luego se sometieron las fibras de algodón a tinción, utilizando mordientes.

Yanchapanta (2011), Realizó estudios de Investigación denominado “obtención de un colorante natural la betalaina a partir de la remolacha (*beta vulgaris*) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad”; de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, Se procede a rallar la remolacha tanto de su raíz como de su pulpa, y se pesó 10 gramos de cada uno, estas muestras se mezclaron con 100 mL de metanol al 95 % y posteriormente se llevó a la incubadora durante tres días a 60 °C para el proceso de fermentación por ende la purificación del colorante. Luego llevo a una cuantificación por medio de espectrofotometría lo que nos ayudara en qué nivel el colorante esta puro. Luego se tomarán la muestra para aplicarlo en los alimentos y bebidas respectivamente. Los resultados de los análisis físicos y químicos que se realizaron en las muestras del colorante obtenido mediante fermentación y cristalización de la, donde se detalla la absorbancia tomada en cada una de las muestras, para esto se indago la longitud de onda del colorante puro la cual es 593 nm y por tanto se midió la absorbancia que resulto 0, 045.

2.1.2. Antecedente nacional.

Gorriti et al. (2009), “Extracción de antocianinas de las corontas de *zea mays l.* (maíz morado)” en este trabajo se realizó los siguientes pasos para la obtención de la antocianina: Pesó 2,5 g de coronta de maíz morado molida y tamizada a diámetro de 1 mm extraídos con 200 mL de agua destilada y solución etanólica al 20 % y 40 %, pH 2 y 4 ajustados con HCl conc, durante tiempos de extracción de 30, 60, 120 y 240 minutos, a temperaturas de 25, 60, 75 y 90 °C. Los extractos que obtuvo fueron filtrados utilizando

papel filtro Whatman N°1 con la ayuda de un equipo de vacío. Una alícuota del extracto diluyó en una fiola de 25 mL con soluciones buffer de cloruro de potasio (pH 1) y acetato de sodio (pH 4,5). En las soluciones preparadas determinó el contenido de antocianinas según el método de pH diferencial, utilizando espectrofotómetro UV-VIS y su contenido expresó como cianidina-3-glucósido. El resultado depende de la temperatura y el tiempo de extracción, siendo favorecidas por el medio etanólico al 20 % y pH entre 2 y 4, alcanzando valores de 46,534 mg de antocianina/g muestra.

Málaga & Gomes (2011), en la investigación que realizaron “Evaluación del equipo extractor - teñidor tipo autoclave presurizada, con colorantes naturales en el teñido de fibra de alpaca.” Indica el proceso que realizaron en la extracción del colorante de 6 especies vegetales como queñua, colli, qariwa, ayrampo, maíz morado y chilca), utilizó los colorantes extraídos para el teñido de fibra de alpaca; primero indicó la recolección de los vegetales, selección de la materia prima y extracción de colorantes naturales; utilizó el equipo extractor-teñidor y como solvente etanol al 45 % y 70 %, en un tiempo de 2 horas y con una temperatura de 72 °C, finalmente llegó a los siguientes resultados con etanol al 45 %: (queñua: 43,1977 g; colli: 43,8837 g; qariwa: 42,8258 g; ayrampo: 42,5120 g; maíz morado: 44,3037 g y chilca: 43,7496 g); de igual manera con el solvente etanol al 70 %: (queñua: 43,4481 g; colli: 44,1805 g; qariwa: 43,1155 g; ayrampo: 42,7995 g; maíz morado: 44,6033 g y chilca: 44,0455 g). El teñido de fibra de alpaca utilizó 50 g de madeja de fibra de alpaca, 21 L volumen de baño, pH de 3,5 a 4,5 y como mordiente utilizó el sulfato de aluminio 20 % del peso de la fibra, crémor tártaro 10 % del peso de la fibra, temperatura de teñido a 82 °C y tiempo de teñido 60 min. En el teñido de fibras llegó a los siguientes resultados: La queñua es el colorante natural que mejores resultados les dio en pruebas de solidez al lavado y solidez a la luz, siendo un colorante natural con un potencial a explotar.

Robles (2008), Quien realizó estudios de investigación titulado "Evaluación de los parámetros en el proceso de teñido de fibra de alpaca con colorantes reactivos"; de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, obtuvo buenos resultados, con una combinación óptima de tiempo 30 min, temperatura de 94 °C, pH de 5.0 y la relación de baño de 1/25.

Solis et al. (1991), en su investigación "Contribución al estudio Fitoquímico de la *bidens andicola*", pesó 14 g de pétalos secos molidos se desengrasaron con hexano en un Soxhlet, por 58 horas; la muestra desengrasada extrajo con etanol por 80 horas. Por concentración a presión reducida obtuvo un residuo resinoso de color pardo amarillento; al residuo se le sometió a partición en un sistema agua: hexano, la fracción acuosa se hidrolizó con HCl al 4 % por 4 horas y nuevamente sometió a partición con hexano. Los flavonoides extrajo de la solución acuosa ácida con éter etílico y de la fase etérea se extrajo con una solución saturada de bórax, luego esta solución se llevó a pH ligeramente ácido para nuevamente realizar una segunda extracción con éter etílico obteniéndose un extracto etéreo de color amarillo claro; después de evaporar el éter se extrae con acetona, se evapora el solvente y finalmente el flavonoide se extrae con acetato de etilo en el que cristaliza en forma de agujas, con un rendimiento de 1,13 % en base a muestra húmeda.

2.1.3. Antecedente local

Laura (2018), Realizó estudios de Investigación denominado " extracción y caracterización de flavonoides a partir de las flores de misiq'o (*Bidens an dicola*)" para la aplicación de teñido en fibra de ovino; de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, consistió en la extracción de flavonoide en solución alcohólica a partir de las flores de misiq'o. la extracción del colorante se realizó por el método del equipo soxhlet, utilizando como solvente alcohol de 94 % por 180 minutos, así obteniéndose una solución coloreada viscosa que se llevó a la estufa a 40 °C para el secado y purificación con solvente orgánico

siendo los volumen, Para la fijación del flavonoide en el teñido de la fibra de ovino se realizó con los parámetros de pH y temperaturas diferentes, el mordiente que se aplicó el cloruro de sodio más ácido cítrico que ayudó en la tonalidad del color de más bajo a lo más intenso.

Limachi (2009), “ Obtención de colorante natural a partir de amor seco (*Bidens Pilosa L.*) para su aplicación en la industria textil”, realizó la extracción de colorante a nivel de laboratorio de Amor Seco en el equipo Soxhlet a diferentes temperaturas y concentración con un solvente (etanol) 96% y agua, en el que realizó pruebas para ver la eficiencia del solvente comparando con una curva estándar de un colorante sintético llamado E-102 amarillo tartrazina y llegó a la conclusión que el etanol es el más eficiente para la extracción del colorante que fue de 96,11 % en un tiempo de 2 horas y media la extracción.

Multon (2000), Desde 1978, la dosis toxicológica de los colorantes autorizados ha sido objeto de atenciones particulares y evaluaciones regulares, especialmente de la JECFA (FAO/OMS) y el comité científico de la Alimentación humana (CEE) que han publicado monografías e informes sobre el tema. La mayor parte de los colorantes alimentarios han sido objeto de la definición de una dosis diaria admisible (DDA). Hay pocos ensayos realizados en el hombre, pero se puede considerar que se dispone de unos retrocesos importantes colorantes, si bien hay un cierto factor de seguridad. Sin embargo, desde el punto de vista toxicológico, algunos colorantes poseen todavía problemas

Nayhua (2017), Realizó estudios de investigación denominado " obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del Distrito de San Cristóbal-Moquegua”; de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, en la evaluación fisicoquímica se trabajó con una representación

promedio de las muestras donde se observa que la cáscara de tuna representa un 46,82 % del peso del fruto entero, con un pH igual a 5,39, sólidos solubles 5,02 °Brix y humedad de 85,17 %. Se determinó los parámetros de concentración del solvente realizando varias muestras a diferentes concentraciones de etanol en un rango de 30 – 90 %, en un tiempo de 30-120 min y una cantidad de materia prima de 5-15 g. Cuantificó la concentración de betalainas por el método de espectrofotómetro UV/VIS con un valor de 0,173 mg de betalainas. teniendo como resultados lo siguiente: La concentración del etanol es 75 %, en un tiempo de 90 min. y una cantidad de materia prima de 11,2 g. obteniendo 0,285 mg de betalainas para el proceso de extracción del colorante natural, donde se obtuvo un rendimiento de 83 %.

Nina Aguilar (2018), Realizó estudios de Investigación denominado " obtención y caracterización del colorante natural a partir de la inflorescencia de colli" para el teñido de fibra de alpaca; de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, evaluó principales factores (tiempo, temperatura, pH) de la extracción y del teñido. determinó los parámetros de concentración del solvente realizado a diferentes concentraciones de etanol 45 y 75 % a nivel de laboratorio en el equipo de extracción Soxhlet en un tiempo de 120 min a una temperatura 240 °C donde se identificó la presencia de colorante café – amarillo naranja. su caracterización de la inflorescencia según los resultados donde se demostró la longitud de onda 3 293.40 – 1 018.76 y un rango de longitud de onda 3 300 – 3 600 a 1 333.24 – 1 022. Lo cual es favorable para el proceso del teñido de la fibra de alpaca en madejas, así mismo se ha encontrado parámetros óptimos de teñido por agotamiento a una temperatura de 84 °C y a un pH 4.5 tiempo de teñido de 60 min.

Tacuri R (2008), Realizó una comparación en el control de calidad del teñido de dos colorantes uno natural de la especie vegetal queñua (*polylepis incana*) y el otro de origen sintético llamado Lanaset Brow B, obteniéndose resultados de temperatura óptima de

teñido de 74 °C y 103 °C, así como un pH de 6 y 9 como parámetros para resultados satisfactorios del cumplimiento de las normas de solidez de calidad estándar.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Remolacha forrajera.



Figura 1. Raíz de la remolacha forrajera (*Beta Vulgaris*)
FUENTE: Tinajero, (2015)

2.2.1.1. Origen.

Indica que la especie cultivada procede de selecciones de una planta silvestre *Beta marítima*, familia de las *chenopodiaceas*, la planta silvestre se encuentra en nuestros días en las costas occidentales de Europa, cuenca del Mediterráneo, Asia Central e Islas Canarias. (Robles,1985)

Menciona que los ancestros de la remolacha forrajera crecían de manera silvestre en la costa del sur de Europa, Asia y llegaba hasta la India Occidental. (FAO,2006)

2.2.1.2. Ubicación taxonómica o clasificación botánica.

Linneo, citado por Solano et al., (1998) indica la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Vegetal.
Sub reino	:	Phanerogamae.
División	:	Angiospermae

Clase	:	Dicotyledoneae
Sub clase	:	Archychlamydeae
Orden	:	Centrospermales
Familia	:	Chenopodiaceae
Género	:	Beta
Especie	:	Beta vulgaris
Sub especie	:	<i>Beta vulgaris</i> L. ssp.vulgaris
Variedad	:	<i>Beta vulgaris</i> L. ssp.vulgaris var.crassa
Nombre común		Remolacha forrajera

2.2.1.3. *Descripción morfológica de la planta o características botánicas.*

La remolacha posee raíz napiforme, carnosa, piel roja pálida o rosa, en algunas variedades y en otras amarilla encarnada y blanca; el tallo es herbáceo con hojas alternas estipuladas pecioladas y verdes, hojas de forma oval, acordonadas, tiernas de color verde claro con venas encarnadas y sostenidas por peciolo largos y anchos; la inflorescencia agrupada en racimo, flores pequeñas de color verdoso, diclinas, con 5 sépalos libres, anteras cinco globulosas, dehiscencia longitudinal, los cinco nacen de la base del ovario y están opuestos a las lobaduras del cáliz, el pistilo es simple, tres estigmas sésiles, ovario súpero, deprimido, el fruto es monogérmico o multigérmico y semillas negras pequeñas. (Robles,1985)

2.2.1.4. *Formación de la raíz principal.*

El sistema radical está compuesto en definitiva por una raíz principal pivotante, raíces laterales fibrosas y pelos radicales. La raíz principal, que se caracteriza por ser gruesa, carnosa y de forma relativamente cónica, presenta un alto contenido de azúcar. (Wiersema et al., 2011)

El centro de la raíz carnosa se asemeja a la forma de una estrella; su pulpa, que es muy densa y quebradiza, no da jugo, a menos que sea prensada. La mayoría de los cultivares de remolacha presenta la pulpa de color blanco en invierno. (Wiersema et al., 2011)

La raíz carnosa se prolonga adelgazándose finamente hasta alcanzar, en suelos sin limitaciones, una profundidad de 1.5 a 2.0 m. Las raíces laterales son muy variables en longitud, pudiendo algunas de ellas llegar a crecer hasta una profundidad similar a la que alcanza la raíz principal. Cabe señalar que la apariencia, tamaño y orientación de las raíces laterales varían en profundidad; así, aquellas que crecen en la parte más superficial, a partir de la raíz carnosa, lo hacen en forma horizontal; estas raíces laterales son muy finas y de color café. Más en profundidad, las raíces laterales son blancas, de mayor grosor y su crecimiento se orienta en forma vertical. (Wiersema et al., 2011)

La raíz carnosa de la remolacha está compuesta por una sección central de xilema y floema, rodeada por una sucesión de 10 a 14 anillos vasculares concéntricos o zonas vasculares; estas zonas son opacas, fibrosas, ricas en azúcar y se presentan alternadas con áreas parenquimáticas; estas últimas son transparentes y pobres en azúcar, pero ricas en agua y compuestos nitrogenados.

Aproximadamente el 70 % del volumen de la raíz carnosa corresponde a los primeros cinco o seis anillos, contabilizados desde afuera hacia adentro; estos anillos ya están formados cuando la raíz alcanza alrededor de 1,5 a 2,0 cm de diámetro; en ese momento la planta presenta entre 10 y 12 hojas.

El mayor crecimiento de la raíz carnosa ocurre a partir de los anillos uno y dos; entre los anillos tres y ocho disminuye progresivamente el aporte al crecimiento; en tanto, que desde el anillo nueve en adelante, la contribución a la expansión de la raíz es muy escasa.

El crecimiento de todos los anillos va ocurriendo en forma simultánea. (Wiersema et al., 2011)

2.2.1.5. Almacenamiento de azúcar en la raíz principal.

La sacarosa, que es el azúcar que se extrae de la raíz carnosa, se almacena en las vacuolas de las células parenquimáticas y su mayor concentración se presenta en las células cercanas a los haces vasculares. Por esta razón, mientras mayor sea el número de anillos y más cercanos se presenten éstos entre sí, mayor será el porcentaje de sacarosa en la raíz. En este sentido, fertilizaciones excesivas o bajas poblaciones promueven un crecimiento exagerado de las raíces, lo que determina una reducción en el porcentaje de sacarosa. La concentración de sacarosa es mayor en la sección de la raíz carnosa que presenta mayor diámetro, disminuyendo progresivamente hacia ambos extremos,

2.2.1.6. Composición química de la remolacha forrajera.

La raíz, como alimento nutritivo, puede ser equivalente a unas dos terceras partes del forraje verde de la planta. Después de alcanzar su máximo desarrollo contiene, por término medio, los componentes químicos siguientes (Juscafresa, 1983).

Tabla 1. Composición química de la raíz de remolacha forrajera

Componentes	Porcentaje
Agua	85 – 90
Materia seca	10 – 11
Proteína digestible	1.2 – 1.3
Grasas	0.1 – 0.2
Extractos nitrogenados	6.3 – 6.8
Fibra	0.9 – 1.1
Cenizas	1.8 – 2.1
Vitaminas	A, B ₂ y C (U.I)
(U.I.) = Unidades Internacionales	

FUENTE: Juscafresa, (1983)

2.2.2. Estudio de los colorantes.

2.2.2.1. Color.

Es la impresión que hace en la retina del ojo la luz reflejada en los cuerpos. Parte de la energía radiante que percibe el ojo humano a través de las sensaciones visuales generadas por la estimulación de la retina del ojo y que corresponde al intervalo de 400 a 800 nm de longitud de onda. Todos los cuerpos reflejan la radiación de ciertas longitudes de onda y absorben las de otras. Ejemplo un cuerpo azul refleja la luz con la longitud de onda correspondiente al azul y absorbe la luz de las demás longitudes de onda del espacio visible (Alcazar del Castillo, 2002).

Las sustancias o los objetos ofrecen color por que absorben parte de la luz incidente que refleja o pasa a través de los mismos. En este contexto, el término “parte” significa que la luz de determinadas longitudes de onda se absorbe más que la de otras. La luz que alcanza nuestros ojos, reflejada o transmitida, es, en consecuencia, más rica en ciertas bandas del espectro visible que en otras (Coultrate, 1998).

2.2.2.2. Colorantes.

El colorante es una sustancia que se aplica a cualquier cuerpo para efectuar una modificación persistente del color original y que, en varias formas de su aplicación, puede ser disuelto o dispersado en un fluido, difundiéndose de este modo dentro del cuerpo a colorear, también es considerado en general como inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales. (Mundujano R, 2006).

Un colorante en forma genérica se puede definir como: “Cualquiera de los productos químicos que pertenecen a un extenso grupo de sustancias, empleados para tejidos, fibras, tintas, productos alimenticios y otras sustancias. En la moderna terminología industrial se

amplía el concepto de colorantes a los productos que contienen colorantes orgánicos puros junto con agentes reductores o de relleno que los hacen más manejables.”

Los colorantes han sido ampliamente utilizados en la preparación de alimentos y bebidas, y siguen siendo a nivel mundial una contribución significativa en la preparación y procesamiento de los mismos. De igual manera, desde la antigüedad, antes del desarrollo de la industria de colorantes de síntesis, el teñido de fibras se hacía con plantas conteniendo colorantes naturales, llamadas especies tintóreas. (Lock O, 1997).

Los colorantes son aquellos compuestos químicos que tienen un origen ya sea sintético o natural que son solubles en cierto medio utilizado con el fin de impartir un color a los textiles u otros tipos productos no alimenticios. La evolución en la manufactura desarrolló a la par de la ciencia y se ha visto incrementada conforme se requieren productos con colores de cualidades más resistentes y una mayor calidad (Parra, 2004).

2.2.2.3. *Propiedades físicas y químicas de los colorantes*

Propiedades físicas

Las propiedades de los colorantes pueden clasificarse como propiedades de aplicación y propiedades de uso final. Las propiedades de aplicación incluyen la solubilidad, la afinidad y la velocidad de teñido. Las propiedades de uso final son el tono y la resistencia a los factores degradantes tales como la luz, lavado, calor (sublimación) y desteñido. Los colorantes se selección de tal manera que tengan propiedades de uso final aceptables con un costo mínimo. Solo se usan procedimiento de aplicación complicados cuando resulta necesario para lograr resultados excelentes. (Mayer, 1966).

En la industria textil se ha vuelto muy común tratar los tejidos tenidos con agentes diseñados para mejorar la resistencia al encogimiento, a las arrugas y otras características,

con frecuencia, estos agentes alteran la apariencia y resistencia de los colorantes (Mirko Raimond, 1990)

Estas a su vez pueden clasificarse como propiedades de aplicación y como propiedades de uso final:

- ✓ Los colorantes de acuerdo a su aplicación deben ser: líquidos, sólidos o en forma de pastas, es decir, que en las propiedades de aplicación incluyen la solubilidad, la afinidad y la velocidad de teñido.
- ✓ Los colorantes por su solubilidad pueden dividirse en: hidrosolubles (solubles en agua), liposolubles (solubles en grasas) y en insolubles.
- ✓ Por su afinidad, los colorantes deben ser capaces de unirse fuertemente a la sustancia, fibra o bien unirse a esta físicamente; y por su velocidad de teñido, siendo muy importante la intensidad del color.
- ✓ Las propiedades de uso final son: el tono, color resistente (resistente a ataques) que son los factores degradantes tales como: la luz, tratamientos de humedad, tratamientos térmicos, sobre la base de estos se toma en cuenta la selección de colorante, de tal manera que tenga un uso final aceptable (Choqueza, 2001).

Propiedades químicas

Para el desarrollo de las propiedades químicas de los colorantes es esencial la presencia de un grupo cromóforo y de un grupo auxócromo.

- ✓ El grupo cromóforo confiere a la molécula de la sustancia que lo contiene los llamados cromóforos que van a provocar la aparición de un color (por desplazamiento). Aunque este sea coloreado no es capaz de teñir fibra u otras sustancias, pero esta adquiere la propiedad de colorante, cuando se introducen en la molécula de los grupos auxócromos constituidos por radicales saturados que le confieren adherencias al colorante.

- ✓ Los principales auxóchromos son: el hidroxilo (OH), el amino (-NH₂), el sulfónico (SO₃H), el carboxílico (COOH) y el sulfuro (SR₂), estos grupos van a determinar si la sustancia colorante tiene carácter ácido o básico.
- ✓ En general el color de un colorante se debe al estado de instauración de las moléculas y cuando estas se saturan el material se vuelve incoloro (reducción del colorante).
- ✓ El color de un colorante puede ser intensificado añadiendo grupos metilo, etilo o fenilo para aumentar el peso molecular (Choqueza, 2001).

2.2.2.3.1. Colorantes Naturales.

Un colorante natural es toda aquella materia colorante que tiene origen vegetal o animal. Para que una sustancia coloreada, sea considerada un colorante, deberá contener grupos cromóforos llamados auxóchromos, los que dan a la sustancia afinidad con la fibra. (Lock O, 1997).

Son pigmentos coloreados que se encuentran en la naturaleza y se extraen por diferentes métodos. Estos a su vez se pueden dividirse en colorantes naturales de origen animal, vegetal y mineral (Cubero & Monferrer, 2002).

Los colorantes naturales son los productos de extracción que proceden de materias primas alimentarias y pueden estar asociados a numerosas impurezas; en efecto, los procedimientos de extracción tiene un valor técnico variable si bien los compuestos obtenidos no tienen composición ni propiedades colorantes constantes; todo esto hace que los colorantes naturales sean, frecuentemente, más fáciles de fabricar por síntesis que por procedimientos de extracción y presenten así mejores características de pureza (Multon, 2000).

No se debe caer en el error de considerar inócuos a estas sustancias por ser de procedencia natural. La OMS (Organización Mundial de la Salud) obliga a seguir una

investigación toxicológica cuando el colorante es empleado en concentraciones más elevadas de las presentes en el producto natural, o cuando se modifica su estructura durante el proceso de extracción. Por tanto, los colorantes de origen natural han de cumplir unas exigencias y pautas antes de ser aprobados su uso (Fennema, 1993).

Tabla 2. Algunos colorantes naturales según su origen

NOMBRES	ORIGEN	COLOR
Achiote (Bixa Orellana)	Vegetal	Rojo
Airampo (Opuntia soehernsii Britt & Rose)	Vegetal	Violeta claro
Aliso (Bixa Orellana)	Vegetal	Marrón
Antanco (Relbunium hypocarpium)	Vegetal	Rojo
Calamar (Sepia officinalis)	Animal	Negro y pardo
Cinabrio	Mineral	Rojo anaranjado
Cochinilla (Dactilopius coccus)	Animal	Gama de rojos
Chanque (Concholepas concholepas)	Animal	Violáceo
Chilca (Baccharis latifolia)	Vegetal	Amarillo y verde
Hematita	Mineral	Ocre rojo
Índigo (Indigofera suffruticosa)	Vegetal	Azul
Maíz morado (Zea mays)	Vegetal	Morado
Molle (Schinus molle)	Vegetal	Amarillo
Mullaca (Muehlenbeckia volcánica)	Vegetal	Azul
Tara (Caesalpinia spinosa)	Vegetal	Marrón
Tierra de pantano	Mineral	Negro

FUENTE: Gibaja, (1998)

2.2.2.3.2. *Historia de los colorantes naturales.*

El uso del color es una necesidad estética de la humanidad y está inmersa en la historia de su desarrollo cultural. Precisar desde cuándo y cómo se empezaron a aplicar las primeras técnicas de tintura textil, no ha sido posible; lo único que se puede afirmar es que, en diversos lugares del planeta, desde tiempos remotos. Gradualmente han ido

desarrollando y perfeccionando métodos de extracción y aplicación de tinturas de origen natural de origen vegetal, animal y mineral, las que utilizaron para dar color al universo cultural que simultáneamente se instituía. (Perilla A., 2002).

En poblaciones antiguas como China, Babilonia, Asiría, Egipto, Grecia, India, etc., y en otras más recientes como nuestros antepasados indígenas, el color en las Telas de sus vestidos, en la decoración de sus viviendas, en los objetos, en el maquillaje del cuerpo, etc., significó diferenciación social, de sexo, de poder, de autoridad, de casta, de religión, de sentimientos, etc., tal como ahora se continúa haciendo. (Perilla A., 2002).

A pesar de lo dispendioso del proceso de extracción de los colorantes y lo incierto del color esperado, porque nunca se consiguen colores idénticos, se obtenían todos los colores del círculo cromático y se aplicaron a hilos y telas de fibras naturales como colorantes y como pastas para estampación. También, se utilizaron como mordientes otras plantas, orina fermentada, cal, lejías de diversas plantas, alumbre y sales de hierro y cobre. (Perilla A., 2002).

Los materiales tintóreos más importantes fueron: Palo Campeche (*haematoxilum campechianum*), cuya madera tiene un compuesto que por oxidación y ciertas sales proporciona diversas coloraciones; la cochinilla (*coccus cacti*), insecto que vive en algunos cactus y en su cuerpo contiene ácido cárminico que es de color rojo intenso; para azules, el índigo o añil (*indigofera tinctoria*) que contiene un principio colorante llamado indigotina; la punciga (*arcodaphne laurinea*) para diversas tonalidades de morado; la rubia, planta de la familia de las rubiáceas, que en sus raíces contiene alizarina, materia colorante roja; la púrpura sustancia de este color extraída de moluscos del género *murex*, su principio colorante se debe a una bromoindigotina; el cártamo (*carthamus tinctorius*) para obtener rojo, el azafrán (*Crocus Sativa*) para el amarillo oro; el trompeto (*Beconia frutescens*) para el bermellón; el gamón (*dianella dubia*) para morados; la uvilla (*cestrura*

tinctorium) para violetas; para producir el negro revolvían el zumo del raque (*vallea stipularse*) con hierbabuena (*Menta Sativa*) y barro podrido; el palo amarillo (*chlorophora tinctoria*); el palo brasil (*haematoxilum brasiletto*); el achiote (*bixa orellana*); etc. (Perilla A., 2002).

Del Perú antiguo tenemos que mencionar los textiles de Paracas, al juzgar por sus efectos conseguidos en sus telas, cerca de 190 tonos. Así, se dice que los tonos rojos se daba con la cochinilla, y la raíz del Chapi-Chapi (*Relbunium (galium) microphyllum hert*); los azules con flores de Mullaca (*Muehlenbeckia volcanica*) y añil (*Indigofera añil*), los morados con Paguau (*Bidens humilis HBK*) y frutales de Quiscaquisca (*Berberis sp*); verdes y amarillos con ramas de Chilcas (*baccharis Prostata R.et.P*), ramas de Molle (*Schinas molle L*) y palo de Tiri (*Solanum pseudolyciodes Rusb*); también fueron utilizadas otras plantas como la Tara (*caesalpinia tinctoria HBK Domb*), Jagua (*Genipa oblungifolia R.et.P*), palo de Brazil (*Caesalpinia echinata*) entre otras. (Lock O., 1997).

En la época del Incanato la textilería era una técnica convertida en arte, que hizo que los “tanticamayoc” o tintoreros del antiguo Perú conjuntamente con los “cumbicamayoc” o tejedores, lograran plasmar con gran maestría en sus textiles, su entorno ecológico y su vida cotidiana. (Silva F. 1964).

Durante la Edad Media, alrededor de 1250 d.c., los procedimientos de tintura fueron registrados por los monjes medievales. En aquellos tiempos las mismas plantas eran usadas para teñir y para fines medicinales. Sin embargo, la importancia de los colorantes naturales disminuyó cuando en 1856, en Inglaterra, William Henry Perkin, en su intento de sintetizar quinina, oxidó sulfato de anilina con dicromato potásico y produjo el primer colorante sintético, la mauveína, de color púrpura. (Cano T. 2007).

En los últimos 130 años, se han sintetizado una infinidad de compuestos químicos coloridos, de los cuales alrededor de 10,000 son o han sido producidos a escala industrial, para su comercialización. De particular interés fue el hecho que las sustancias conocidas de ser venenosas fueron, a menudo, incorporadas en alimentos. (Cano T. 2007)

En 1900, se investigó por parte del gobierno de EEUU la relación entre materias primas como los colorantes y la salud, con el fin de establecer un principio para controlar su uso y de esta manera controlar las prácticas de manufactura. Como resultado de estos esfuerzos, se culminó con la publicación en 1940 de la declaración de servicios y regulaciones en Alimentos, Drogas y Cosméticos, la cual listaba colorantes específicos. (Cano T. 2007).

Debido a los serios problemas generados por el efecto de los colorantes sintéticos en el medio ambiente y la salud humana, se ha renovado el interés en los colorantes naturales. El aumento de la demanda del tinte natural en la industria de tintorería, así como en la de alimentos, cosméticos y medicinas entre otras ha motivado el incremento del número de países en que se está dando el renacimiento del cultivo y producción del mismo.

2.2.2.3.3. Características de colorantes naturales utilizados en el teñido de fibras.

Los colorantes se pueden agrupar en diferentes formas: por tipo de teñido, composición química, características físicas.

Tienen un poder de tinción menor que los colorantes sintéticos, esto hace que se necesita más dosis de aplicación y por tanto aumente el costo.

- ✓ Son más inestables a las diferencias y condiciones; pH, temperatura y humedad.
- ✓ No ofrecen una uniformidad de color tan clara como los sintéticos.
- ✓ Algunos además de influir en el color del alimento, también modifican su aroma y sabor.
- ✓ Se degradan más fácilmente en el producto y en el medio ambiente.

- ✓ Ofrecen una imagen de producto “natural”, allí donde se aplican

Clasificación según su afinidad por la fibra.

Codifica a los colorantes según tinten directamente a la fibra porque tienen afinidad con ella o necesitan de productos auxiliares para conseguir la fijación.

Colorantes sustantivos o directos: son aquellos que tintan directamente la fibra sin necesidad de ningún aditivo. Son más escasos en la naturaleza.

Colorantes adjetivos o con mordiente: son aquellos en los que el colorante no tiene afinidad por la fibra por lo que necesita la aditivación de una sustancia llamada mordiente para conseguirlo. Se subdividen en dos categorías:

- Monogénicos: El color del colorante se mantiene independiente del mordiente empleado.
- Poligénicos: El color final varía dependiendo del mordiente empleado. (Moldovan, 2016)

2.2.2.3.4. Clasificación de los colorantes naturales.

Los colorantes naturales se clasifican en:

Carotenoides

Flavonoides

Antocianinas

Betalainas

Quinonas

Misceláneos

Tabla 3. Clasificación de los colorantes naturales

Naturaleza Química	Algunos ejemplos	Color Predominante	Longitud de Onda λ_{\max} (nm)
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas	Azul-verde	610- 650(ficocianinas)
	Clorofila	Verde	540- 570(ficoeritrinas)
Caratenides (tetraterpenoides)	Carotenoides	Amarillo-anarando	640-660 400-500
Flavonoides	Flavonas	Blanco-crema	310-350
	Flavonoles	Amarillo-blanco	330-360
	Chalconas	Amarillo	340-390
	Auronas	Amarillo	380-430
	Antocianinas	Rojo-azul	480-550
Xantonas	Xantonas	Amarillo	340-400
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde	420-460
	Antraquinonas	Rojo-puerpura	
Derivados indigoides e indoles	Indigo	Azul-rosado	470-485
	Betalainas	Amarillo-rojo	(betaxantinas) 530-554 (betacianinas)
Pirimidinas sustituidas	Pterinas	Blanco-amarillo	
	Flavinas	Amarillo	
	Feoxazinas	Amarillo-rojo	
	Fenazinas	Amarillo-purpura	

FUENTE: Olga Lock Sing de Ugaz, Colorantes Naturales, Perú 1997.

2.1.2.4.6. *Colorantes vegetales.*

Actualmente se están utilizando distintas plantas para realizar el teñido de fibras de alpaca. Las partes de la planta que se utilizan en el proceso de teñido, son generalmente

hojas, corteza, flores, frutos, cáscaras del fruto, semillas y raíces. El hecho que se utilicen plantas, no significa que se afecte el equilibrio ecológico, la mayor parte de materia prima para tinción son desechos de las plantas, por ejemplo, del aguacate se utiliza la pepa, del coco la cáscara. (Cano T. 2008).

Tabla 4. Especies vegetales utilizadas en el teñido de Fibras

Especie/Familia	Nombre común	Parte utilizada	Color obtenido
Acacia macrocantha Humb & Bonpl./Mimosaceae	huarango	Hojas y ramas tiernas	Amarillo
Acalipha macrostachya Jacq./Euphorbiaceae	yana-vara pispita	tallo	Negro
Acca Ianuginosa R.et.P./Rosaceae	pacra, manzanita silvestre	Frutos maduros	Rojo y naranja
Allium cepa L./ Liliaceae	cebolla	Cascaras externas coloreadas	Amarillo Aceituna oscuro
Alnus jorullensis H.B.K./Betuiaceae	aliso de los andes	Hojas y ramas tiernas	Amarillo verde
Amaranthus caudatus L./Amaranthaceae	kihuicha	Partes aéreas	Carmín
Amaranthus hybridus L./Amaranthaceae	ataqu, atakco	Hojas y ramas tiernas	Amarillo
Baccharis genistelloides Pers./Asteraceae	kimsa kucho	hojas	Verde
Baccharis lanceolata Kunth/ Asteraceae sin.B.salicifolia R.et.P.	chilca	Hojas y ramas tiernas	Amarillo verde
Baccharis spp.(varias especies)/Asteraceae	taya blanca	Hojas y ramas tiernas	verde
Bactris gasipaes H.B.K./Palmacea	pijuayo	hojas	
Berberis boliviana Lechi./Berberidaceae	checche	Fruto raíz y tallo	Plomo amarillo
Berberis fiexuosa R.et.P./Berberidaceae	ayrampito, chiqchi	Corteza de tallos y raíces frutos morados	Amarillo Violeta-morado
Berberis lutea R.et.P./Berberidaceae	espino-amarillo, checche	Ramas hojas	Amarillo verde
Berberis vulgaris L./Berberidaceae	agracejo	Raices o corteza	Amarillo
Bidens andicola H.B.K./Asteraceae	amor seco, sillawdepuna	Toda la planta	Amarillo
Bidens pilosa L./Asteraceae	amor seco, sillaw	Toda la planta	Amarillo

Bixaorellana L./Bixaceae	achiote	semilla	anaranjado
Bocconia integrifolia H. & B./Papaveraceae	pinculio	corteza	Amarillo a anaranjado
Bougainvillea pachyphylla Heimerl /Nyctaginaceae	papelillo	Ramas y hojas	Marrón
Buddleia longifolia H.B.K./Buddlejaceae	quishuar	inflorescencia	amarillo
Caesalpinia coriaria Wuldenow/ Leguminosae	divi divi	frutos	
Caesalpinia paipai R.et.P./Leguminosae	charan, paipai	frutos	Negro
Caesalpinia spinosa (Mol)Kuntze/ Leguminosae	tara	Frutos, hojas Ramas tiernas	Azul grisáceo Gris a negro
Calceolaria deflexa R. & P./ Schrophularaceae	ayac-zapatito	flores	amarillo
Calceolaria lineris R.et.P./ Schrophularaceae	wawillay, romero silvestre	Hojas, ramas tiernas y flores	Amarillo
Calceolaria speciosa Penneil / Schrophularaceae	zapatito de muerto	Hojas, ramas tiernas y flores	Amarillo
Calendula officinalis L./ Asteraceae	caléndula, chunchita	flores	Amarillo
Canna edulis Ker./ Cannaceae	achira	Semillas secas	Rojo y naranja
Cassia hoockeriana Gilb./ Leguminosae	mutuy, muchas cassia	Hojas y ramas tiernas	verde
Cassia lateopetiolataa Dombey/ Leguminosae	mutuy	Flores, hojas corteza	Amarillo beige
Cedrella fissilis Veli / Meliaceae	cedro	corteza	beige
Cestrum hedioidinum Dun./ Solanaceae	hierba santa	Frutos baya	azul
Clorophora tinctoria L.Gaud /Moraceae	insira, insira caspi	Madera, látex	Amarillo, verde oliva
Colietia spinosa Gmelin /Ramnaceae	roque, puyukasha	corteza	amarillo
Coreopsis senaria Blake & Sherff / Asteraceae	puli	flores	amaarillo
Coreopsis sp. / Asteraceae	pahuau, panau	Flor y hojas	naranja
Coriaria ruscifolia L./Coriariaceae	mio-mio	frutos	Color casi negro
Curcuma longa L./Zmgiberaceae	palio, curcuma	Raíz	Marrón dorado
Cybistax antisiphilitica/ Bignoniaceae	achinhua, llangua	hojas	azul
Cybistaxquinquefoiia (Veil.) Macbr./ Bignoniaceae	achihua-achihua llangua	hojas	Azul negro

<i>Cynara scolymus</i> L/ Asteraceae	alcachofa	hojas	verde
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L/ Chenopodiaceae	paico	hojas	amarillo
<i>Chenopodium murale</i> L/ Chenopodiaceae	hierba del gallinazo	Hojas y tallos	verde
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd/ Chenopodiaceae	quinua	panoja	Amarillo- anaranjado
<i>Dactilopius coccus</i> costa	cochinilla	Cuerpo del insecto hembra	Marrón oscuro diversos tonos de rojo
<i>Daphnopsis weberbaueri</i> Domke / Timelaceae	cholito	Hojas y corteza de tallo	Amarillo y marrón claro
<i>Daucus carota</i> L./Apiaceae	zanahoria	Tallos y hojas verdes	amarillo
<i>Datura stramonium</i> L./Solanaceae	chamico	Hojas y ramas tiernas	verde
<i>Ephedra americana</i> H. &B./Ephedraceae	pinco-pinco	Raiz	Champaña
<i>Ephedra torreyana</i> / Ephedraceae	pinco-pinco	Tallos tiernos	amarillo
<i>Erythna cristagalli</i> L/ Fabaceae	pisonay	corteza	beige
<i>Erythryna edulis</i> Triana / Fabaceae	basul	corteza	beige
<i>Erythroxyllum paraense</i> Peyr 7 Eritroxilaceae	puca llaja	hojas	verde
<i>Escallonia resinosa</i> R.et P.Pers./ Saxifragaceae	chachacuma	hojas	Encarnado y morado
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill / Myrtaceae	eucalipto	Hojas y ramas tiernas	verde
<i>Eugenia riparis</i> D.C. / Myrtaceae	carapacho, raupiña	frutos	
<i>Ficus carica</i> L./ Moraceae	higuera común, higo	Hojas y ramas tiernas	amarillo
<i>Faveria bidentis</i> 7 Asteraceae		hojas	amarillo
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill / Umbelliferae	hinojo	Hojas y tallos	verde
<i>Fourcroya andina</i> Trel./ Agavaceae	pajpa, cabuya	hojas	marrón
<i>Fuchsia maacrostema</i> R.etP./Onagraceae		todo	Negro,gris
<i>Galium aparine</i> L./ Rubiaceae	chapi	fruto	rojo
<i>Genipa americana</i> L/ Rubiaceae	acuisho- ana,huitoc	frutos	Azul negro

Genipa oblongifolia R. &P./Rubiaceae	huitoc	Fruto y corteza	negro
Genista tinctoria L. / Fabaceae	retama	flores	Amarillo vino verde
Guarea purpurea C.D.C./Meliaceae	yecheñor		marrón
Hedera hélix L./ Araliaceae	hiedra	Hojas y bayas	Verde gris
Hypericum laricifolius Juss/ Clusiaceae	chinchango	Hojas y flores	Amarillo a anaranjado
Ingafeuillei D.C./ Mimosaceae	pacae	Hojas y ramas tiernas	verde
Indigofera añil L./Fabaceae	añil o indigo	Hojas frescas	azul
Indigofera suffruticosa Mill./ Fabaceae	indigo mutui	hojas	azul
Indigofera tinctoria L./ Fabaceae	añil	hojas	azul
Indigofera truxillensis H.B.K./Fabaceae	añil-añil	hojas	Azul
Iris germanca L./ Iridaceae	lirio	hojas	Amarillo
Juglans neotropica Diels./ Juglandaceae	nogal peruano	Hojas, ramas, frutos inmaduros y corteza de tallo	Marrón - caoba
Kageneckia lanceolata R etP. / Rosaceae	lloqi	Hojas y ramas tiernas	Azul grisáceo Gris a negro
Krameria triandra R. &P./Krameriaceae	pachalloqe	Raíz ramas	Pardo anaranjado
Lawsonia inermis L./Litraceae	hedra	hojas	Marrón dorado
Lepechinia meyenii (Walp) Epl./Lamiaceae	puna salvia pasa salvia (cerr.)	todo	amarillo
Lepidium chichicara Desv. / Brassicaceae	chichicara	Toda la planta	verde
Lepidophyllum quadrangulare (Meyen) Benth &Hook / Asteraceae	tola	Todo	Amarillo, kaki, verde
Lepidophyllum tola /Asteraceae	tola	todo	amarillo
Lupinus aridulus C.P./Fabaceae	q'era	flor	amarillo
Lupinus paniculatus Desr./ Fabaceae	q'era	todo	amarillo
Malpighia glabra L./Malpighiaceae	cerezo, barbados cherry	madera	encamado
Marrubium vulgare L./ Labiatae o Lamiaceae	uqi-qura, hierba gris	Hojas y tallos tiernos	amarillo

Miconiachrysophyllia (LC.Rich.) Urb./Melastomataceae	pucamullaca		pardusco
Minthostachys mollis (Kunth) Griseb/ Lamiaceae (labiatae)	muña	Hojas y ramas tiernas	amarillo
Mirabidis jalapa L./ Nyctaginaceae	buenas tardes, don don diego de noche	Hojas, ramas y flores amarillas Flores azules	Amarillo azul
Morus nigra L./Moraceae	mora	hojas	Amarillo verdoso
Monnina salicifolia R.etP./ Popygalaceae	tutawiña, pichucha	Flores y frutas	azul
Muehlenbeckia hastulata (Smith) Standl./Polygonaceae	mullaca, huano negro	Raíz y tallo	azul
Muehlenbeckia volcánica (Benth) Endl./Polygonaceae	mullaca, bejuquillo	frutos	azul
Murraya paniculata (L.)Jack/ Rutaceae	naranjillo	flores	Negro
Mustisia viviaefolius Cav./Asteraceae	chinchilcoma, mankapaki	Hojas, ramas tiernas o inflorescencias	Amarillo
Myrcia splendens (Sw.)D.C./Myrtaceae	arrayan, pampa orégano	Hojas y ramas tiernas	amarillo
Myrica pubescens H. &B./Myricaceae	huacan- timbu, laurel	Toda la planta	negro
Ocimum basilium L./Lamiaceae	ajbahaca	hojas	verde
Olea europea L/Oleaceae	olivo, aceituna	Hojas y ramas tiernas	amarillo
Opuntia soehrensii Britt & Rose / Cactaceae	ayrampu	Frutos y semillas	Rojo y naranja
Papaver rhoeas / Papaceraceae	amapola	flores	rojo
Persea americana Mill /Lauraceae	palta	fruto	rojo
Petroselinum sativum Hoffm / Umbelliferae	perejil	Hojas y tallos	Amarillo verde
Phytolacca spp. /Phytolaccaceae	achiote silvestre	frutos	Rojo oscuro
Picramnia spp./ Simaroubaceae	simatuba	Ramas y hojas	negro
Poecilochroma punctata (R. &P.) Miers./ Solanaceae	campanilla	Frutos baya	azul

Polylepsis incana H.B.K./Rosaceae	quiñual, quinoa	Hojas y tallos	beige
Prosopis chilensis (Molina) Stuntz/ Leguminosae	algarrobo	Resina Aserrín del tallo	Pardo oscuro mostaza
Prosopis juliflora (SW)D.C./Leguminosae	algarrobo, huarango	frutos	Azul grisáceo Gris a negro
Psolarea pubescens Pers./Fabaceae	culén, wallwa	Hojas y tallos tiernos	amarillo
Pteridium aquilinum L./Denstedtiaceae	helecho, águila	Brotes y ramas jóvenes hojas	Dorado Amarillo verdoso amarillo
Punica granatum L./Punicaceae	granado	Corteza de fruto	amarillo
Ranunculus spp./Ranunculaceae	botón de oro	Hojas y tallos	amarillo
Relbunium hypocarpium (L) Hemsl./ Rubiaceae	antanco, chapi- chapi	raíces	Marrón-rojizo rojo
Relbunium microphyllum (A.Gray)Hemsl./Rubiaceae	chapi-chapi	Raíces	rojo
Renealmia macrantha Poepp. &Endl./Zingiberaceae	mishqui-panga	frutos	negro
Ricinus communis L./Euphorbiaceae	higuerilla,ricino	Frutos secos	Marron-caoba
Ririppa nasturtium- aquatium (L.) Hayek/Brassicaceae	berro	Hojas y tallos	verde
Rosmarinus officinalis L./Labiatae	romero	Hojas y ramas secas	amarillo
Rumex acetocella /Polygonaceae	pucalojo	ramas	verde
Rumex crispus L./Polygonaceae	lengua de vaca, acetosa	Hojas y raíces	amarillo
Rumex cuneifolius Campd./ Polygonaceae	romaza ollaque	raices	Anaranjado,gris
Rumex sp./Polygonaceae	lengua de vaca, romaza	ramas	verde
Salix chiiensis Mol./ Salicaceae	sauce común	Hojas y ramas tiernas	amarillo
Salix humboldtiana Willd / Salicaceae		crteza	bayo
Salvia sagittata R.et.P./ Labiatae o Lamiaceae	salvia	Hojas y tallos	amarillo
Sambucus peruvianus H.B.K./Caprifoliaceae	sauco	Corteza Hojas fruto	Amarillo verde, Marrón morado, azul

Satureja pavoniana Briq./ Labiatar o Lamiaceae	wayra sacha	Hojas y ramas tiernas	amarillo
Schinus molle L./Anacardiaceae	molle,mulli, falso pimienta	Hojas y ramas tiernas	Amarillo verde
Senecio roudbeckiaefolius (Meyen &Walp)/ Asteraceae	maiccha	Flores y ramas	amarillo
Solanum lycioides L / Solanaceae	upatankar	Tallo y hojas	amarillo
Solanum Nitidum R.et.P./ Solanaceae	ñuñunga	Frutos (tipo baya)	Rojo y naranja
Solanum tuberosum L./ Solanaceae	papa	Cascara (T)	Violeta, azul
Spartium junceum L./ Leguminosae	retama	Flores y tallos tiernos fotosintéticos	amarillo
Swietenia macrophylla G.King / Meliaceae	caoba	corteza	rojo
Swietenia sp./Meliaceae	pitotsi	liber	Pardo
Tagetes minuta L./Asteraceae	wakatay	Hojas y tallos	Marrón – caoba
Tagetes spp./ Asteraceae	wakatay, chikchimpay	Hojas, tallos y flores	amarillo
Tecoma stans (L) Juss/ Bignoniaceae	huarango, huanhua	Tallos y hojas	Amarillo, beige
Teloschistes f lavicans / Teloschistaceae		todo	Rojo-ladrillo
Thamnia vermicularis L. Ach./ Usneaceae	ayapatutum, ujutillo	Todo	amarillo
Tallandsia capillaris R. &P./Bromeliaceae	clavel del aire	todo	Ámbar anaranjado

FUENTE: Olga Lock Sing de Ugaz, Colorantes Naturales, Perú 1997. Dimas Melgar Oncebay, Teñido de Lana de Oveja y fibra de alpaca con colorantes naturales, MINCETUR, Perú 2004. Tintes Naturales – Guía de Proyectos, Proyecto FIT – PERU, (MINCETUR – AECI), Perú. 2006.

2.1.2.4.7. Colorantes sintéticos.

Son obtenidos por síntesis química, pueden ser dos clases: síntesis de moléculas nuevas o síntesis de moléculas iguales a las que se encuentran en el medio natural. También se les conoce con el nombre de colorantes certificados, debido a que han sido estudiadas exhaustivamente sus propiedades físicas y químicas. La mayor parte de estos colores se usan como pigmentos en pinturas, y en revestimientos protectores y aplicación

en cosméticos y medicamentos. Debido a su carácter “artificial” han sido más estudiadas sus interacciones con el hombre (Cubero & Monferrer, 2002).

La mayoría son utilizados desde hace mucho tiempo, pertenecen a series químicas variadas:

- ✓ Colorantes azoicos: tartrazina, amarillo anaranjado, azorrubina, amaranto, rojo cochinita A, rojo allura AC, negro brillante BN, pardo FK;
- ✓ Derivados quinoles: amarillo de quinoleína;
- ✓ Derivados del trifenilmetano: azul pentano V;
- ✓ Diversos: eritrosina, indigotina, verde ácido brillante.

La estructura y la pureza de estos compuestos, lo mismo que su modo de obtención, están perfectamente definidos (Multon, 2000).

Los nuevos colorantes químicamente sintetizados tenían numerosas ventajas sobre los pigmentos “naturales”. Eran más brillantes, más estables, más baratos y ofrecían mayor diversidad de tonalidades. Pronto fueron, sin embargo, diferentes las propiedades tóxicas de algunos de estos colorantes, aunque la mayor parte de sus efectos no se manifestaron en los consumidores, sino en los trabajadores de las fábricas en que se elaboraban. El número de colorantes ha ido incrementando de una manera progresiva desde entonces, pero también ha ido creciendo la conciencia de su toxicidad (Coultate, 1998).

2.1.2.4.8. Características de los colorantes sintéticos.

Cubre toda la gama de colores.

- ✓ Son de más alta pureza que los naturales, por los que tienen más rendimiento con menos cantidad, lo que hace que sean más baratos.
- ✓ Son más estables a los cambios en condiciones de medio ambiente.
- ✓ Ofrecen un color más homogéneo al producto.

- ✓ Tiene una inocuidad más cuestionada y estudiada.
- ✓ Poseen un mercado más limitado a consecuencia de las diferencias de la legislación de cada país (Coultrate, 1998).

2.2.3. Teoría de extracción de los colorantes.

Muchos productos orgánicos naturales se separan de su estructura original por medio de la extracción, lavado, lixiviación, etc. El método a emplearse en la extracción está determinado por tres factores:

- ✓ La cantidad de constituyentes solubles en el material.
- ✓ Naturaleza del sólido que depende del tamaño de partículas.
- ✓ Distribución de sólidos que depende en el material, debido a que el solvente actúa primeramente en las capas exteriores y posteriormente en las capas subsiguientes. Esto da como consecuencia que la extracción se vaya haciendo más difícil y la velocidad de la extracción sea menor, cuando mayor es la cantidad de soluto constituyente (Ancco & Zamata, 2004).

2.2.3.1. Método de extracción.

La extracción se basa en la separación de porciones biológicamente activas, utilizando un solvente y un proceso de extracción adecuado. Los principios a extraer se encuentran disueltos en el citoplasma de la célula vegetal o formando sales que se encuentran “incrustadas” en la célula, para facilitar la extracción de los mismos, la remolacha es sometida a un proceso de molturación o troceado que destruye las estructuras que los contienen, mejorando así el rendimiento de la extracción.

Al ser una primera operación de separación de un amplio abanico de industrias de transformación (azúcar, zumo de frutas, bebidas alcohólicas, etc.), la extracción

constituye el punto de la cadena agroalimentaria en que las industrias de alimentos toman el relevo al ámbito meramente agrícola (Marfart & Béliard, 1994).

Deriva del vocablo latino *extrahire* (sacar fuera de), el verbo *extraer* evoca una separación selectiva en la que se retiene una de las fases (el extracto) y se rechaza la otra (el residuo). Sin embargo, ya que a menudo se prefiere hablar de “coproducto” más que subproducto, el residuo primario se somete también a una extracción que permite su aprovechamiento y aumento de valor (Marfart & Béliard, 1994).

Para la extracción de la materia colorante, se plantean diversas metodologías de extracción en las cuales se buscan por esto cierto equilibrio entre los rendimientos, mínima cantidad de compuestos contaminantes y el evitar los costos muy altos (Hatta & Ramos, 2000).



Figura 2. Aparato de reflujo

FUENTE: McMurry, (2008)

2.2.3.2. *Técnicas de extracción.*

Extracción directa a reflujo: En esta técnica se calienta el sólido junto con el disolvente en un matraz y colocando un refrigerante en posición vertical para que se condense el disolvente que está hirviendo y no se pierda. Hasta que el producto deseado se encuentre disuelto en dicho disolvente. Se utiliza principalmente para producir el calentamiento de reacciones que poseen mayor temperatura que la temperatura ambiente por lo que es propicio mantener el volumen de la reacción constante. Este es usado para calentar mezclas por tiempo prolongado a cierta temperatura en la cual no se puede permitir la evaporación excesiva de los líquidos. Por lo tanto, la ventaja de esta técnica es que puede ser dejada por un período de tiempo largo sin necesidad de adicionar más solvente. Esta técnica es especialmente importante para realizar reacciones bajo condiciones controladas que requieren un tiempo sustancial para ser completadas (McMurry, 2008).

Extracción con Soxhlet: En esta técnica el disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido, además que el disolvente está caliente y eso favorece la solubilidad del analito. Esta técnica tiene el inconveniente que ocupa mucho tiempo en su realización y no se puede acelerar. La extracción Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente (etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él (Carey, 2006, p. 85). Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente exactamente es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones. Éste funciona de la siguiente forma: Cuando se evapora, el disolvente sube hasta el área donde es condensado; aquí, al caer y regresar a la cámara de disolvente, va separando los compuestos hasta que se llega a una concentración deseada.

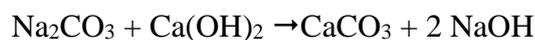
Extracción sólido-líquido a temperatura ambiente: Esta técnica se emplea cuando la sustancia que se desea extraer está contenida en un material sólido, junto con otros componentes, los cuales deberán ser prácticamente insolubles en el disolvente utilizado. Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido. El inconveniente de esta técnica es que al realizarse a temperatura ambiente no se aumentará la solubilidad del analito (Bruice, 2008)

2.2.3.3. *Hidróxido de sodio.*

El hidróxido de sodio es una sustancia incolora e higroscópica que se vende en forma de trozos, escamas, hojuelas, granos o barras. Se disuelve en agua con fuerte desprendimiento de calor y la disolución acuosa se denomina lejía de sosa. Tanto la sosa cáustica como la lejía atacan la piel.

En su mayor parte la sosa cáustica y la lejía de sosa se obtienen en la electrólisis cloro-álcali. Sin embargo, se obtiene una pequeña parte por caustificación de carbonato de sodio. Se calienta una solución de Carbonato de Sodio con la cantidad correspondiente de cal apagada (hidróxido de calcio) así precipita el carbonato de calcio insoluble y en la solución queda hidróxido de sodio.

De este método se obtiene el nombre de sosa cáustica para el hidróxido de sodio.



Es una sustancia que actúan sobre la tensión superficial del líquido (generalmente agua) en él se encuentra, acciones humectadas, dispersante, emulsionante, de formación de espuma por lo que se emplea para limpiar y pelar algunas frutas removiendo la piel a temperaturas adecuadas y concentraciones limitadas. (Badui, D. 1999)

2.2.3.4. *Factores que influyen sobre la eficacia de la extracción de colorantes.*

Los factores que influyen en la extracción de colorantes son las siguientes:

Naturaleza del solvente. Debido a numerosas razones evidentes, el solvente más adecuado y mayormente empleado en las industrias agroalimentarias es el agua. El agua es el solvente más universal y útil a la vez para la extracción de azúcares (sacarosa, dextrinas y maltosa en cervecería, lactosa en industrias lácteas, etc.), para la extracción de compuestos nitrogenados (extracción de proteínas de cualquier origen) y para sales minerales (Marfart & Béliard, 1994).

Temperatura. - Normalmente la extracción se desarrolla con buen rendimiento tanto en la calidad extraída como en la velocidad o tiempo, cuando es a la mayor temperatura permisible, el soluto que interesa extraerse sufrirá cambios químicos que no son deseables para la buena cantidad del producto. A mayores temperaturas, mayor es la solubilidad del soluto en el solvente, como se logra una mayor concentración del soluto en el extracto. Al aumentar la temperatura, aumenta la difusión y permite también aumentar la velocidad de extracción (Marfart & Béliard, 1994).

Tamaño de partícula. - Es necesario llegar al tamaño óptimo de partícula con el fin de lograr la mayor difusión del soluto al solvente.

Para el tamaño óptimo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- i. Cuantas más pequeñas sean las partículas mucho mejor es el área interfacial entre el sólido y el líquido y por lo tanto la relación y la velocidad de transferencia del material son mayores.
- ii. Cuando el material es demasiado fino, ofrece dificultades en la extracción ya que en algunos casos impide la libre circulación del líquido y del drenaje del sólido residual resulta más difícil. Cuando se hable del tamaño de partículas que permita

el tiempo necesario para la extracción con alto rendimiento de concentración y menor tiempo de extracción.

pH del medio de extracción. -El pH del medio de extracción interviene principalmente en la disolución de los compuestos solubles y en la solubilización de la fracción hidrosoluble. Las macro moléculas con cierta polaridad, principalmente las proteínas están muy afectadas por el pH sólo son solubles en la medida en que el pH está alejado de su punto isoeléctrico (a menudo situado entre 4 y 5) (Marfart & Béliard, 1994).

2.2.4. Medida de color.

La medida del color es extremadamente importante en diversos campos y, estrictamente hablando, una cuestión física más que química. Qué aspecto del color vaya a ser medido depende de las circunstancias. Frecuentemente, necesitamos expresar el tono de un producto, un ingrediente o una materia prima en términos cuantitativos. Ejemplo: Describir un tomate como “rojo” puede bastar para determinados fines, pero expresar de una manera concisa las diferencias de color entre un tomate y una fresa a alguien que nunca ha visto ninguna de estas frutas puede ser un reto imposible, incluso para el más brillante de nuestros poetas. Además, el tono, podemos precisar la especificidad de intensidad del color y su “brillo” u “opacidad”, por ejemplo, en los zumos de frutas. Los químicos, ante este tipo de problemas, suelen recurrir al espectrofotómetro (Coulate, 1998).

Como vimos anteriormente, de acuerdo con su composición química particular, cada sustancia absorbe luz de diferentes colores, es decir, absorbe determinadas longitudes de onda del espectro luminoso. Se dice, por lo tanto, que cada sustancia tiene un espectro de absorción propio.

Conocer el espectro de absorción de una sustancia nos permite medir su concentración en una solución. Y esta es una tarea habitual en el laboratorio. Porque, para realizar

cualquier experimento, el investigador necesita saber con qué cantidad de una determinada sustancia está trabajando. Pues el método científico exige reproducibilidad, es decir, que los resultados de un experimento no se hayan logrado por casualidad, sino que puedan repetirse tantas veces como se quiera, en cualquier lugar del planeta. Y esto solamente es posible si se conocen todos los detalles acerca de cómo fue efectuado el ensayo; entre ellos, la concentración de las sustancias empleadas.

En nuestro caso, para medir la eficacia del proceso de teñido, al final de los experimentos debemos determinar la concentración de colorante en el agua de desteñido. Recordemos que, a menor desteñido (por lo tanto, menor concentración de colorante en el agua de lavado), mayor será la eficiencia del proceso.

Cuanta más cantidad de colorante hay en una solución, más intenso veremos el color. Esto se debe a que, si hay más moléculas de colorante, hay más cromóforos y, por lo tanto, más color. En otras palabras, la intensidad de color que presenta una determinada sustancia en una solución es proporcional a la concentración de esa sustancia en la solución: (Dos Santos & Maier, 2008)

2.2.4.1. Espectrofotometria.

Cuando una luz o energía radiante atraviesa un medio transparente puede ser absorbida, transmitida o reflejada por parte de las moléculas allí presentes. Si esto sucede se dice que este material contiene cromóforos. Estos son aquellas estructuras capaces de absorber esa radiación electromagnética. En la práctica, lo que mide no es propiamente la intensidad de luz absorbida sino otras magnitudes relacionados con ella como son: la transmitancia y la absorbancia (Choqueza, 2001).

Luz o energía radiante que pasa a través de un medio transparente puede ser absorbida, transmitida o reflejada. En la espectrometría de absorción se considera la cantidad de absorción. La longitud de onda (λ) se expresa en una de las formas siguientes:

Nanómetro (nm) = milimicra (m μ) = 10⁻⁶ mm

Angstrom (Á) = 10⁻⁷ mm = m μ /10

2.2.4.1.1. Rangos de medida de longitud de onda.

Ultravioleta, 185-400 nm: utiliza absorciómetro UV.

Visible, 400-760 nm: utiliza absorciómetro con filtros coloreados (Tabla 5) ó espectrofotómetro.

Infrarrojo, 0.76-15 m μ : utiliza espectrofotómetro infrarrojo (Pearson, 1993).

Tabla 5. Filtros para absorciometría

longitud de onda	color del filtro	color observado
400	Violeta	Amarillo Verdoso
425	Índigo – Azul	Amarillo
450	Azul	Naranja
490	Azul – Verde	Rojo
510	Verde	Purpura
530	Amarillo – Verde	Violeta
550	Amarillo	Índigo – Azul
590	Naranja	Azul
640	Rojo	Verde Azulado
730	Rojo intenso	Verde

FUENTE: Pearson, (1993)

2.2.4.1.2. Análisis de imágenes.

El análisis de imágenes combina técnicas que calculan estadísticas y mediciones basándose en la intensidad de escala de grises de los píxeles de la imagen. Se puede usar las funciones de análisis de imagen para determinar si la calidad de imagen es suficiente buena para la tarea de inspección. También se puede analizar una imagen para comprender su contenido y para decidir qué tipo de herramientas de inspección utilizar para manejar la aplicación. Las funciones de análisis de imágenes también proveen

mediciones que pueden usarse para realizar tareas de inspección básicas, tales como presencia o ausencia de verificación. Las herramientas normales que pueden utilizarse para el análisis de imágenes incluyen los histogramas, perfiles de línea y mediciones de intensidad (Tracnova, 2005).

2.2.4.1.3. *Etapas de procesamiento de imágenes.*

El proceso de análisis de imágenes consta de cinco etapas descrito por Du & Sun (2004), como se muestra en la Figura 3, que es (1) operaciones de adquisición de imagen para convertir imágenes en forma digital; (2) pre-procesamiento operaciones para obtener una imagen mejorada con las mismas dimensiones como la imagen original; (3) las operaciones de segmentación de imagen para dividir en partes un imagen digital en regiones disjuntas y poco imbricadas; (4) las operaciones de medida del objeto para medir las características de objetos, como el tamaño, la forma, el color y la textura; y (5) las operaciones de clasificación e interpretación de características.

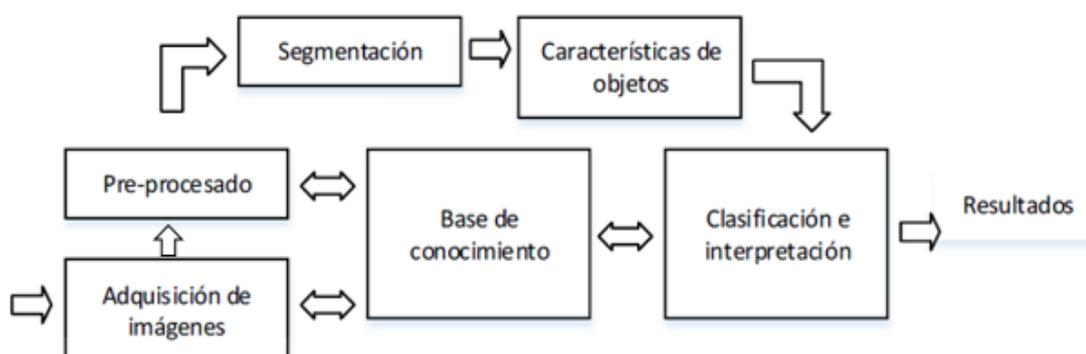


Figura 3. Diagrama del proceso de análisis de imágenes

FUENTE: Du & Sun, (2004)

2.2.4.2. *Características de color.*

El color y su uniformidad son componentes vitales de la calidad visual de los alimentos frescos y tienen un papel muy importante en la elección del consumidor. Sin embargo, pueden tener menos importancia a baja temperatura en el caso de las materias primas para

el procesado. En los tratamientos a baja temperatura tales como el enfriamiento, la congelación o la liofilización, el color cambia poco durante el procesado, y por ello el color de las materias primas representa una buena guía en cuanto a su utilidad para el procesado. En casos de procesos largos, el color cambia claramente durante la cocción. Por ejemplo, algunas frutas pierden su color durante el enlatado, mientras que las peras adquieren un tinte rosado. Por esto, algunos productos se presentan mejor a la fritura en la que el pardeamiento es deseable, que al enlatado en que el pardeamiento constituirá un gran problema (Brennan, 2008).

2.2.4.3. Métodos de identificación.

La espectrofotometría es la técnica que utiliza la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe o emite un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación con el propósito de identificarlo o cuantificarlo.

Cualquier instrumento capaz de medir la energía absorbida o emitida por una sustancia se llama espectrómetro, pero este término hace alusión a un equipo que hace la elección de la longitud de onda mediante un filtro. Si la elección de la longitud de onda se realiza por un monocromador, el equipo tiene mayor resolución y se llama espectrofotómetro. Los instrumentos actuales presentan este tipo de sistema óptico por lo que, actualmente se habla de espectrofotometría y no de espectrometría. (Osorio, 2011)

2.2.4.3.1. Espectroscopia UV-VIS.

Es una técnica analítica experimental que permite determinar la detección específica de moléculas y la concentración de un compuesto en solución. Una de sus principales características es la precisión y sensibilidad, puede aplicarse a distintos estados de la materia (sólido, líquido, gas). Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el

que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma, (Abril Díaz, y otros, 2017).

2.2.4.3.2. Cromatografía de capa fina.

Este método es empleado para la separación de mezclas de toda clase. En la actualidad este método es empleado en la separación de mezclas de toda clase de productos naturales y está reconocida como una técnica analítica importante en las farmacopeas modernas. Las principales ventajas que presentan son la versatilidad, velocidad y sensibilidad. La versatilidad se debe a la posibilidad de empleo de un variado número de adsorbentes (celulosa, óxido de aluminio, celita, hidróxido cálcico, poliamida), aunque es la sílica gel la que se emplea mayoritariamente. La mayor velocidad es debida a la naturaleza compacta del soporte cuando se embebe. La detección de los compuestos separados se realiza por métodos generales o específicos. Así, la luz UV permite detectar sustancias que absorben a la longitud de onda larga (365nm) y de onda corta (254nm). También rociando la capa con reactivos químicos, lo cual se convierte en una ventaja adicional, puesto que permite el empleo de reactivos a base de ácidos como por ejemplo el ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, agente muy útil en la detección, (Castillo & Ramírez, 2006).

Tabla 6. Familia de compuestos que tienen oxígeno en su estructura

Numero de onda (cm ⁻¹)	Asignación
3 600	Alcoholes y fenoles
3 550-3 500	Estiramiento O-H del alcohol
	Estiramiento del fenol
1 300-1 000	Estiramiento C-O
	Éteres
1 100	Estiramiento C-O-C
	Aldehídos y cetonas
2 900-2 700	Estiramiento C-H del aldehído
1 740-1 720	Estiramiento C=O del aldehído alifático
1 730-1 700	Estiramiento C=O de la cetona alifática
1 720-1 680	Estiramiento del aldehído aromático
1 700-1 680	Estiramiento C=O de la cetona aromática
	Éteres
1 750-1 730	Estiramiento C=O alifático
1 730-1 705	Estiramiento C=O aromático
1 310-1 250	Estiramiento C-O aromático
1 300-1 100	Estiramiento C-O alifático
	Ácidos carboxílicos
3 300-2 500	Estiramiento O-H
1 700	Estiramiento C=O
1 430	Flexión C-O-H en el plano
1 240	Estiramiento C-O
930	Flexión C-O-H fuera del plano
	Anhídridos
1 840-1 800	Estiramientos C=O
1 780-1 740	Estiramientos C=O
1 300-1 100	Estiramientos C-O

FUENTE: Castillo & Ramírez, (2006)

2.2.4.3.3. Espectroscopia infrarroja.

Cuando la radiación infrarroja incide sobre una muestra, es capaz de provocar cambios en los estados vibracionales de las moléculas constituyentes de la misma. La absorción de radiación por parte de una muestra es indicativa del tipo de enlaces y grupos funcionales presentes en la misma.

Tanto desde el punto de vista instrumental como de sus aplicaciones es conveniente dividir la región infrarroja en tres regiones denominadas infrarrojo cercano (IRC), infrarrojo medio (IRM) e infrarrojo lejano (IRL). La gran mayoría de las aplicaciones analíticas clásicas de la espectroscopia infrarroja se basan en el empleo del infrarrojo

medio ($4\ 000\text{-}600\ \text{cm}^{-1}$) y el infrarrojo cercano, que proporciona la posibilidad de convertir esta técnica en una técnica cuantitativa.

En espectrometría infrarroja existe una región llamada “Región de la huella digital” que va desde $6,5$ a $14\ \mu\text{m}$, en esta región es donde los compuestos orgánicos presentan sus picos característicos.

Aplicaciones: la espectroscopia infrarroja es una de las técnicas espectroscópicas más versátiles y de mayor aplicación. Las posibles aplicaciones de esta técnica son por tanto innumerables. Sin embargo, a continuación, se citan algunas de las aplicaciones más importantes:

Caracterización e identificación de materiales: polímeros y plásticos, sólidos inorgánicos (minerales, catalizadores, materiales compuestos), análisis de productos farmacéuticos y de síntesis, análisis de contaminantes, ciencia forense (identificación), biomedicina (análisis de tejidos), conservación artística (análisis de pigmentos, materiales utilizados), industria del reciclaje (identificación de materiales poliméricos), agricultura y alimentación (IRC). Seguimiento de procesos químicos, polimerizaciones, curado, reticulaciones, reacciones catalíticas. (Osorio, 2011)

Esta se puede dividir según el tipo de la radiación que se analiza, en:

- Espectroscopia del infrarrojo cercano
- Espectroscopia del infrarrojo medio
- Espectroscopia del infrarrojo lejano

Usos y aplicaciones.

La espectroscopia infrarroja es ampliamente usada en investigación y en la industria como una simple y confiable para realizar mediciones, control de calidad y mediciones dinámicas. Los instrumentos son en la actualidad pequeños y pueden transportarse fácilmente, incluso en su uso para ensayos en terreno. Con una tecnología de filtración y

manipulación de resultados en auge, las muestras en solución pueden ser medidas con precisión (el agua produce una absorbancia amplia a lo largo del rango de interés, volviendo al espectro ilegible sin este tratamiento computacional).

Algunas máquinas indican automáticamente cuál es la sustancia que está siendo medida a partir de miles de espectros de referencia almacenados.

Al medir a una frecuencia específica a lo largo del tiempo, se pueden medir cambios en el carácter o la cantidad de un enlace particular. Esto es especialmente útil para medir el grado de polimerización en la manufactura de polímeros. Las máquinas modernas de investigación pueden tomar mediciones infrarrojas a lo largo de todo el rango de interés con una frecuencia de hasta 32 veces por segundo. Esto puede realizarse mientras se realizan mediciones simultáneas usando otras técnicas. Esto hace que la observación de reacciones químicas y procesos sea más rápida y precisa.

Longitudes de onda menores a 400 nm pertenecen a la región espectral del ultravioleta, mientras que superiores a 750 nm a la región infrarroja.

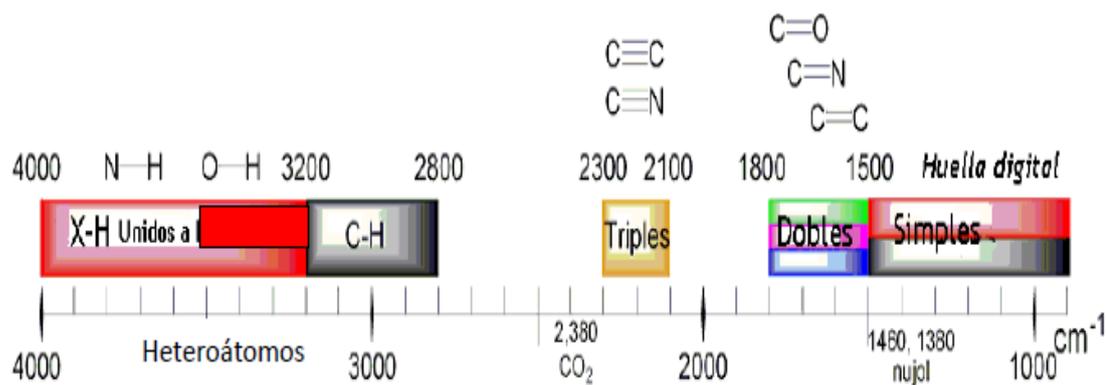


Figura 4. Correlaciones en espectroscopia infrarroja

FUENTE: Osorio, (2011)

Análisis Espectrofotométrico de Flavonoides.

La espectrofotometría es útil para identificar y analizar la concentración de flavonoides en las sustancias. Todos los flavonoides poseen las características de ser polifenólicos y solubles en agua.

Tabla 7. Máximos característicos de los distintos grupos de flavonoides

Banda II(nm)	Banda I(nm)	Tipo de flavonoides
250-280	310-350	flavonas
250-280	330-360	flavonoles (3-OH sustituido)
250-280	350-385	flavonoles (3-OH libre)
245-275	310-330 H	isoflavonas (5-deoxi-6,7-dioxi)
275-295	300-330H	isoflavonas dihidroflavonoles
230-270 (baja intensidad)	340-390	chalconas
230-270 (baja intensidad)	380-430	auronas
270-280	465-560	antocianidinas, antocianinas

FUENTE: Osorio, (2011)

2.2.4.3.4. Comercialización.

Los colorantes pueden ser suministrados en forma de soluciones, aunque por lo general se comercializan como polvos, que contiene una o varias sustancias colorantes. Cuando el suministro de los colorantes es en seco, se economizan costos de transporte y garantizan una mejor conservación de productos. Dentro de los métodos para obtener los colorantes en polvo tenemos la liofilización, aunque también pueden utilizarse otros métodos alternativos.

2.2.4.3.5. Liofilización.

La liofilización consiste en evaporar el agua a una sustancia congelada sin pasar por el estado líquido, se congela la solución acuosa de la sustancia química que deseamos liofilizar y a esa baja temperatura que impide cambios químicos de deterioro, se le somete a un alto vacío que hace pasar el solvente del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido; es una forma de secar un producto químico a temperaturas bajas,

sin el deterioro que produciría el recalentamiento. Se obtiene una masa seca, esponjosa de más o menos el mismo tamaño que la masa congelada original, mejorando su estabilidad y siendo fácilmente re disuelta en el solvente adecuado (Martinez et al., 2002).

2.2.5. Flavonoides.

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales, fueron descubiertos por el Nobel en Fisiología y Medicina Dr. Albert Szent-Gyorgi natural de Budapest- Hungría, quien los denominó como “vitamina P” por permeabilidad. Poco tiempo después, este nombre fue descartado debido a que no se confirmó que estos compuestos hicieran parte de las vitaminas. Gyorgi también descubrió que estas sustancias potenciaban la acción de la vitamina C, mejorando su absorción y protegiéndola del daño oxidativo. (Martinez et al., 2002)

Los flavonoides forman parte de una clase muy abundante de productos naturales presentes en las plantas superiores, así también en helechos, pero no en hongos, mohos ni bacterias. Químicamente, estas sustancias son de naturaleza fenólica y se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos bencénicos unidos por un puente de tres átomos de carbono, con la estructura general C6 - C3 - C6, los cuales pueden o no formar un tercer anillo. (Martinez et al., 2002)

En general, los flavonoides son más estables ante el calor y las reacciones de oxidación que las antocianinas y resisten la mayoría de los tratamientos térmicos que se emplean en la manufactura de los alimentos enlatados. (Badui, 2006)

2.2.5.1. Grupo flavonoides.

Los flavonoides son pigmentos vegetales que poseen un esqueleto con 15 átomos de carbonos en su núcleo básico y están arreglados bajo el sistema C6-C3-C6, es uno de los grupos más numerosos y ampliamente distribuidos de constituyentes naturales, conocidos

algunas veces como antoxantinas. En la naturaleza pueden encontrarse tanto en forma libre (geninas) como combinados con azúcares mediante uniones O- y C-heterosídicas. La mayoría de ellos están constituidos por un núcleo bencénico unido a una γ - pirona, incluyendo además en distintas posiciones, C-1, C-2 o C-3, un segundo anillo bencénico dando lugar a los neoflavonoides, flavonoide. Los flavonoides, compuestos ampliamente repartidos en la naturaleza, se originan a través de la combinación de la ruta del acetato y del sikimato. (Martínez A. 2005).

Para los vegetales, estos compuestos son importantes pues, además de ser responsables de las coloraciones de muchas flores, frutos y hojas y por ello intervenir en la polinización atrayendo a los insectos, participan en la vida del vegetal ejerciendo importantes funciones como por ejemplo protegerle de los efectos nocivos de la radiación UV y ejercer una eficaz actividad antioxidante. (Martínez A. 2005)

Estos compuestos tienen como características generales su solubilidad en agua y en etanol, su carácter fenólico y su intensa absorción en la región ultravioleta y visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados. Por regla general son insolubles en éter de petróleo, lo que permite desengrasar un material antes de extraerlos. Los flavonoides se emplearon durante mucho tiempo como colorantes de lana, y actualmente se usan en la conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidantes de algunas polihidroxi flavonas. (Lock O. 1997).

De todos ellos, los que tienen mayor interés farmacológico son dentro del grupo de los flavonoides: flavonas, flavonoles y flavanonas y sus correspondientes heterósidos y los antocianósidos. Dentro este grupo de flavonoides es necesario mencionar especialmente el grupo de los antocianósidos, pigmentos de los vegetales responsables de sus coloraciones rojas, azules y violetas. Su estructura química corresponde a compuestos heterosídicos cuya genina (antocianidol) deriva del “catión flavilio” (2-fenilbenzopirilio).

(Martínez A. 2005). Hasta 1990 se conocían alrededor de 3000 flavonoides, entre ellos 450 flavonoles, 300 flavonas, 150 isoflavonas, 60 chalconas, 20 auronas, etc., los que se encuentran extensamente distribuidos entre las plantas, tanto libres o como glicósidos; estos últimos contribuyen a darle color a las flores, frutos y hojas. (Martínez A. 2005).

2.2.5.2. Estructura básica de los flavonoides.

Se conoce como diez clases de flavonoides, todos contienen quince átomos de carbono en su núcleo básico y están arreglados bajo un sistema C₆-C₃-C₆, en el cual dos anillos aromáticos A y B están unidos por una unidad de tres carbonos que pueden o no forman un tercer anillo, que en caso de existir es llamado anillo C. (Lock, 1994)

Los flavonoides se encuentran generalmente en mezclas como agliconas y /o glicosidos, aun de las diferentes clases siendo esto último más común; en muchos casos, debido a la complejidad de la mezcla es más frecuente el estudio de estos compuestos en forma de agliconas en extractos de plantas previamente hidrolizados. Se hallan presentes en todas las partes de las plantas, algunas clases se encuentran más ampliamente distribuidas que otras, siendo más comunes las flavonas y flavonoles y más restringidas en su ocurrencia las isoflavonas, las chalconas y auronas. (Lock, 1994)

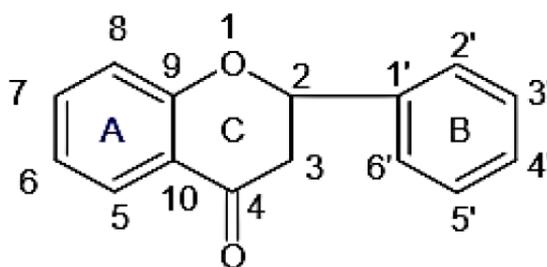


Figura 5. Estructura básica del esqueleto flavonólico

FUENTE: Lock (1994)

2.2.5.3. Características y propiedades de flavonoides.

Como características generales de estos compuestos debemos señalar su solubilidad en agua y etanol, su carácter fenólico y su intensa absorción en la región ultravioleta y visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados. Los flavonoides se emplearon durante mucho tiempo como colorantes de lana, y actualmente se usan en la conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidantes de algunas polihidroxi flavonas. (Lock, 1994)

Las propiedades físicas dependen de la clase y la forma del flavonoide (libre, glicósido o sulfatado). Las flavonas, flavonoles y auronas, debido al sistema conjugado son compuestos sólidos con colores que comprenden desde el amarillo muy tenue hasta el rojo. Las antocianidinas son de colores rojo intenso, morado, violeta y azul. Las flavanonas y flavanoles debido al carbono quiral C-2 presentan el fenómeno de la rotación óptica. Los glicósidos son en general sólidos amorfos, mientras que las agliconas y los altamente metoxilados son cristalinos. (Cartaya & Reynaldo, 2001)

La solubilidad depende de la forma en que se encuentra y el número y clase de sustituyentes presentes. Los glicósidos, las antocianidinas y los sulfatos son solubles en agua y alcohol. La agliconas flavonoides altamente hidroxiladas son solubles en etanol, metanol y n-butanol, mientras que las poco hidroxiladas lo son en solventes como éter etílico, acetato de etilo y acetona. Las agliconas altamente metoxilados son solubles en solventes menos polares como el éter de petróleo y el cloroformo. (Cartaya & Reynaldo, 2001)

2.2.5.4. Clasificación de los flavonoides.

Varios subgrupos de flavonoides son clasificados de acuerdo con la sustitución del anillo C. En esta clasificación es importante el estado de oxidación del anillo heterocíclico y la posición del anillo B.

Los tipos de flavonoides están relacionados por una ruta biosintética común, la que incorpora precursores de las rutas del shiquimato y la de acetato- malonato. Posteriores modificaciones ocurren en varios estados, lo que resulta en la extensión de la hidroxilación, metilación, isoprenilación, dimerización y glicosilación, produciendo O y C-glicósidos. La glicosilación de los flavonoides produce que sean menos reactivos y más solubles en agua. El azúcar que generalmente está presente en los flavonoides es la glucosa, aunque también se puede encontrar galactosa, ramnosa y xilosa. En el caso de los flavonoides C-glicósidos, los azúcares pueden unirse al núcleo bencénico del flavonoide por enlaces carbono-carbono, con la diferencia de que el ataque se realiza sólo a las posiciones 6 y 8 del núcleo del flavonoide. (Cartaya & Reynaldo, 2001)

Enseguida se presentan los flavonoides de mayor importancia en los alimentos:

En los flavonoles es el grupo más importante: la quercetina se encuentra en la cebolla, miel, manzanas, brócoli, cerezas, uvas, col, col de bruselas, espinacas y habas; el kampferol en fresas, puerro, brócoli, rábano y remolacha; y la miricetina en uvas. Dada su capacidad de capturar radicales libres y de crear complejos con los iones metálicos, tienen una actividad antioxidante muy alta; sin embargo, el hecho de que sean poco solubles en lípidos los hace poco adecuados para este fin; también inhiben la oxidación de la vitamina C en algunos alimentos. (Badui, 2006)

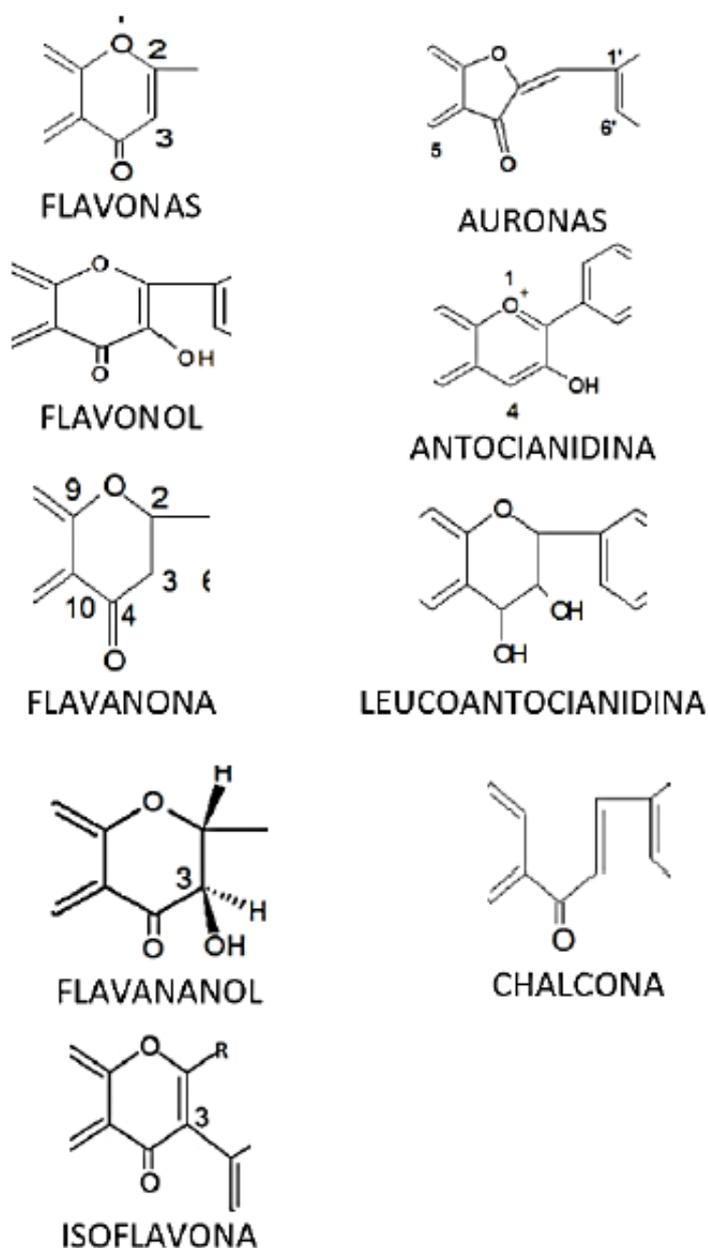


Figura 6. Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides.

FUENTE: Lock (1997)

2.2.6. Antocianinas

2.2.6.1. Antocianinas como colorante natural

Las antocianinas son los colorantes naturales más estudiados, representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables por el ojo humano (Castañeda y

Guerrero 2015) que otorgan tonos rojos, azules o violetas y pueden ser obtenidas a partir de flores, frutas, hojas, etc. (Martins et al. 2016).

La propiedad de las antocianinas de ser solubles en agua facilita su incorporación en numerosos sistemas acuosos alimenticios, cualidad que hace que las antocianinas sean colorantes naturales atractivos. Sin embargo, las antocianinas aisladas son altamente inestables y muy susceptibles a la degradación durante el almacenamiento y el procesamiento (Arrazola et al. 2014).

2.2.6.2. Estructura química de las antocianinas y color

Las antocianinas son glucósidos de antocianinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C. Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianinas conocidas.

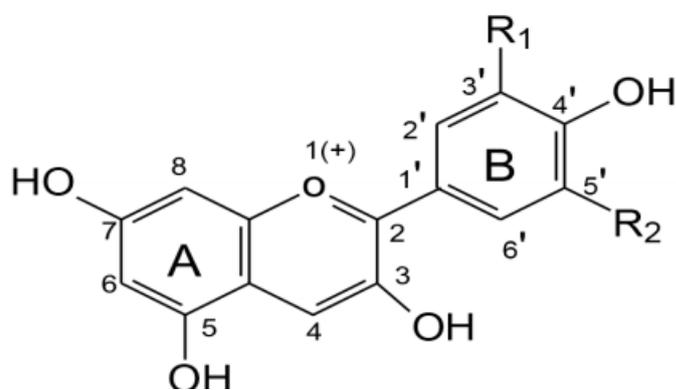


Figura 7. Estructura de la antocianina

FUENTE: Landi (2015)

Tabla 8. Sustituyentes de las antocianinas

Aglicona	Substitución		Tipo de flavonoides
	R1	R2	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (azul – rojo)

FUENTE: Durst & Wrolstad, (2001)

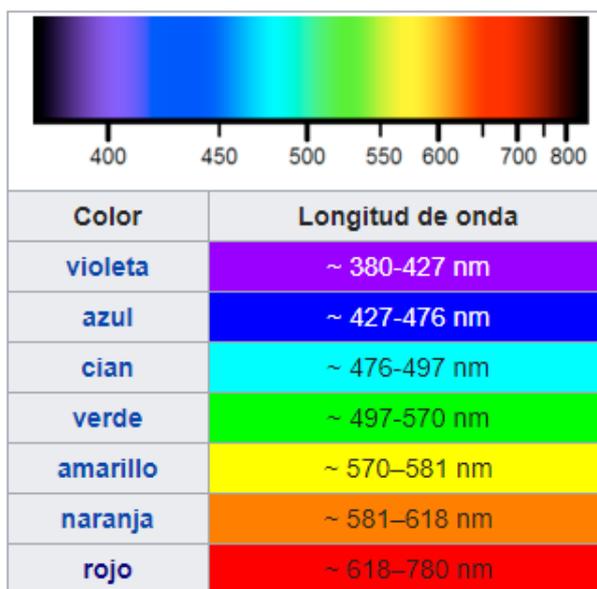


Figura 8. Longitud de onda de diferentes colores

FUENTE: Backhaus, Kliegl & Werner, (1998)

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas.

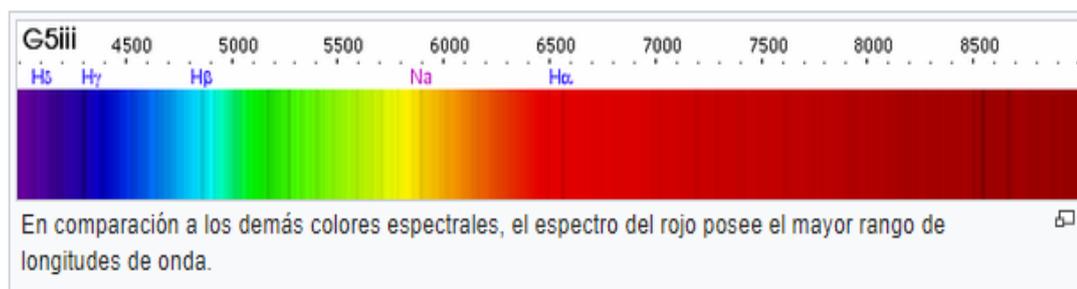


Figura 9. Rojo espectral

FUENTE: Backhaus, Kliegl & Werner, (1998)

Rojo espectral es la región de luz de color rojo del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. La longitud de onda de la luz roja es de alrededor de 645-700 nm; las frecuencias más bajas que el rojo y, por lo tanto, de longitudes de onda más

largas se denominan infrarrojas y no son visibles. Así, el color rojo corresponde a la frecuencia más baja de luz discernible por el ojo humano.

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad.

De todas las antocianidinas que actualmente se conocen, las más importantes son la pelargonidina, delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 300 antocianinas. Los carbohidratos que comúnmente se encuentran son la glucosa y la ramnosa, seguidos de la galactosa, xilosa y la arabinosa, ocasionalmente, la gentobiosa, la rutinosa y la soforosa.

2.2.6.3. Clasificación de las antocianinas

Existe una gran diversidad de antocianinas en la naturaleza, con variadas estructuras base; se han reportado alrededor de 635 antocianinas diferentes (Castañeda & Guerrero, 2015).

Las antocianinas pertenecen a la familia de los flavonoides y están formadas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar mediante de un enlace glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio, llamado también 2-fenil-benzopirilio, el cual consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico; unidos por una cadena de tres átomos de carbono (Aguilera et al.,2011).

Las variaciones estructurales del anillo B dan lugar a seis antocianinas más frecuentes, encontradas en plantas superiores:

- ✓ Pelargonidina: Posee dos sustituyentes hidrogeno y es responsable del color rojo.
- ✓ Cianidina: Posee un sustituyente hidroxilo y un hidrogeno, es la más común e imparte color magenta.

- ✓ Delfinidina: Posee dos sustituyentes hidroxilo y es responsable del color azul.
- ✓ Peonidina: Su estructura es derivada de la cianidina.
- ✓ Petunidina: Su estructura basada en la delfinidina.
- ✓ Malvinidina: Al igual que la Petunidina, está basada en la delfinidina. (Zapata,2014).

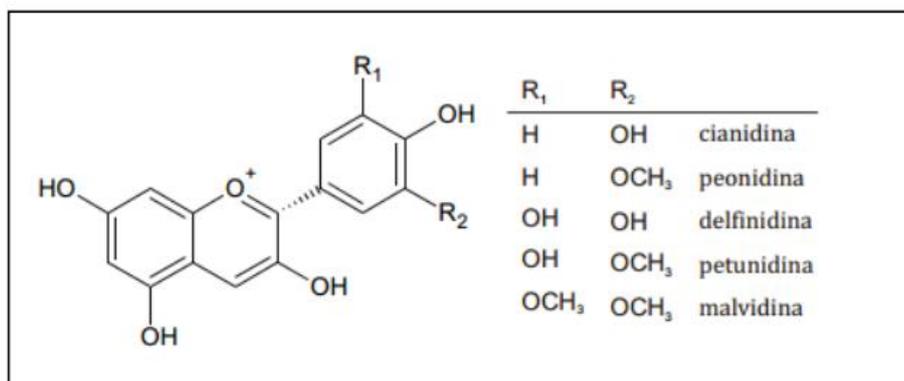


Figura 10. Estructura química de los antocianos

FUENTE: Zapata (2014)

El color y las tonalidades de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula, incrementos en la hidroxilación producen tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Zapata 2014).

2.2.6.4. Factores que afectan en la estabilidad de las antocianinas

La estructura de las antocianinas se ve afectada durante el proceso tecnológico, ya sea desde la extracción, el tratamiento térmico o durante el almacenamiento (Zapata 2014), diversos factores como pH, temperatura, luz, entre otros afectan su estabilidad

✓ **Temperatura**

La temperatura de procesamiento es un factor crítico que influye en la degradación de las antocianinas, las cuales poseen una mayor resistencia frente a procesos térmicos a altas temperaturas durante cortos tiempos que menores temperaturas por largos periodos (Zapata, 2014); a temperaturas por encima de los 60 °C, se degradan según una cinética

de primer orden. Esta degradación es mayor a pH superiores a 3, coincidiendo con la simultánea conversión del ion flavilio a otras formas más vulnerables. (Fennema, 1996)

✓ pH

El pH es un factor que influye en la estructura química de las antocianinas y por lo tanto en su estabilidad. A pH 1 predomina el catión flavilio, la forma más estable de las antocianinas y que es de color rojo, a valores de pH entre 2 y 4 ocurre la pérdida de un protón y adición de agua, encontrándose las antocianinas preferentemente bajo las formas quinodales de color azul. A pH entre 5 y 6 se encuentran las pseudobase carbinol y chalcona, que son incoloras y de color amarillo, respectivamente; ambas bastante inestables. A pH superiores a 7, las antocianinas se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Zapata 2014).

✓ LUZ

La luz es un factor que acelera la degradación de las antocianinas; se ha observado que la sustitución del hidroxilo en el C-5 hace que la antocianina sea más susceptible a la fotodegradación cuando ésta se presenta con flavonas polihidroxiladas, isoflavonas y auronas sulfonadas (Zapata 2014). Sin embargo, la copigmentación retrasa la fotodegradación, al igual que otras condiciones de tratamiento y almacenamiento, como la aplicación de tecnologías de estabilización como la encapsulación, que protegen a las antocianinas (Castañeda y Guerrero, 2015).

Las antocianinas debido a su carácter polar, permite su solubilidad en variados solventes, tales como alcoholes, acetona y agua; y que la elección del método de extracción debe maximizar la recuperación de estos pigmentos, con una mínima cantidad de adjuntos y una degradación o alteración mínima del estado natural. Dentro de los métodos más utilizados están la extracción con metanol y la extracción con acetona y cloroformo (Poo, 2005).

La extracción de antocianinas comúnmente es llevada a cabo con metanol o etanol conteniendo una pequeña cantidad de ácido (15 %, HCL 1M) con el objetivo de obtener la forma más estable, el catión. Siendo preferible el empleo de etanol debido a su baja toxicidad, particularmente en usos alimenticios y ensayos clínicos. Sin embargo, el ácido puede causar hidrólisis parcial de las fracciones acil en antocianinas aciladas, especialmente en aquellas con ácidos dicarboxílicos tales como ácido malónico, por lo que el uso de ácidos débiles es deseable (Vázquez 2014).

2.2.7. Consideración química de la fibra de ovino.

Fibras: son estructuras unidimensionales, largas y delgadas. Se doblan con facilidad y su propósito principal es la creación de tejidos. Las fibras pueden dividirse en 3 clases: fibras naturales, fibras celulósicas y fibras no celulósicas. La fibra de ovino pertenece a las fibras naturales. (Osorio, 2011)

2.2.7.1. Propiedades de la fibra de ovino.

Las propiedades más importantes se demuestran a continuación:

- a)** La fibra de ovino consiste esencialmente de proteína pura por ser natural.
- b)** Cuando las fibras naturales que no han sido tratadas y están bajo ampliación, estas tienen un aspecto plano o torcido.
- c)** La fibra natural y el algodón son fuertes cuando están seco, y cuando están mojados esta fuerza aumenta cerca de un 25%.
- d)** La fibra natural es un buen conductor del calor, y la ropa hecha de este material es caliente a temperaturas bajas. (Osorio, 2011)

2.2.7.2. Metodología tintórea.

La tintura de las fibras naturales con los colorantes reactivos tiene lugar en tres diferentes etapas: (Osorio, 2011)

Absorción.

En esta fase, el colorante reactivo no sufre ninguna descomposición, produciéndose tan solo la difusión hacia el interior de la fibra donde se absorbe sobre las cadenas proteicas o celulósicas a través de fuerzas de tipo secundario. Una pequeña parte de colorante se encuentra en el agua contenida en el interior y el resto permanece en la solución externa. Una vez alcanzado el equilibrio en la absorción, se añade álcali a la solución de tintura iniciándose la segunda fase, la reacción, la cual es simultánea con una mayor absorción. En la absorción influyen los siguientes parámetros: naturaleza del colorante, relación del baño, concentración del electrolito, pH, temperatura y tipo de fibra.

Reacción.

Una vez alcanzado el equilibrio a pH neutro, se añade álcali a la solución fijándose la reacción del colorante con la celulosa y con el agua. Parece sorprendente que siendo posible la reacción del colorante con la celulosa y con el agua y estando esta última en mayor proporción el colorante reaccione preferentemente con la celulosa.

Eliminación.

Es la última etapa de la tintura la cual consiste en la eliminación del colorante hidrolizado que, si bien se procura que sea mínimo, siempre existe en mayor o menor proporción.

2.2.8. Teñido.

El teñido, según opinión generalmente aceptada, es el arte de colorear, de manera más o menos permanente, fibras textiles u otras sustancias mediante la saturación de las mismas con una solución de colorante. (Horsfall & Lawrie, 1976)

El teñido es el proceso en el que la materia textil, al ser puesta en contacto con una solución de colorante, absorbe este de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a

devolver el colorante al baño. El proceso molecular tintóreo es lo que llamamos cinética tintórea. En torno a esta definición de teñido, establecemos dos principios fundamentales:

Que la tintura consiste en una compenetración entre colorante y fibra, que no es el recubrimiento exterior de una fibra con un colorante, si no absorción de colorante al interior de la fibra.

- ✓ Que es un proceso de efecto durable; si una fibra se destiñe fácilmente es que no ha sido teñida.
- ✓ Lo mismo en teoría que experimentalmente en laboratorio, se puede seguir el proceso de tintóreo a nivel molecular, observando las diferentes fases por las que atraviesa una molécula de colorante:

Difusión: movimiento de la molécula a través del líquido en el que se deposita, acercándose a la fibra textil.

Absorción: Contacto de la molécula de colorante con la fibra y penetración en su cuerpo físico.

Difusión sólida: La difusión del colorante a través del interior de la fibra.

Fijación: Es el establecimiento de enlaces estables entre las moléculas de la fibra y de colorante. Llegando a este punto de fijación se puede decir que el colorante a teñido la fibra y el proceso de tintura a terminado, estando todas las moléculas de fibra enlazadas con moléculas de colorante. (Perinat, 1997)

2.2.8.1. *Proceso de teñido*

Teñido de fibras textiles con colorantes naturales, industriales se realiza en una solución generalmente acuosa denominada licor o baño de teñido. Un proceso de teñido está realizado correctamente cuando la coloración es relativamente permanente, es decir,

si no se remueve fácilmente por efecto de agentes externos como la luz y el agua. El proceso de teñido se puede describir en varias etapas, el colorante se difunde en una fase líquida para llegar hasta la fibra, posteriormente el colorante pasa de la fase líquida a la fase sólida sobre la superficie de la fibra y finalmente el colorante ingresa al interior de la fibra estableciendo enlaces para fijarse dentro la misma. Durante el proceso de teñido de la fibra se tiene diferentes etapas: (Ojeda, 2012).

2.2.8.2. Etapas del proceso de teñido de una fibra proteica.

En un proceso de tintura una molécula de colorante pasa por varios procesos o fases antes de quedar unida químicamente a la fibra. (Ojeda, 2012).

2.2.8.2.1. Disgregación.

Los auxiliares y el colorante se encuentran en el seno del líquido en sus formas simples, miscelares o formando agregados moleculares. Estos agregados están sometidos a equilibrios fisicoquímicos específicos que dependen en cada caso de las especies presentes en el sistema. Cuando se rompe el equilibrio se da la disgregación. (Ojeda, 2012).

2.2.8.2.2. Difusión del colorante/convección.

Las moléculas de colorante se mueven desde el seno del baño hasta las zonas próximas a la superficie de la fibra por difusividad debido a la existencia de gradientes de concentración. (Ojeda, 2012).

Existen diversos factores que condicionan la difusión del colorante, acelerando o retardándolo, por ejemplo: el estado de agregación del colorante, la estructura cristalina de estas moléculas, las fuerzas de repulsión eléctrica desde las fibras o el tamaño de los "poros" amorfos en la estructura cristalina molecular de la fibra. Las moléculas del colorante que hay en una solución tintórea pueden agregarse formando macromoléculas, además de existir monomoléculas en el mismo baño. Pero sólo en agregación

monomolecular este colorante puede ser absorbido por la fibra a tinter; cada monomolécula absorbida desplaza el equilibrio de agregación hacia la formación de más monomoléculas. Cuanto más alto es el índice de agregación del colorante más bajo será el de la velocidad de difusión de ese colorante. La velocidad de tintura está en relación con la velocidad de difusión del colorante.

2.2.8.2.3. Adsorción.

Se presenta en la superficie de la fibra. Las moléculas de colorante son adsorbidas desde la superficie de la fibra mediante interacciones cuya intensidad depende de las relaciones de afinidad entre ambas estructuras. (Ojeda, 2012).

2.2.8.2.4. Difusión.

Las moléculas que se encuentran en la superficie de la fibra empiezan a difundirse al interior de la estructura macromolecular constituida por la fibra. Esta difusión líquido-sólido, depende del tamaño molecular de la especie que va a difundir y del tipo de estructura interna de la fibra. (Carvallo, 2000).

2.2.8.2.5. Fijación.

Finalmente se da el establecimiento de los enlaces fibra-colorante constituyendo la fijación. El proceso de tintura requiere ciertas condiciones que penetran que el colorante se impregne totalmente en la fibra sin dañar su estructura interna, para ello se distinguen dos principios de tintura. (Carvallo, 2000).

A. Por afinidad entre el colorante y la fibra lo que hace que el colorante pase del baño a la fibra, hasta saturarla y quedar fijada en ella.

B. Por impregnación de la fibra el material textil absorbe el colorante de la solución, en este momento no queda fijada todavía en él, en el proceso de fijado, cuando la tintura es definitiva.

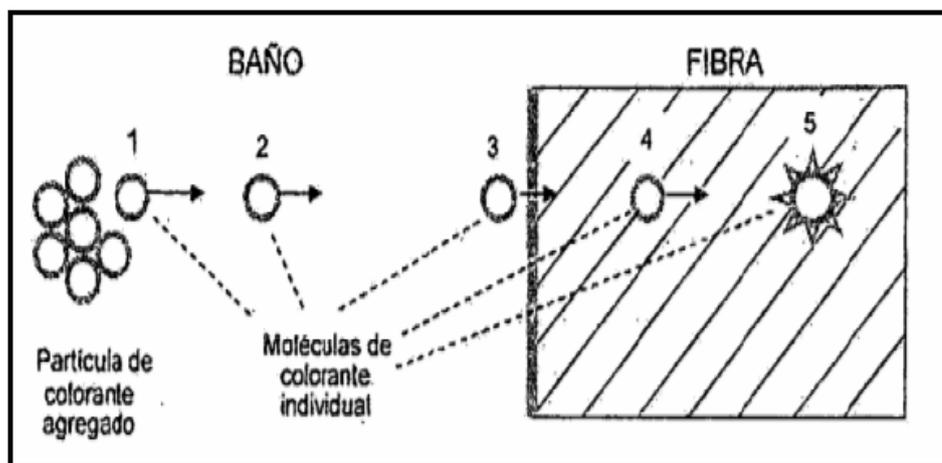


Figura 11. Proceso del Teñido

Fuente: Carvallo (2000)

- 1.- Disgregación del colorante.
- 2.- Difusión en baño.
- 3.- Absorción superficial en la fibra.
- 4.- Difusión en la fibra.
- 5.- Fijación.

2.2.8.3. Mordiente

La palabra mordiente viene del latín “morderé” que significa “morder, apresar, agarrar” (McRae B. 1993). El término mordiente es aplicado a cualquier sustancia de origen natural o sintético que sirve para fijar el colorante en la fibra. Antiguamente se empleaban productos naturales como cenizas, hojas de aguacate, corteza de nogal y guamuchil. Hoy en día, el empleo de mordientes es de origen químico, la mayoría son sales metálicas como: aluminio, cobre y estaño, las cuales se disuelven en agua caliente separando el metal de la sal para posteriormente unirse a la fibra para fijar el tinte. (McRae B. 1993).

Los mordientes son simples sales metálicas que ayudan a ligar los colorantes a las fibras. Dichas sales se fijan en la fibra, y los colorantes se fijan en las sales metálicas. El mordiente básicamente hace tres cosas:

- Ayuda a que los colorantes se fijen en la fibra.
- Afecta el color producido por los colorantes, en otras palabras, lo intensifican o lo hace más tenue.
- Actúa para mantener los colores estables en presencia de la luz.

Los tintoreros han utilizado los mordientes por miles de años, y existe una buena razón para ello, ciertos mordientes generalmente se utilizan con ciertos colorantes. Una vez que se entiende cuáles son los fundamentos de por qué se utiliza un cierto mordiente o ayudante en un tinte particular, ya no es necesario seguir recetas, sino que se pueden utilizar diferentes mordientes para desarrollar los colores que se desean. (McRae B. 1993).

2.2.8.3.1 Tipos de mordientes.

✓ Aluminio (Sulfato de aluminio y potasio) 25%:

Es el mordiente que más frecuentemente se usa por los tintoreros naturales (Conocido como alumbre). No es tóxico relativamente, pero es muy astringente y puede secar la piel. Este mordiente es de mediana resistencia a la luz y se usa casi siempre en combinación con cremor tártaro. (Osorio, 2011)

✓ Ácido cítrico:

El ácido cítrico se obtiene mediante fermentación, usando carbohidratos naturales, tales como azúcar y dextrosa como sustratos, y *aspergillus niger* como organismo de fermentación. (Medrano, 2010) Por sus propiedades conservantes y antioxidante es uno

de los aditivos más utilizados por la industria 54 alimentaria. Sus funciones son como agente secuestrante, agente dispersante y acidificante.

Características generales del ácido cítrico

La acidez del ácido cítrico es debida a los tres grupos carboxilos -COOH que pueden perder un protón en las soluciones. Si sucede esto, se produce un ion citrato. Los citratos son unos buenos controladores del pH de soluciones ácidas. Los iones citrato forman sales con muchos iones metálicos. El ácido cítrico es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra, o como monohidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico. La forma anhidra se cristaliza en el agua caliente, mientras que la forma monohidrato cuando el ácido cítrico se cristaliza en agua fría. El monohidrato se puede convertir a la forma anhidra calentándolo sobre $74\text{ }^{\circ}\text{C}$.

✓ **Cromo (Dicromato de potasio) 1.5 - 4%:**

Es una sustancia muy cáustica y venenosa en todas sus formas (en polvo, en solución líquida o en vapor), no se puede utilizar en conjunto con otros mordientes. El cromo se utiliza en pequeñas cantidades para obtener su efecto y por eso no se utiliza mucho en la actividad tintórea, debido a que es muy difícil manejar dichas cantidades. Este mordiente es más efectivo cuando se usa después del teñido. (Osorio, 2011)

✓ **Las cenizas:** Preferentemente de madera (tallo del árbol de arrayán más utilizado), se ocupa para dar un efecto diferente al color final.

✓ **Ácido acético o vinagre:** se utiliza como agente fijador, o para lavar o avivar los colores. Mejor utilizado en la tinturación de rojos y rosados. (Osorio, 2011)

✓ **Cloruro de sodio:** Ayuda a reforzar el efecto del mordiente, se agrega durante el tinturado y así fijar el color, provocando uniformidad del color.

✓ **Cobre (Sulfato de cobre) 3 %:** también se le conoce como vitriolo azul. Es un químico muy venenoso. El cobre generalmente tiene un efecto verde claro cuando se

está utilizando en la tinción. El cobre puede ser utilizado sólo como mordiente, o puede ser añadido como postmordiente para oscurecer los colores, o convertir un amarillo o un amarillo – verde a un verde más definido. (Osorio, 2011)

- ✓ **Ácido tánico:** es una sustancia natural encontrada en la corteza de los árboles, en las agallas del roble, en las hojas de té, y en otras partes de la planta. El ácido tánico generalmente es usado como un asistente del aluminio. Sin embargo, puede ser utilizado sólo como mordiente, haciendo que los colores sean más oscuros.
- ✓ **Estaño (Cloruro estaño) 2 – 4 %:** esta sustancia es utilizada en pequeñas cantidades, debido a que puede causar daños a la fibra. La mejor forma para utilizar el estaño es como postmordiente, con el fin de aclarar los colores. Este mordiente produce los colores más brillantes que otros mordientes de carácter alcalino.
- ✓ **Hierro (Sulfato ferroso) 3 %:** se le conoce también como vitriolo verde, y su efecto es oscurecer los colores. Generalmente el hierro se usa, cuando al final de una tinción sobra tinte al cual se le desea cambiar el tono. Se deben hacer pruebas en las fibras a teñir, ya que en fibras finas puede causar daños.

2.2.9. Evaluación post –tintura.

2.2.9.1. Solideces.

Obando, (2013). Para la evaluación de solidez son utilizadas las escalas de Grises. La evaluación de las solideces muchas veces depende de una comparación entre la tintura antes y después de haber sido sometida a la prueba. Al mismo tiempo se necesita saber cómo afecta la tintura a materiales blancos por si una prenda teñida va tener contacto con ellos durante su uso o procesamiento. Para evaluar el cambio o pérdida del matiz se usa la escala de grises para cambio de color y para el manchado se usa la escala de grises para descarga. El grado de solidez de una tintura se expresa por cifras adimensionales denominadas "Índices de solidez". Estas cifras van del uno al cinco y su valoración es

comparativa y corresponde a una escala de grises de valores lumínicos en la cual aparece como gris base o de punto de partida un gris que a la vista aparece como un promedio entre negro y el blanco, a pesar de que solo refleja el 14 % de luz blanca, pero eso si es un gris completamente neutro, es decir no tiene ningún grado de cromaticidad. Este gris medio base aparece degradado en su valor numérico en la siguiente forma. (Carvallo, 2000)

2.2.9.2.Solidez al frote.

Tinturas de pobre solidez al frote pueden ocasionar manchas de materiales sin teñir o de tonalidades más pálidas cuando tienen roces durante su uso o lavado. Por ejemplo, tinturas que no han sido debidamente lavadas después de la tintura y que son utilizadas para la confección de pijamas, pueden manchar las sabanas. Las bajas solideces al frote pueden ser debido a deficientes tratamientos pre tintura, pobres condiciones de teñido, mala calidad de agua para la tintura, acabados mal aplicados o productos auxiliares ya sea de tintura o de acabado mal elegidos para determinado fin. (Obando, 2013).

2.2.9.3.Solidez al lavado.

El procedimiento de lavado convencional o en lavandería industrial, depende principalmente del tejido y la fibra que se ha usado en la confección de la prenda. Por ejemplo, se utiliza un lavado suave para lana y fibras especiales o prendas delicadas, mientras que uno más enérgico para camisas de algodón y otro más enérgico para prendas de trabajo. (Obando, 2013).

2.2.9.4. Solidez a la luz.

Las tinturas durante su uso están expuestas a la acción de la luz solar y artificial que destruyen los colorantes ocasionando el fenómeno de decoloración. La decoloración de las tinturas cuando son expuestas a la acción de la luz solar o artificial ha sido objeto de

numerosas investigaciones y muy poco se sabe acerca del mecanismo de coloración.
(Obando, 2013).

2.2.9.5. Elongación.

Este ensayo se realiza para conocer cuánto ha afectado el proceso de teñido a la elasticidad de los hilados, ya que de esto dependerá si el hilado es posible trabajarlo en la tejeduría o no, puesto que es conocido que hilados que poseen limitada elongación.
(Obando, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE ESTUDIO

Retrospectivo: Porque la investigación se basa en hechos ocurridos en el pasado. (antecedentes).

Prospectivo: Porque en la investigación se registra la información, según van ocurriendo los fenómenos.

Experimental: Porque la investigación se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química.

3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (UNA - PUNO), bajo las condiciones ambientales a una presión atmosférica de 486 mm Hg, a una altitud de 3825 m.s.n.m. y a una temperatura promedio de 12 °C.

3.3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

UNIVERSO. Especie vegetal que contienen pigmentos colorantes.

MUESTRA: 2 Kg de raíz de la remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*).

TIPO DE MUESTREO.

Es puntual dirigido, ya que se utiliza las raíces de la remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) de los cuales se utilizarán sólo, las muestras sanas que cumplan con los requisitos para el estudio.

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN INSTRUCTIVO DE MUESTREO DE PRODUCTOS

Las raíces maduras de la remolacha “betarraga”, se colectaron en el huerto de la Institución Educativa Primaria de Huancollusco del Distrito de Taraco.

Procedimiento de toma de muestra en el campo:

- ✓ Se debe Identificar la plantación, terreno, parcela, etc., donde se va a realizar el muestreo.
- ✓ Cuando se recolectan muestras directamente en el campo de cultivo, no se deben tomar productos enfermos y las muestras deben tomarse durante el período de cosecha.
- ✓ Se debe muestrear la parte de la cosecha que es comerciable, si es el caso.
- ✓ Para la toma de la muestra, dependiendo del tamaño de la muestra o de la disponibilidad, se pueden seguir el método aleatorio (al azar), método en X o método en zig-zag.
- ✓ Una vez identificados los puntos de muestreo, continuar con el plan de muestreo.
(Agencia de Regulación y control fito y zoonosanitario, 2018)

3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL**3.4.1. Material vegetal.**

Remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*).

3.4.2. Materia prima.

Colorante natural que se obtendrá de la especie vegetal remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*).

Fibra de ovino.

3.5. MATERIAL DE LABORATORIO, EQUIPOS Y REACTIVOS**A. MATERIALES**

- ✓ Pizetas
- ✓ Guantes desechables
- ✓ Papel absorbente

- ✓ Cuchillo
- ✓ Luna de reloj
- ✓ Placa Petri de vidrio
- ✓ Mortero
- ✓ Balón de fondo plano 500 mL.
- ✓ Vaso de precipitados 400 mL.
- ✓ Matraz erlenmeyer (100 mL)
- ✓ Espátula
- ✓ Probeta de 100mL.
- ✓ Fiolas de 100 mL
- ✓ Termómetro ENVIRO- SAFA® de -10 a 225 °C
- ✓ Pinzas
- ✓ Embudo de vidrio PIREX ®
- ✓ Gasa filtrante.
- ✓ Varilla
- ✓ Pipeta de 5 mL.
- ✓ Cintas.
- ✓ Mechero de alcohol.
- ✓ Trípode
- ✓ Malla de asbesto
- ✓ Frascos oscuros de 300 mL.

B. EQUIPOS

- ✓ Balanza analítica (METTLER TOLEDO)
- ✓ Estufa VWR
- ✓ Equipo de reflujo
- ✓ Espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E)

- ✓ pHmetro METTLER
- ✓ Cocinilla VISIONEER

C. REACTIVOS

- ✓ Hipoclorito de sodio 5%
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Hidróxido de sodio (NaOH) 97.0% (SPECTRUM CHEMICAL MFG. CORP.)
- ✓ Acetona (CH₃COCH₃)
- ✓ Éter de petróleo
- ✓ Detergente.
- ✓ Sulfato de cobre II pentahidratado (CuSO₄.5H₂O) 98%
- ✓ Sulfato de hierro II heptahidratado (FeSO₄.7H₂O) (SOLUTEST - LAB CHEM.)
- ✓ Cloruro de sodio (sal) NaCl
- ✓ Ácido cítrico (limón) C₆H₈O₇
- ✓ Eucalipto.
- ✓ Glutamato de cobre (C₁₂H₂₂CuO)
- ✓ Permanganato de potasio (KMNO₄)

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE

En este proyecto de investigación se emplearán dos métodos que van en concordancia a los objetivos planteados.

El trabajo de investigación realizado se considera de tipo experimental retrospectiva por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales bajo condiciones controladas y además de poseer un carácter exploratorio pues se realiza con el propósito de obtener datos fieles y seguros para que sirvan de base en estudios futuros. Nuestra recopilación de información bibliográfica se obtuvo de tesis, artículos, textos científicos y otros.

3.6.1. Selección y acondicionamiento de materia prima para la extracción del colorante.

Las remolachas fueron seleccionadas teniendo las siguientes consideraciones de color purpura, considerando la madurez y raíces sanas libres de daños. Esta etapa de importancia ya que los frutos que estén en estado de descomposición pueden afectar en el proceso de obtención del colorante.

Este sector tiene las siguientes características climáticas:

Altura: 3, 825 m.s.n.m.

Temperatura: 12 °C promedio anual

Temperatura mes: 7 °C promedio mes más seco

Humedad: 18 %

Lluvias: desde enero a marzo

Meses secos: Mayo a Diciembre.

3.6.2. Desinfección.

Para la desinfección de contaminantes se lavó las raíces en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 3 %. (ANEXO A) posteriormente en agua al chorro y secarlas posteriormente con papel absorbente.

3.6.3. Reducción de tamaño para su extracción.

ACONDICIONAMIENTO: Se separó la pulpa de la cáscara, realizándose en forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable de buen filo cortando en trozos y tamaños variables. Considerando que el colorante que posee las raíces de la remolacha se degrada fácilmente en presencia de temperaturas elevadas y en contacto a la luz solar se guardó en refrigeración para su posterior uso.

3.6.4. Secado de la muestra.

Luego de tener la raíz de la remolacha se coloca en placas petri para su respectivo secado en la estufa, para continuar con la molienda y realizar el pesado.

3.6.5. Proceso de extracción del colorante.

3.6.5.1. Preparación del solvente a diferentes concentraciones.

El solvente empleado para la extracción de la remolacha es el hidróxido de sodio al 3 %, 4,5 % y 6 %. Se preparó soluciones a diferentes concentraciones NaOH L/agua (ANEXO B) para determinar la mejor concentración de solvente.

Tabla 9. Solvente utilizado en esta etapa

MUESTRAS	MATERIA PRIMA	SOLVENTE
1	Remolacha forrajera (<i>Beta vulgaris L.ssp var crassa</i>)	NaOH 3 % NaOH 4,5 % NaOH 6 %

3.6.5.2. Método de extracción equipo de reflujo.

Se realiza la extracción del colorante en el equipo de reflujo empleándose hidróxido de sodio NaOH como solvente de extracción, la muestra seca y molida es pesada 10 g. en la balanza analítica y colocada en el balón de fondo plano con capacidad de 500 mL, luego se calienta el solvente 100 mL de NaOH y se inicia de esta manera la extracción reflujiendo en un tiempos y temperaturas pre establecidas dependiendo de la prueba.

Tabla 10. Combinación de niveles

Nro. de ENSAYOS	COMBINACION DE NIVELES		
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)
1	70	20	3
2	85	20	3
3	70	40	3
4	85	40	3
5	70	20	6
6	85	20	6
7	70	40	6
8	85	40	6
9	78,5	30	4,5
10	78,5	30	4,5
11	78,5	30	4,5

3.6.5.3. *Filtrado*

El filtrado se basa en la separación de las partículas suspendidas en un fluido, mediante métodos físicos usando un medio poroso que pueda retener las partículas en forma de separación de fases que permite el paso de filtrado sin sólidos. En nuestro caso se lleva a cabo el filtrado por gravedad de la mezcla sólido-líquido a través de un medio poroso (gasa de algodón) donde se retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla.

El extracto obtenido se filtró con un embudo de vidrio. El porcentaje de pigmento retenido (% P.R.) fue calculado de acuerdo a la siguiente ecuación (ANEXO C) (Lugo, 1998).

3.6.5.4. *ENVASADO Y ALMACENADO DEL COLORANTE.*

El extracto obtenido de la etapa de filtración, es nuestro colorante natural el cual se va a envasar en botellas de vidrio color ámbar rotulado y se almacena en un lugar fresco, para su posterior utilización en el teñido.

3.6.5.5. PURIFICACIÓN DE EXTRACTO.

De la muestra se tomó 10 mL para llevar a la pera de decantación agregándole 10 mL de acetona y 10 mL de éter de petróleo, para separar la grasa presente en la muestra, se agitó con los disolventes, dejando reposar durante 30 min. y se observó la separación de fases por diferencia de densidades. El sobrenadante (solvente más grasa) y el sedimentado (colorante más agua) se llevó a secado en diferentes recipientes para determinar la cantidad presente de grasa y colorante.

3.6.5.6. VISUALIZACIÓN DE LA FORMA DE CRISTAL EN EL MICROSCOPIO.

El colorante seco se llevó al microscopio para identificar la estructura cristalina del flavonoide identificado como antocianina. (ANEXO D).

3.6.5.7. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE.

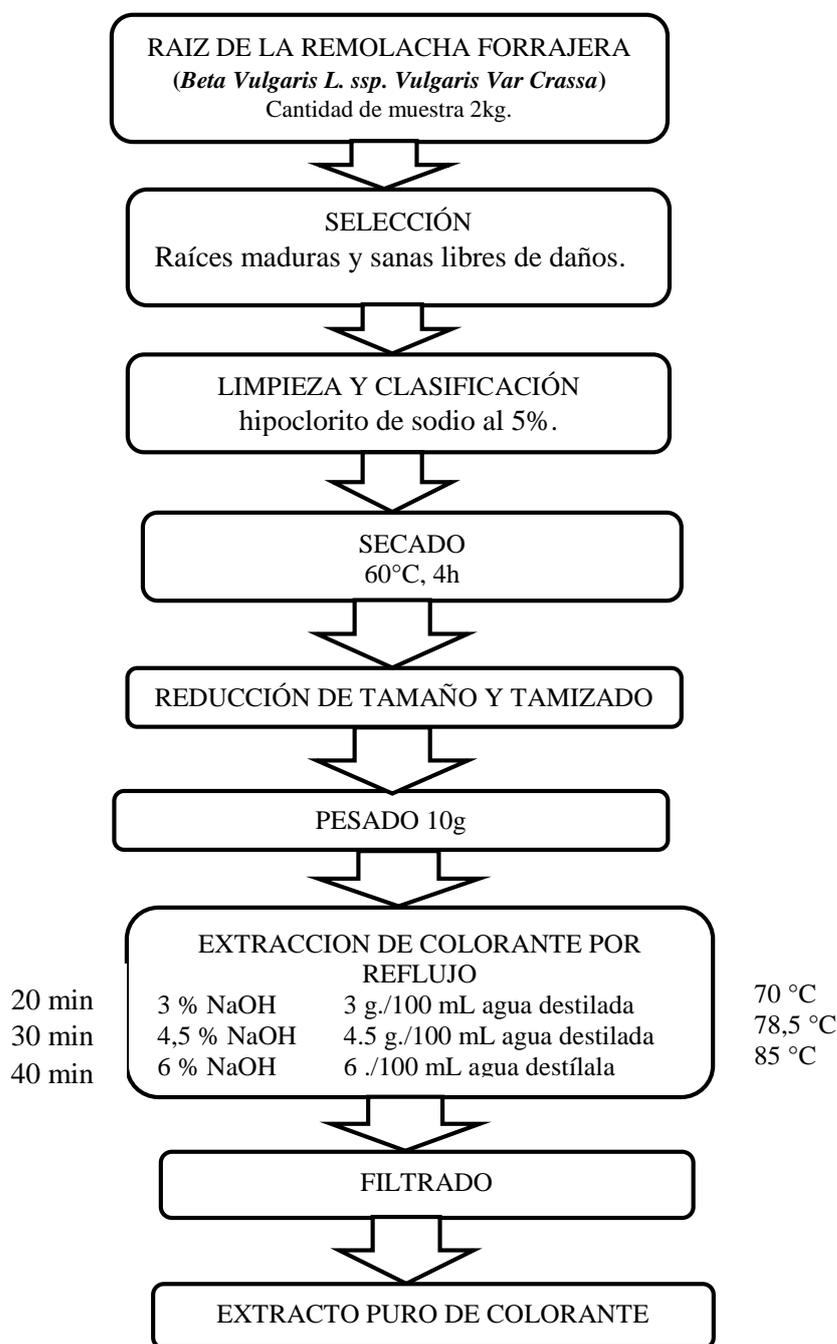


Figura 12. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de extracción de colorante natural

3.7. ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO.

La espectrofotometría es un método de identificación de los colorantes, por ser una técnica que comunica información muy específica respecto a la estructura e identificación de moléculas complejas. instrumento capaz de medir la energía absorbida o emitida por una sustancia se llama espectrómetro, pero este término hace alusión a un equipo que hace la elección de la longitud de onda mediante un filtro. Si la elección de la longitud de onda se realiza por un monocromador, el equipo tiene mayor resolución y se llama espectrofotómetro (Osorio, 2011)

La cantidad de absorción (longitud de onda λ) se expresa en una de las formas siguientes:

Nanómetro (nm) = milimicra (m μ) = 10^{-6} mm = 10^{-9} m

Angstrom (Å) = 10^{-7} mm = m μ /10

Y los rangos de longitud de onda son:

Ultravioleta, 185-400 nm: utiliza absorciómetro UV.

Visible, 400-760 nm: utiliza absorciómetro con filtros coloreados ó espectrofotómetro.

Infrarrojo, 0,76-15 m μ : utiliza espectrofotómetro infrarrojo

En el espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E) del laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química está considerada en un rango de 185,0 nm a 1 100 nm. Se trabajó la muestra de remolacha forrajera en el rango de 900,0 nm – 1 100nm para un color rojo intenso con una longitud de onda de 730 nm.

En espectroscopia el término luz no sólo se aplica a la forma visible de radiación electromagnética, sino también a las formas UV e IR, que son invisibles. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm). (Abril Díaz, y otros, 2017).

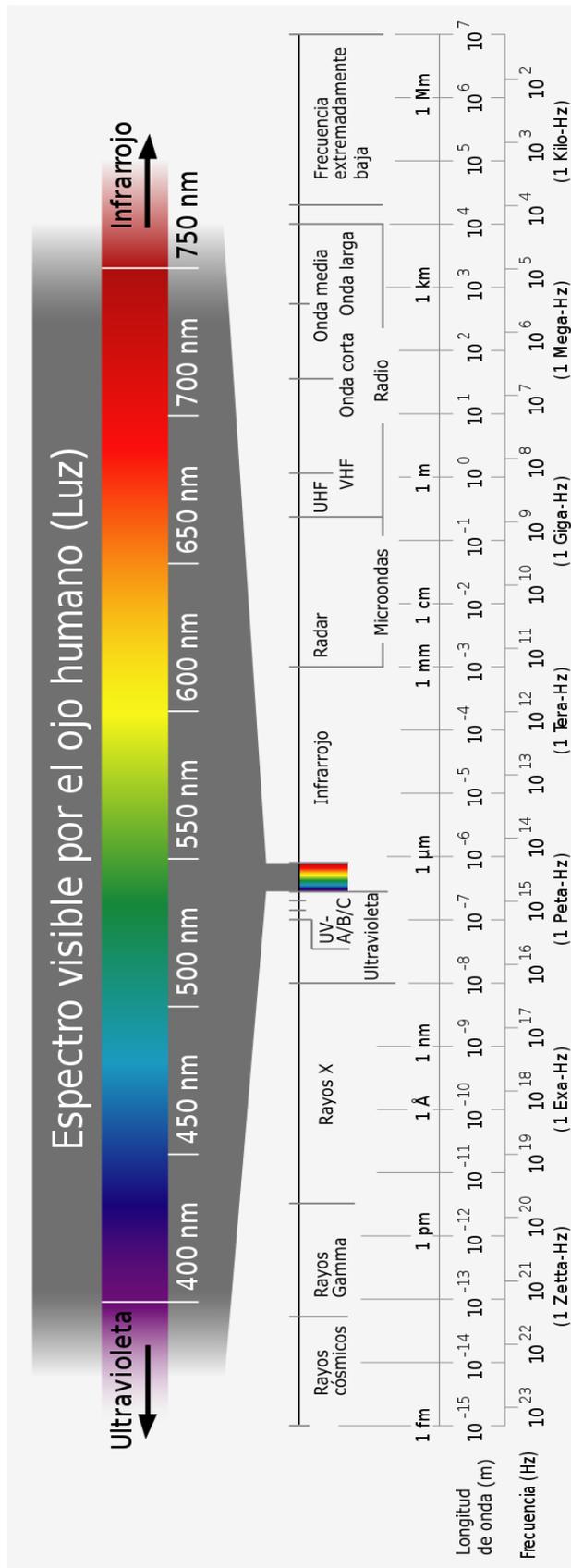


Figura 13. Rangos de longitud de onda

FUENTE: Nieves (2003)

3.7.1. Calibración del espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E).

Para la obtención de datos confiables se realizó la verificación del espectrofotómetro con solución permanganato de potasio ($KMnO_4$) por el método descrito en el ANEXO E. (Azcarate M.P. & Kloster)

3.7.1.1. *Determinación de los máximos de absorbancia del colorante por Espectroscopia Ultravioleta Visible.*

Esta determinación se realizó en el Laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química UNA Puno.

Preparación de muestra: Realizar dilución al colorante obtenido con H_2O destilada hasta lograr una solución transparente que no interfiera entre el haz de la luz emitido para leer la absorbancia.

Procedimiento.

1. Retirar la celda con el blanco que se encuentra ubicada en el frente del compartimiento y se sustituye con el extracto colorante.
2. Realizar un barrido en la escala de 600 – 190 nm, se coloca el blanco (agua destilada) en las celdas, se ubica estas en ambos compartimientos (muestra y la referencia)], debido a que el equipo es de doble haz; el equipo corrige a un valor de cero de absorbancia a la longitud de onda seleccionada.
3. Realizar el barrido del espectro y se obtendrá el valor de longitud de onda correspondiente.

3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE TEÑIDO

3.8.1. Evaluación para el proceso del teñido en la fibra de ovino.

Para el teñido de fibra de ovino con el procedimiento por agotamiento se distinguen las siguientes etapas.

3.8.1.1. *Lavado y preparación de mordientes.*

La fibra de ovino previamente seleccionada libre de suciedad e impurezas presentes, fue sometida al lavado a una temperatura de 60 °C con detergente por un tiempo de 35 minutos, así estar preparada para que el colorante se fije mejor a la fibra.

Los mordientes se efectuó con $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, glutamato de cobre, eucalipto, cloruro de sodio y ácido cítrico, no altera el color del extracto de la planta en el teñido, abrillanta los colores y no es tóxico.

Mezcla de mordientes utilizados para la fibra de ovino.

- ✓ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón
- ✓ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl
- ✓ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + NaCl + limón
- ✓ Eucalipto + limón + NaCl
- ✓ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto
- ✓ Glutamato de cobre + eucalipto (**ANEXO G**).

3.8.1.2. *Proceso de teñido con el extracto remolacha forrajera (Beta Vulgaris L. Ssp. Vulgaris Var Crassa) en muestra de fibra de ovino:*

Una vez la fibra lavada de preferencia húmeda se coloca en el baño de teñido; que consta de la cantidad de fibra total a teñir 3g, en nuestra investigación hemos utilizado 24 metros de hilado por cada muestra.

Se realiza las siguientes pruebas con sus respectivos mordientes:

FeSO₄.7H₂O + limón: Se toma 100 mL de colorante extraído se coloca en un vaso de precipitados de 150 mL, luego agrega 20 mL de FeSO₄.7H₂O + 1mL de limón, con el fin de que el colorante se fije a cada una de las muestras.

Se coloca la fibra de ovino (4 metros de hilado) por 15 minutos. Posteriormente se procede a la **fase de fijación** partiendo de una temperatura de 15 °C, donde la temperatura del colorante debe subir uniformemente sobre la fibra hasta 50 °C a 55 °C.

Una vez alcanzado la temperatura de teñido deseado viene la **fase de agotamiento**, puede notarse el agotamiento casi total del colorante, se requiere 20 min. de difusión para que el colorante que se encuentra sobre la superficie de la fibra penetre hacia el interior de la misma, por lo que el tiempo de difusión está en razón directa al tipo de colorante y matiz del color a teñir.

3.8.1.3. Enjuagues finales:

Terminado el teñido se procede a realizar enjuagues a (40 °C/5 min.), con la finalidad de eliminar el colorante que no se agotó y eliminar otras sustancias auxiliares no fijado a la fibra. Posteriormente secar para que no pierda sus cualidades orgánicas por ser colorante natural.

3.8.1.4. Variables de teñido con colorantes natural.

A. Temperatura

Se trabajó a 3 temperaturas para el proceso del teñido de 70, 78.5 y 85°C para ver a que temperaturas la fijación del colorante hacia la fibra absorbe mejor.

B. Tiempo de teñido

El tiempo de teñido está basado por el agotamiento del colorante en toda la superficie de la fibra, hasta impregnarse por completo; Para el diseño experimental se consideró 20, 30 y 40 minutos.

3.8.1.5. Diagrama de flujo del teñido de fibra de ovino.

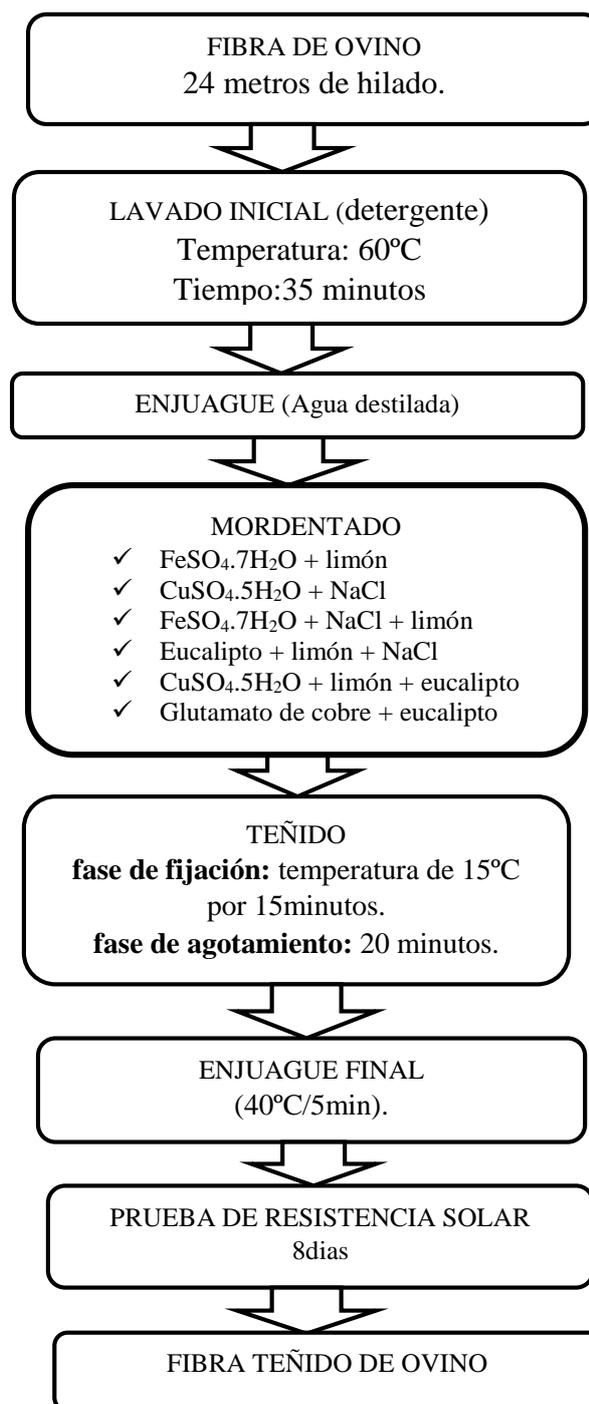


Figura 14. Diagrama de flujo para el teñido de fibra de ovino.

3.9. DISEÑO FACTORIAL DE EXPERIMENTOS (Determinación número de pruebas)

Según Luis F. Miranda 1998, una metodología a seguir en el desarrollo de un modelo matemático empleando el diseño de experimentos del tipo factorial.

Es una técnica estadística que permite planificar eficientemente la experimentación de modo que con un número mínimo de ensayos se logra determinar la significancia de cada una de las variables independientes a ser evaluadas, el efecto de sus interacciones y se obtiene un modelo matemático empírico, que constituye la base para un proceso posterior de optimización.

El desarrollo de la presente investigación se basa en el diseño factorial de Kafarov, técnica de análisis estadístico que nos permitirá planificar y estimar adecuadamente los factores investigados.

Para nuestro caso los factores serán optimizados en experimentos factoriales generales, tomándose en cuenta tres factores con dos niveles. Para la determinación de la muestra o número de experimentos, en un diseño factorial completa se da la siguiente ecuación:

$$N = 2^k$$

Siendo:

N = Número total de experimentos

k = Número de variables

Formulación y propósito:

Para un diseño factorial 2^3 para tres factores o variables originales (temperatura optima en el proceso de extracción de colorante natural, tiempo optimo en el proceso de extracción de colorante natural y extracción de colorante con % NaOH) y cada factor con dos niveles $k = 3$, se tiene el siguiente modelo matemático de regresión:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_1^2 + B_5X_2^2 + B_6X_3^2 + B_7X_1X_2 + B_8X_1X_3 + B_9X_2X_3$$

Siendo:

Y = Variable respuesta rendimiento

X_1 , X_2 y X_3 = Variables codificadas de entrada: temperatura, tiempo y porcentaje de NaOH.

X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3 y $X_1X_2X_3$ = Interacciones entre las tres variables principales.

Primero hallaremos los valores de X_1 , X_2 y X_3 en función a las variables de entrada del proceso y luego los valores de b_0 , b_1 , b_2 , b_3, \dots, b_7 (estimadores de los coeficientes de regresión) en función a la variable dependiente respuesta Rendimiento (Y).

Tabla 11. Niveles máximos y mínimos

VARIABLES	FACTOR	UNIDAD	NIVEL (-)	NIVEL (+)
			INFERIOR	SUPERIOR
X_1	Temperatura	°C	70	85
X_2	Tiempo	Min	20	40
X_3	Concentración NaOH	%	3	6

Matriz de diseño

Determinaremos con lo anterior el número de pruebas experimentales que vamos a realizar (combinando los valores máximo y mínimo de tres factores establecidos). Para un diseño 2^3 se tiene 8 pruebas experimentales. Además de acuerdo al principio de adición de Puntos Centrales (que proporciona protección contra el efecto curvatura y permite una estimación independiente del error que ha de obtenerse) (Miranda, 1998), se adiciona a la matriz 3 puntos centrales, vale decir la pruebas 9, 10 y 11 de la matriz. Así se tiene las siguientes combinaciones en la tabla 12.

Tabla 12. Matriz de diseño factorial $2^3 = 8$

N° DE PRUEBA	DISEÑO	COMBINACION DE NIVELES			VARIABLE RESPUESTA (ABSORBANCIA DE COLORANTES OBTENIDOS %) "Y"
		X ₁	X ₂	X ₃	
1	[1]	70	20	3	0.975
2	a	85	20	3	0.675
3	b	70	40	3	0.611
4	ab	85	40	3	0.583
5	c	70	20	6	0.973
6	ac	85	20	6	0.633
7	bc	70	40	6	0.626
8	abc	85	40	6	0.589
9	abcd	78.5	30	4.5	0.487
10	abcd	78.5	30	4.5	0.629
11	abcd	78.5	30	4.5	0.693

FUENTE: MONTGOMERY, (1996)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtiene en este trabajo de investigación en una primera etapa es seleccionar la materia prima y la extracción del colorante de la remolacha forrajera, en la segunda parte es la lectura de espectros del mismo y la evaluación de los parámetros de teñido.

La técnica de extracción por reflujo es conveniente para la extracción de colorante, ya que la muestra ésta en contacto directo con el solvente. La extracción de colorante de la remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) dio un volumen 771 mL de colorante extraído; y el proceso de tinción de la fibra de ovino da una interpretación en espectros de infrarrojo con sus bandas características para la muestra y así también espectros ultravioleta visibles relacionado con cada longitud de onda máxima encontrada con respecto a la absorbancia mayor para evaluar el pico más alto que indica mayor concentración de colorante.

Las pruebas están en la capacidad de aportar datos precisos y confiables los cuales serán de gran ayuda para posteriores investigaciones.

La obtención de colorantes a partir raíz remolacha forrajera (*beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) es una nueva opción para el aprovechamiento de estos recursos, además permite promover el uso de colorantes naturales ante el uso excesivo de colorantes de origen sintético que están causando diversas enfermedades respiratorias, así como de piel, y la contaminación del medio ambiente.

4.1. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE CON SOLVENTE DE HIDROXIDO DE SODIO

Condiciones Ambientales:

- ✓ Temperatura Local: 14 °C.

- ✓ Presión Local Puno: 488 mm Hg.
- ✓ Altitud: 3825 m.s.n.m.

Condiciones de operación:

- ✓ Cantidad de colorante contenido en muestra 2g

4.1.1. Resultado de secado de la remolacha forrajera.

Se realizó en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química por medio de una estufa a 70 °C durante 3 horas en 4 placas petri de diferentes pesos iniciales, tomando los pesos de la muestra de remolacha forrajera y la prueba finaliza cuando la muestra de remolacha forrajera esta seca apta para molienda, y hallando el porcentaje de humedad de cada muestra.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Muestra húmeda} - \text{Muestra seca}}{\text{Muestra húmeda}}$$

Tabla 13. Datos obtenidos del secado de la primera placa petri.

Número de pruebas	Hora	Peso(g)	%Humedad
	11:28	95,5976	
1	11:58	80,5976	15,6907
2	12:28	68,5762	28,2657
3	12:58	58,6271	38,6730
4	01:28	54,1827	43,3221
5	01:58	53,8521	43,6679
6	02:28	53,8344	43,6864

Según la Tabla 13, podemos observar como peso inicial de la remolacha forrajera (reducida de tamaño) es 95,5976 g, registrando cada 30 min el peso de la muestra para determinar el porcentaje (%) de humedad; con el fin de obtener la curva de secado de la

muestra seca de la remolacha forrajera, apta para molienda para posterior extracción de colorante.

Tabla 14. Datos obtenidos del secado de la segunda placa petri.

Número de pruebas	Hora	Peso(g)	%Humedad
	11:28	90,7145	
1	11:58	80,7025	11,0368
2	12:28	71,5833	21,0894
3	12:58	63,0935	30,4482
4	01:28	55,4528	38,8710
5	01:58	54,0036	40,4686
6	02:28	54,0020	40,4703

Según la Tabla 14, podemos observar como peso inicial de la segunda placa petri de la remolacha forrajera (reducida de tamaño) es 90,7145 g, registrando cada 30 min el peso de la muestra para determinar el porcentaje (%) de humedad; con el fin de obtener la curva de secado de la muestra seca de la remolacha forrajera, apta para molienda para posterior extracción de colorante.

Tabla 15. Datos obtenidos del secado de la tercera placa petri.

Número de pruebas	Hora	Peso(g)	%Humedad
	11:28	95,0529	
1	11:58	82,9098	12,7750
2	12:28	71,5001	24,7786
3	12:58	60,4623	36,3908
4	01:28	54,6826	42,4714
5	01:58	53,7468	43,4559
6	02:28	53,5177	43,6969

Según la Tabla 15, podemos observar como peso inicial de la tercera placa petri de la remolacha forrajera (reducida de tamaño) es 95,0529 g, registrando cada 30min el peso de la muestra para determinar el porcentaje (%) de humedad; con el fin de obtener la

curva de secado de la muestra seca de la remolacha forrajera, apta para molienda para posterior extracción de colorante.

Tabla 16. Datos obtenidos del secado de la cuarta placa petri.

Número de pruebas	Hora	Peso(g)	%Humedad
	11:28	92,7131	
1	11:58	83,8170	9,5952
2	12:28	75,3650	18,7115
3	12:58	66,7452	28,0088
4	01:28	56,6291	38,9200
5	01:58	54,6251	41,0815
6	02:28	54,1571	41,5863

Según la Tabla 16, podemos observar como peso inicial de la cuarta placa petri de la remolacha forrajera (reducida de tamaño) es 92,7131g, registrando cada 30min el peso de la muestra para determinar el porcentaje (%) de humedad; con el fin de obtener la curva de secado de la muestra seca de la remolacha forrajera, apta para molienda para posterior extracción de colorante.

4.1.2. Resultado de la curva de secado de la remolacha forrajera.

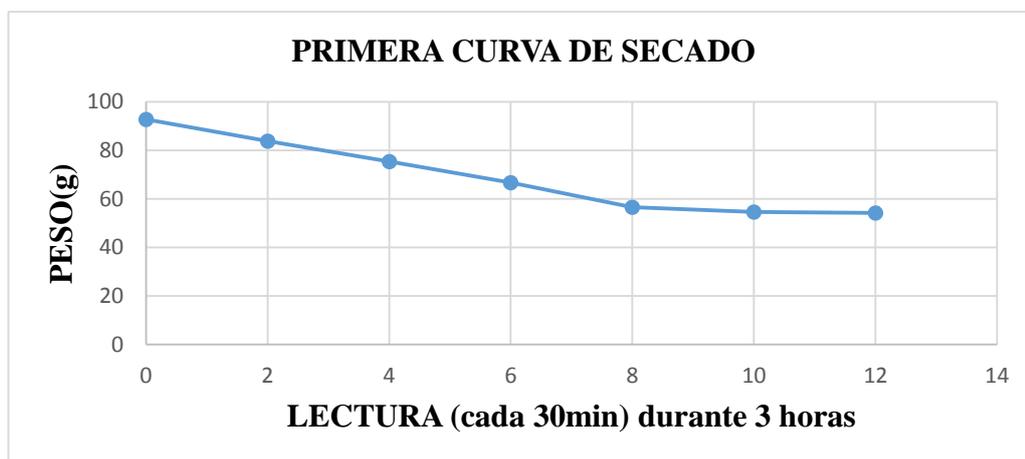


Figura 15. Primera curva de secado de la remolacha forrajera

Según la Figura 15, que corresponde a la Tabla 13 podemos observar que la curva de secado de la muestra (remolacha forrajera) es de 95,5976 g, cada 30 min se mide el porcentaje de humedad (%) de la muestra, donde después de 2:30 horas el peso va siendo

constante con 53,8521g. y 53,8344g. que nos indica que esta apta para molienda, con el % extraído de humedad 43,6864%.

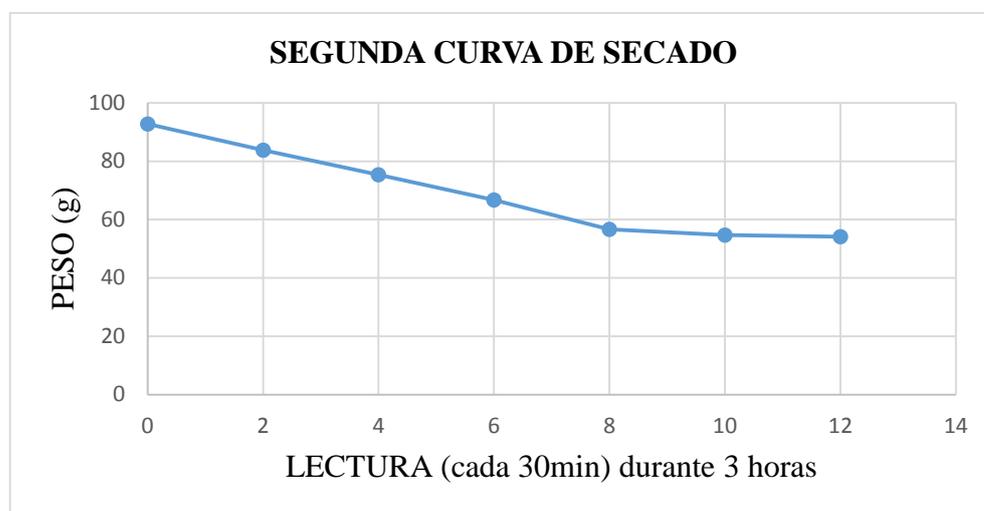


Figura 16. Segunda curva de secado de la remolacha forrajera

Según la Figura 16, que corresponde a la Tabla 14 podemos observar que la curva de secado de la muestra (remolacha forrajera) es de 90,7145 g. cada 30 min se mide el porcentaje de humedad (%) de la muestra, donde después de 2:00 horas el peso va siendo constante con 55,4528 g, 54,0036 g. y 54,0020 g. que nos indica que esta apta para molienda, con el % extraído de humedad 40,4703 %.

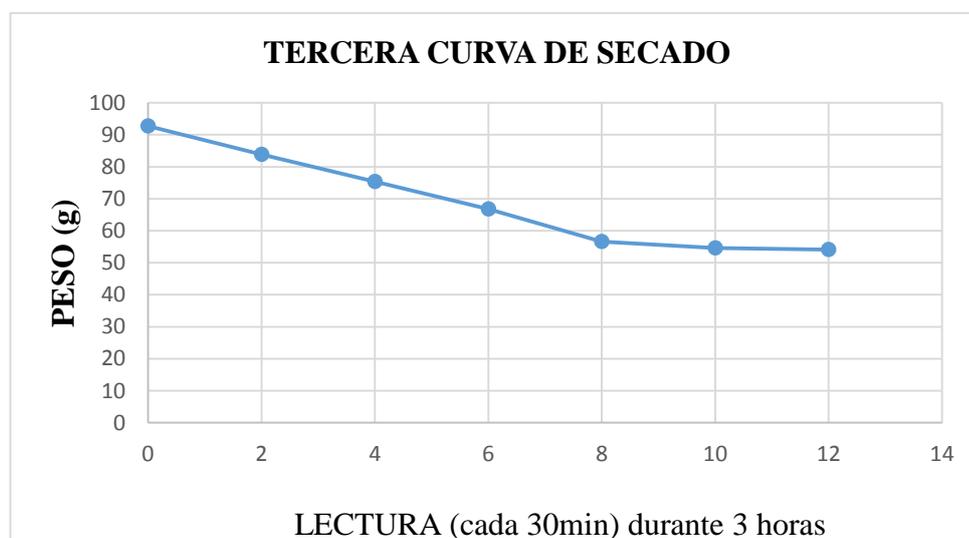


Figura 17. Tercera curva de secado de la remolacha forrajera

Según la Figura 17, que corresponde a la Tabla 15 podemos observar que la curva de secado de la muestra (remolacha forrajera) es de 95,0529 g. cada 30 min se mide el porcentaje de humedad (%) de la muestra, donde después de 2:00 horas el peso va siendo constante con 54,6826 g, 53,7468 g. y 53,5177 g. nos indica que esta apta para molienda, con el % extraído de humedad 43,6969 %.

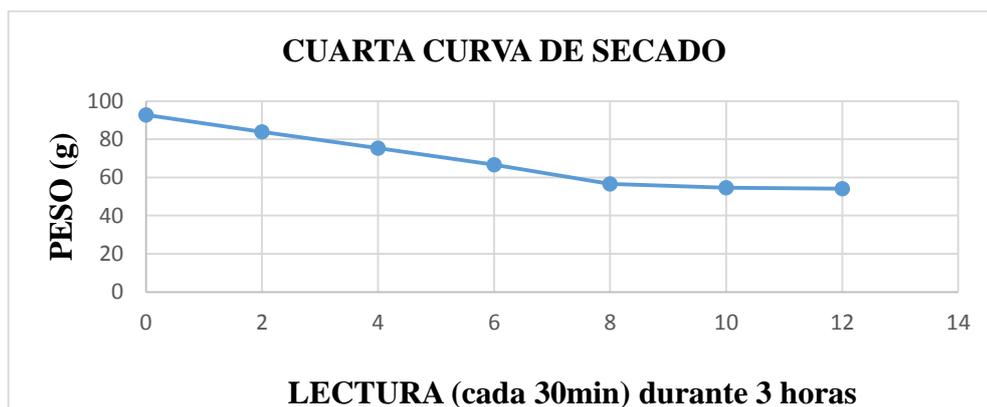


Figura 18. Cuarta curva de secado de la remolacha forrajera

Según la Figura 18, que corresponde a la Tabla 16 podemos observar que la curva de secado de la muestra (remolacha forrajera) es de 92,7131g cada 30 min se mide el porcentaje de humedad (%) de la muestra, donde después de 2:30 horas el peso va siendo constante con 54,6251 g. y 54,1571g. que nos indica que esta apta para molienda, con el % extraído de humedad 41,5863 %.

4.1.3. Resultados de efecto de la concentración del solvente a diferentes porcentajes de hidróxido de sodio.

Tabla 17. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 3%

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Abs. Leidas
70	20	0,975
85	20	0,675
70	40	0,611
85	40	0,583

Según Tabla 17, concentración de colorante extraído en diferentes tiempos con hidróxido de sodio 3%. Se realizó la figura F.1, F.2, F.3 y F.4 pág. 157, para observar la obtención de colorante de la remolacha forrajera; la extracción con la solución de hidróxido de sodio 3 % con temperatura 70 °C y tiempo 20 min es la más óptima, concentración de colorante teniendo el pico más alto (0,975), con relación a la longitud de onda.

Tabla 18. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 4.5 %

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Abs. Leidas
78,5	30	0,487
78,5	30	0,629
78,5	30	0,693

Según Tabla 18, concentración de colorante extraído en diferentes tiempos con hidróxido de sodio 3 %. Se realizó la Figura F.5, F.6 y F.7. pág. 161, para observar la obtención de colorante de la remolacha forrajera; la extracción con la solución de hidróxido de sodio 4,5 % con temperatura 78,5°C y tiempo 30 min es la más óptima, concentración de colorante teniendo el pico más alto (0,693), con relación a la longitud de onda.

Tabla 19. Concentración de colorantes extraídos en diferentes tiempos con hidróxido de sodio al 6%

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Abs. Leidas
70	20	0,973
85	20	0,633
70	40	0,626
85	40	0,589

Según Tabla 19, concentración de colorante extraído en diferentes tiempos con hidróxido de sodio 3 %. Se realizó la Figura F.8, F.9, F.10 y F.11 pág. 164, para observar la obtención de colorante de la remolacha forrajera; la extracción con la solución de hidróxido de sodio 6 % con temperatura 70 °C y tiempo 20 min es la más óptima, concentración de colorante teniendo el pico más alto (0,973), con relación a la longitud de onda.

4.1.4. Resultados del análisis de la estructura cristalina en el microscopio

Tabla 20. Visualización de muestra en el microscopio

Muestra	Visualización	Forma	Ver anexo
Colorante seco	Cristales	Agujas	D

La tabla 20 muestra el resultado de la forma de cristales que tiene el flavonoide (antocianina), como se observa en el anexo D, se visualiza la forma de agujas lo cual indica que, si hay presencia de flavonoide en las raíces de la remolacha forrajera, el resultado confirma lo señalado por **Solis et al. (1991)**, en su investigación “Contribución al estudio Fitoquímico de la *Bidens andicola*”, que indica la cristalización en forma de láminas del flavonoide (antocianina).

4.2. RESULTADOS DE ESPECTOFOTOMETRO UV/VIS (UNICO / SQ2802E).

4.2.1. Resultados de los máximos de absorbancia del colorante por espectroscopia ultravioleta visible del espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E).

Tabla 21. Identificación de niveles de los máximos de absorbancia del colorante UV/VIS (UNICO / SQ2802E)

COMBINACION DE NIVELES					
Nro	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenida	ANEXO F
1	70	20	3	0,975	ANEXO F1
2	85	20	3	0,675	ANEXO F2
3	70	40	3	0,611	ANEXO F3
4	85	40	3	0,583	ANEXO F4
5	70	20	6	0,973	ANEXO F5
6	85	20	6	0,633	ANEXO F6
7	70	40	6	0,626	ANEXO F7
8	85	40	6	0,589	ANEXO F8
9	78,5	30	4.5	0,487	ANEXO F9
10	78,5	30	4.5	0,629	ANEXO F10
11	78,5	30	4.5	0,693	ANEXO F11

La tabla 21 muestra las corridas experimentales para el diseño factorial donde se tiene 8 pruebas experimentales y 3 puntos centrales (pruebas 9,10 y 11), realizando lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 966 nm teniendo el concepto de mayor absorbancia con mayor rendimiento de colorante ANEXO F1 absorbancia obtenida 0,975; teniendo dentro del rango de 900 nm - 1100 nm. Según Trujillo & Lopez (2010), en su investigación denominado “obtención de colorantes naturales a partir de cascara allium cepa (cebolla blanca y morada) y raíz de beta vulgaris (remolacha) para su aplicación en la industria textil.” Con un rendimiento de 95 % al 5 % NaOH como solvente y 90 minutos de extracción, se concluye que el flavonoide no es el responsable de color si no que otro

compuesto presente en la estructura ya que su longitud de onda es de $\lambda = 205,00$ nm no está dentro del rango, máximos característicos de los distintos grupos de flavonoides.

4.2.2. Resultados del diseño experimental.

4.2.2.1. Análisis de varianza para absorbancia.

Tabla 22. Análisis de Varianza para Absorbancia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,0621281	1	0,0621281	5,35	0,0818
B:Tiempo	0,0896761	1	0,0896761	7,72	0,0499
C:Concentración	0,000066125	1	0,000066125	0,01	0,9435
AB	0,0413281	1	0,0413281	3,56	0,1323
AC	0,000300125	1	0,000300125	0,03	0,8801
BC	0,000528125	1	0,000528125	0,05	0,8416
Error total	0,046464	4	0,011616		
Total (corr.)	0,240491	10			

R-cuadrada = 80,6795 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 51,6988 porciento

Error estándar del est. = 0,107778

Error absoluto medio = 0,0441653

Estadístico Durbin-Watson = 1,54452 (P=0,2349)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,209728

El StatAdvisor

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de absorbancia en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 80,6795 % de la variabilidad en Absorbancia. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado

para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 51,6988 %. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,107778. El error medio absoluto (MAE) de 0,0441653 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0 %, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0 %.

4.2.2.2. *Coefficiente de regresión para absorbancia.*

Tabla 23. Coeficiente de regresión para absorbancia

Coefficiente	Estimado
constante	4,0277
A:Temperatura	-0,03805
B:Tiempo	-0,0872958
C:Concentración	0,0240278
AB	0,000958333
AC	-0,000544444
BC	0,000541667

El diseño factorial de Kafarov, técnica de análisis estadístico que nos permitió planificar y estimar adecuadamente los factores investigados para la determinación de la muestra o número de experimentos.

El Statadvisor

Esta ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es

$Absorbancia = 4,0277 - 0,03805 * Temperatura -$
 $0,0872958 * Tiempo + 0,0240278 * Concentración + 0,000958333 * Temperatura * Tiempo -$
 $0,000544444 * Temperatura * Concentración + 0,000541667 * Tiempo * Concentración$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione predicciones de la lista de opciones tabulares. Para graficar la función, seleccione gráficas de respuesta de la lista de opciones gráficas.

Optimizar respuesta

Meta: maximizar Absorbancia

Valor óptimo = 0,950205

Tabla 24. Optimización de respuesta de diseño factorial

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	70,0	85,0	70,0
Tiempo	20,0	40,0	20,0
Concentración	3,0	6,0	3,0

El Statadvisor

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Absorbancia sobre la región indicada. Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

4.2.2.3. **DIAGRAMA DE PARETO.**

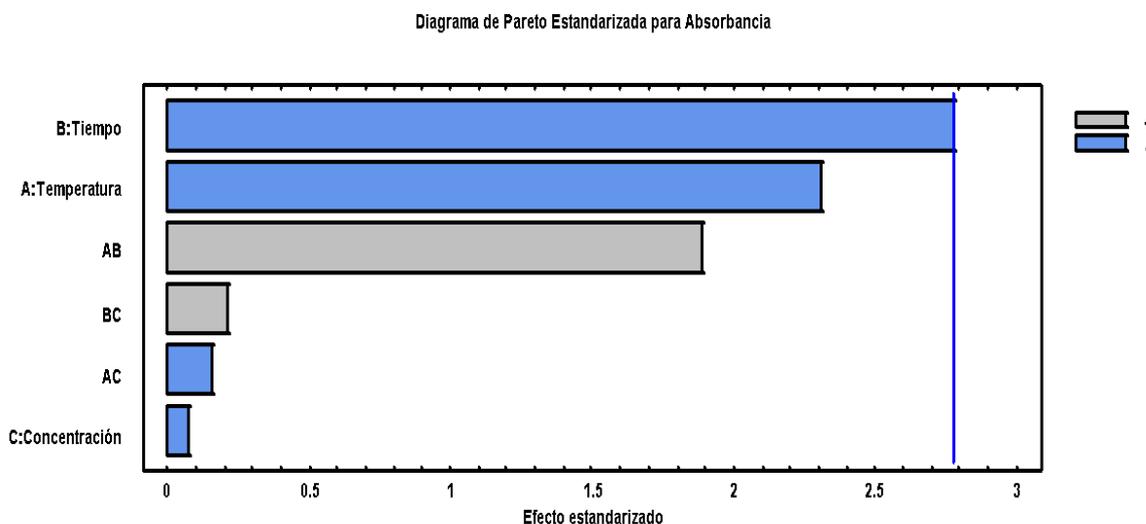


Figura 19. Diagrama de Pareto para absorbancia

Según la figura 19 nos muestra una gráfica para organizar el coeficiente en orden descendente, de arriba hacia abajo separado por barras donde nos muestra los que son de mayor relevancia (pocos vitales de arriba) como el tiempo y temperatura y los de abajo (muchos triviales).

4.2.2.4. **EFFECTO DE VARIABLES.**

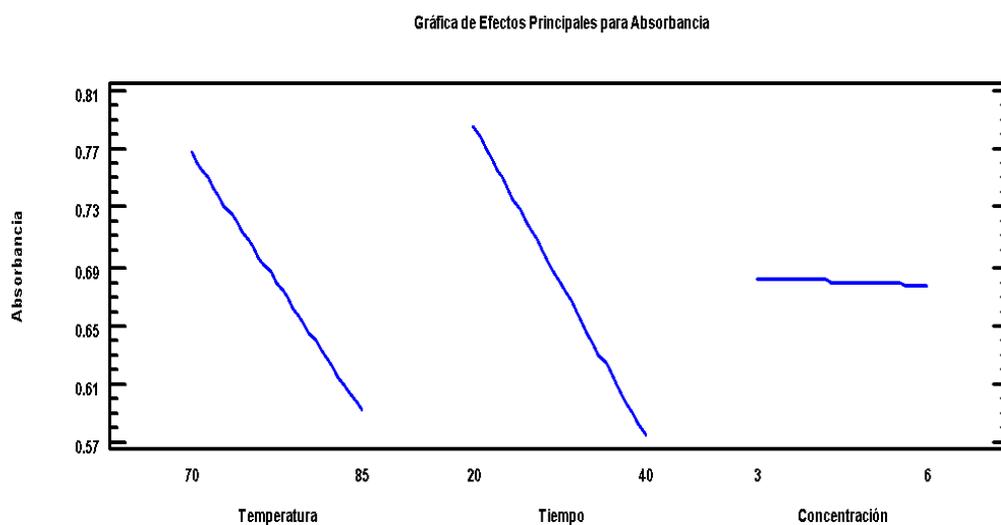


Figura 20. Gráfica de efectos principales para absorbancia.

En la figura 20 podemos ver los efectos principales de las variables temperatura, tiempo y concentración en relación con la absorbancia en un rango de longitud de onda de 900 nm -1 100 nm de la remolacha forrajera.

4.2.2.5. SUPERFICIE DE RESPUESTA.

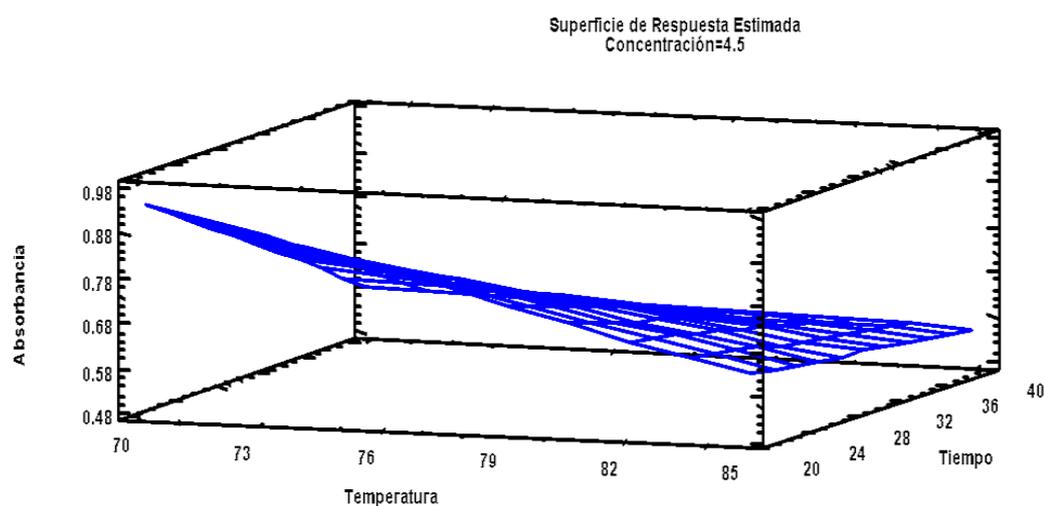


Figura 21. Gráfica de efectos principales para absorbancia.

En la figura 21 es conveniente evaluar la variabilidad de los resultados repitiendo pruebas del punto central concentración 4.5 % que permite determinar el efecto de curvatura. Otra ventaja de trabajar con el punto central es que este no altera la ortogonalidad del diseño seleccionado y que no tienen impacto en las estimaciones usuales de los efectos del diseño 2^3 .

4.2.3. Resultados de la caracterización de flavonoide (antocianina) mediante grupos funcionales en la raíz de la remolacha forrajera.

Tabla 25. Análisis infrarrojo de la muestra de raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*)

Pico representativo de la muestra (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Modo vibracional	Rango de Absorción Teórico (cm ⁻¹)
3 309.16	O-H	Tensión	3 550-3 200
1 637.67	C=C	Tensión	1 662-1 626

FUENTE: LABICER-UNI (2019)

La tabla 25 representa resultados en el espectro infrarrojo del colorante obtenido de la raíz de la remolacha forrajera para observar su estructura por grupos funcionales y ver la semejanza que existe con la estructura del flavonoide (antocianina), estos resultados fueron evaluados por LABICER – UNI; en la longitud de onda 3 309.16(cm⁻¹) evidencia grupos funcionales como el grupo auxócromo (OH) responsable de intensificar el color en los teñidos; en la longitud de onda 1637,67 (cm⁻¹) presenta la existencia de un anillo aromático y el grupo cromóforo C=C quien es el responsable del color.

4.2.4. Resultados de la cantidad de flavonoide (antocianina).

Tabla 26. Flavonoide expresado como antocianinas por el método espectrofotométrico

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
Determinación del contenido de antocianinas (como cyanine-3-glucoside)	mg/L	0,012

FUENTE: Laboratorio de ensayo de control de calidad de la Universidad Católica de Santa María (2019)

En la tabla 26 muestra el resultado de flavonoide que esta expresado como antocianina el cual fue 0,012 mg/L determinado en el Laboratorio de ensayo de control de calidad de la Universidad Católica de Santa María-Arequipa.

4.3. RESULTADOS DE METODOLOGIA DE TEÑIDO

4.3.1. Resultados de pre-tratamiento de la fibra de ovino.

Tabla 27. Valores del pre-tratamiento de la fibra de ovino

Numero	Tiempo(min)	Temperatura(°C)
1	0	15
2	15	20
3	25	50
4	35	50
Primer Lavado		
1	40	45
2	50	45
Segundo Lavado		
1	60	45
2	70	45

En la tabla 27 se muestra el tiempo de lavado, se dio por un espacio de 60 minutos con detergente con el fin de eliminar las grasa, suciedad e impurezas de la fibra posteriormente se enjuago dos veces para su mejor teñido.

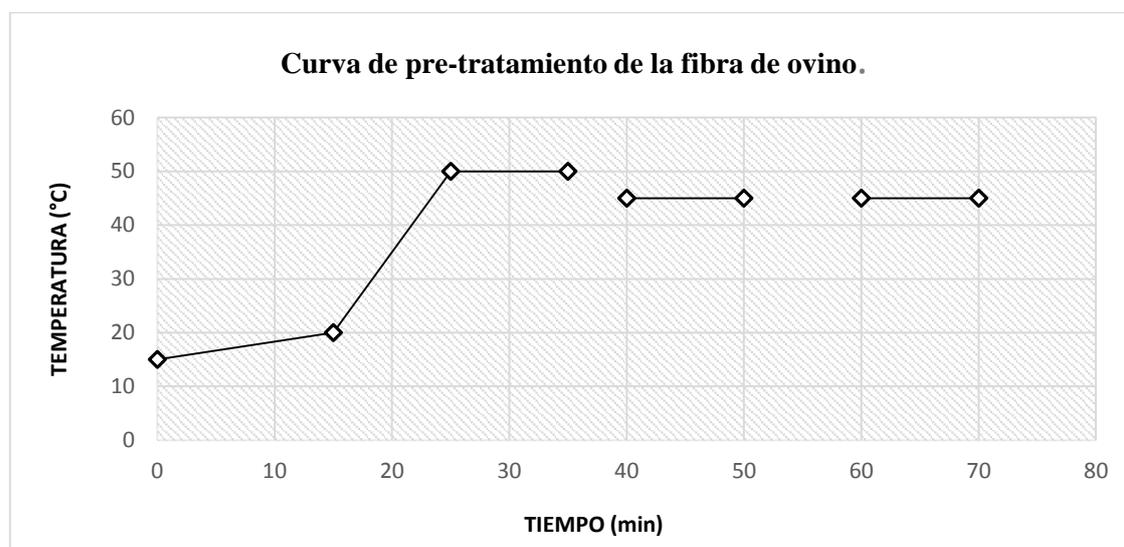


Figura 22. Curva de pre-tratamiento de fibra de ovino

Se observa en la Figura 22, que la temperatura máxima de dosificación será de 50 °C por un tiempo de 50 minutos, también se puede observar que el primer y segundo lavado es a temperatura 45°C por un tiempo de 10min.

4.3.2. Resultados del teñido de fibra de ovino con diferentes mordientes.

4.3.2.1. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente

FeSO₄.7H₂O + limón.

Tabla 28. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente FeSO₄.7H₂O + limón

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	23
25	38
30	55

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

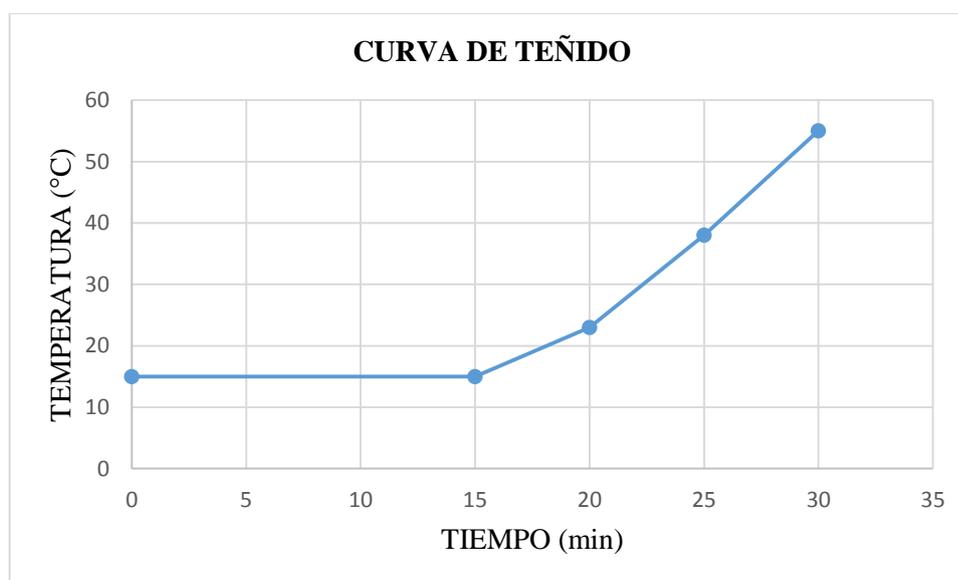


Figura 23. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente FeSO₄.7H₂O + limón

En la figura 23, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 30min que da lugar a un color rojo purpura ver anexo K, a una temperatura de 55 °C, la fijación del color es baja.

4.3.2.2. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente



Tabla 29. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	20
25	25
30	28
35	33
40	38
45	39
50	46

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

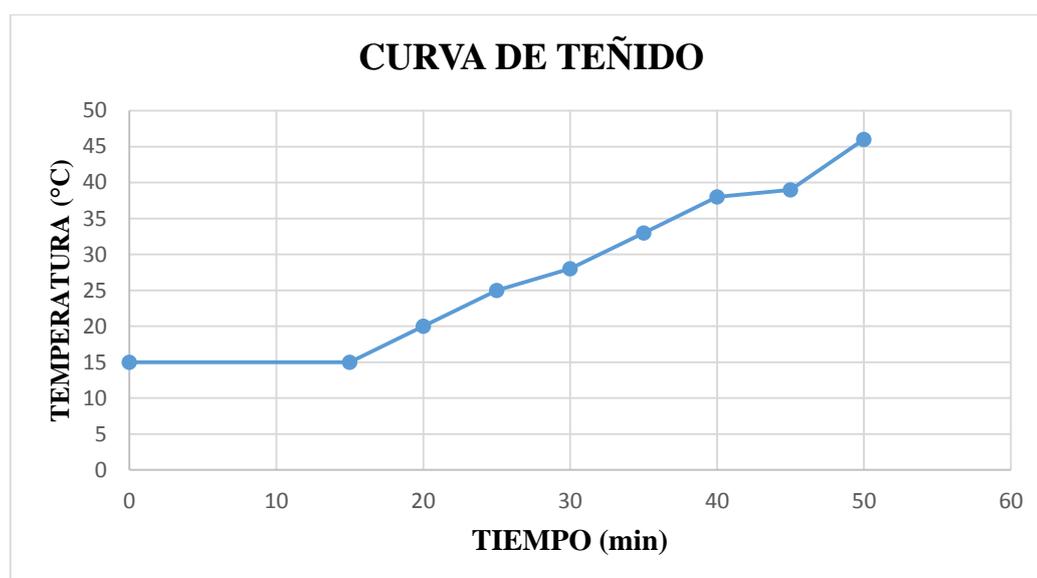


Figura 24. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$.

En la figura 24, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 50min que da lugar a un color tierra marrón ver anexo K, a una temperatura de 46 °C, la fijación del color es alta.

4.3.2.3. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + NaCl + limón.

Tabla 30. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + NaCl + limón

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	30
25	34
30	42
35	47
40	54

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

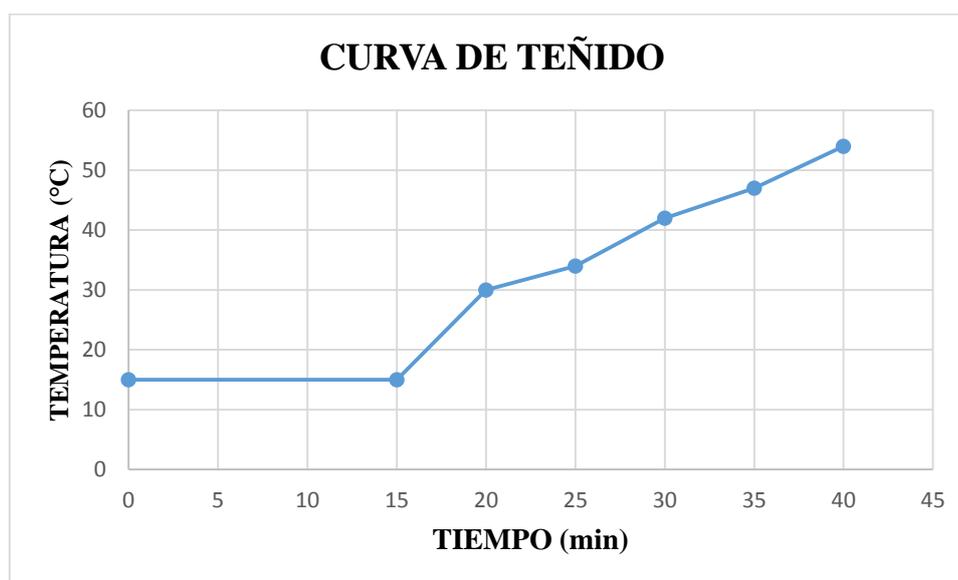


Figura 25. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + NaCl + limón.

En la figura 25, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 40min que da lugar a un color marrón franco ver anexo K, a una temperatura de 54 °C, la fijación del color es adecuada.

4.3.2.4. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente Eucalipto

+ limón + NaCl.

Tabla 31. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	31
25	36
30	40
35	44
40	50

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

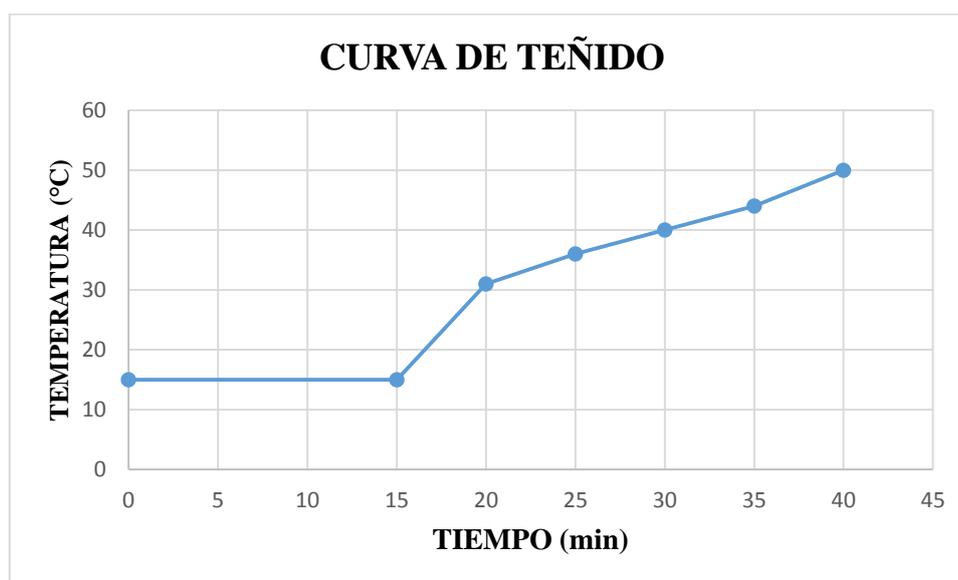


Figura 26. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl.

En la figura 26, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 40 min que da lugar a un color marrón claro ver anexo K, a una temperatura de 50 °C, la fijación del color es adecuada.

4.3.2.5. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ + limón + eucalipto

Tabla 32. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ + limón + eucalipto

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	21
25	28
30	33
35	41

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

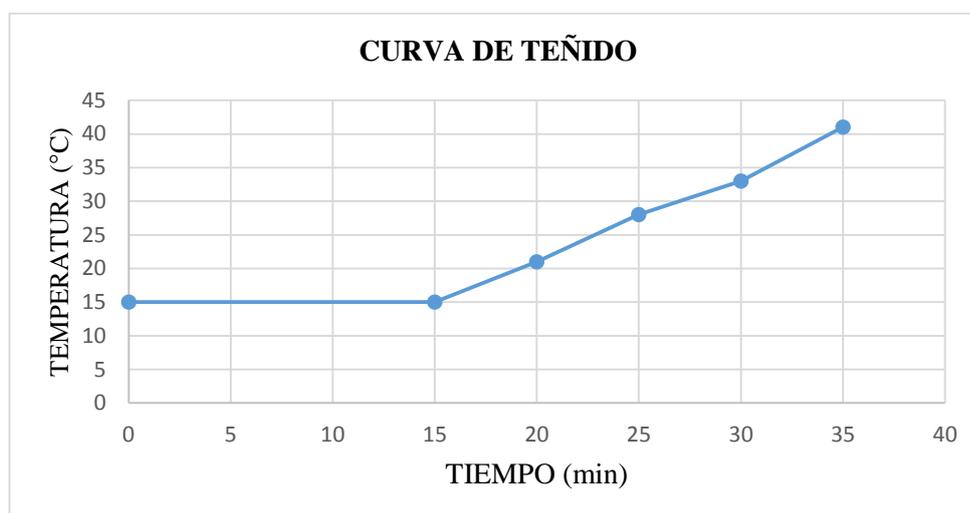


Figura 27. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ + limón + eucalipto

En la figura 27, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 35 min que da lugar a un color marrón franco ver anexo K, a una temperatura de 41 °C, la fijación del color es baja.

4.3.2.6. Teñido de fibra de ovino con el colorante extraído más mordiente Glutamato de cobre + eucalipto.

Tabla 33. Valores del teñido de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	15
15	15
20	22
25	30
30	42
35	45
40	48

De acuerdo a los parámetros obtenidos para el teñido tenemos el siguiente gráfico.

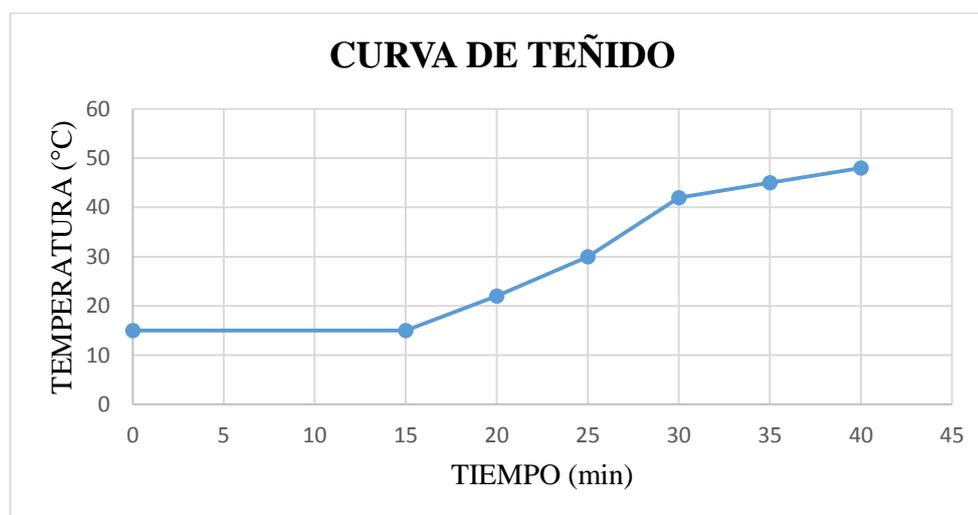


Figura 28. Curva de teñido con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto.

En la figura 28, en la curva se observa el comportamiento de teñido de tiempo equivalente a 40 min que da lugar a un color *marrón franco* ver anexo K, a una temperatura de 48 °C, la fijación del color es baja.

4.3.3. Curva de agotamiento en el teñido de fibra de ovino

4.3.3.1. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + limón.

Tabla 34. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	47
5	43
10	38
15	34
20	31
25	27
30	21
35	18

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

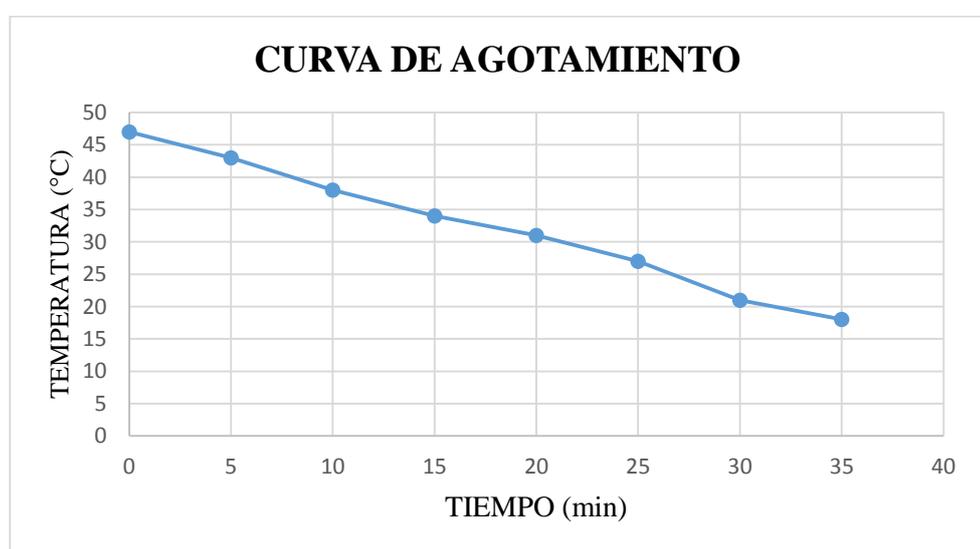


Figura 29. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón.

En la figura 29, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 35 min que desciende de la temperatura 47 °C a 18 °C evaluando cada 5 minutos.

**4.3.3.2. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
+ NaCl .**

Tabla 35. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	46
5	41
10	39
15	36
20	33
25	31
30	29
35	28
40	25
45	24
50	24

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

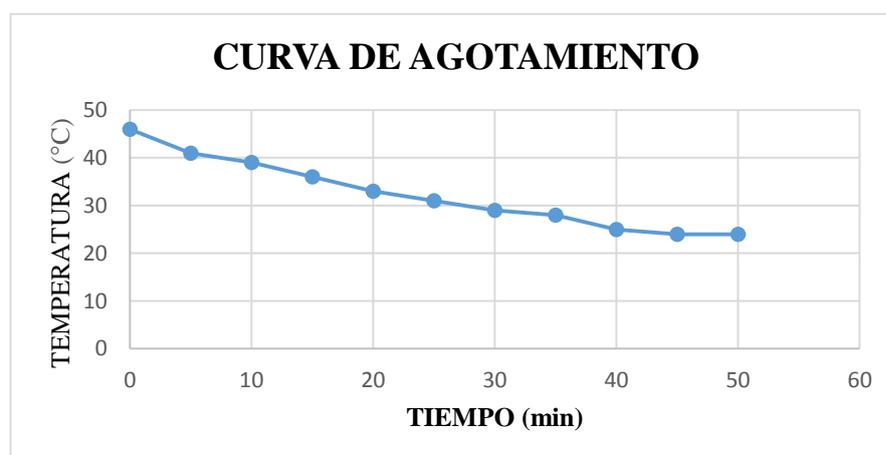


Figura 30. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl .

En la figura 30, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 50 min que desciende de la temperatura 46 °Ca 24 °C evaluando cada 5 minutos hasta quedar constante la temperatura de agotamiento.

**4.3.3.3. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$
+ $NaCl$ + limón.**

Tabla 36. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + $NaCl$ + limón

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	40
5	36
10	34
15	31
20	29
25	28
30	26
35	23

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

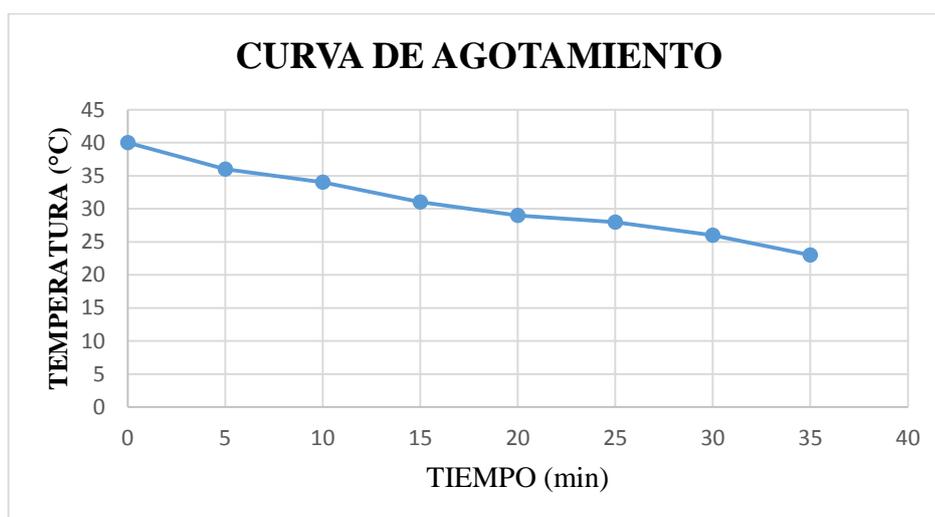


Figura 31. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + $NaCl$ + limón.

En la figura 31, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 35 min que desciende de la temperatura 40 °C a 23 °C evaluando cada 5 minutos hasta quedar constante la temperatura de agotamiento.

4.3.3.4. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente Eucalipto + limón + NaCl.

Tabla 37. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	50
5	47
10	44
15	39
20	34
25	31
30	28
35	27

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

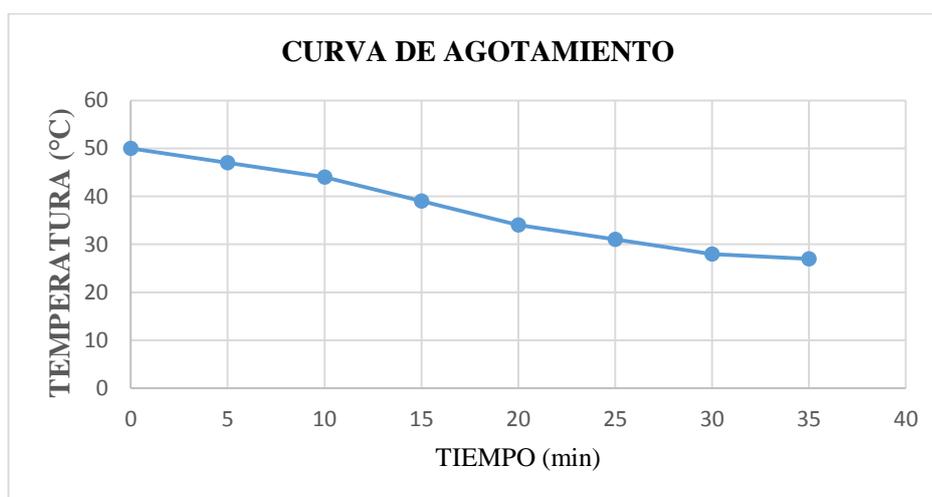


Figura 32. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl.

En la figura 32, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 35 min que desciende de la temperatura 50 °C a 27 °C evaluando cada 5 minutos hasta quedar constante la temperatura de agotamiento.

**4.3.3.5. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
+ limón + eucalipto.**

Tabla 38. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	41
5	39
10	32
15	28
20	27
25	27
30	25

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

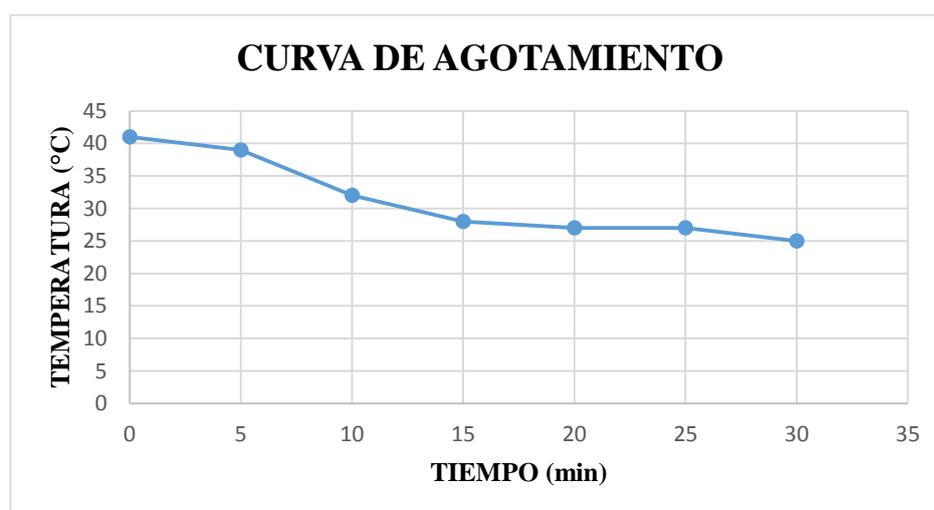


Figura 33. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente eucalipto + limón + NaCl.

En la figura 33, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 30 min que desciende de la temperatura 41 °C a 25 °C evaluando cada 5 minutos hasta quedar constante la temperatura de agotamiento.

4.3.3.6. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto.

Tabla 39. Valores de agotamiento de acuerdo a los parámetros obtenidos con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	48
5	44
10	39
15	38
20	35
25	33
30	33
35	31

De acuerdo a los parámetros obtenidos tenemos el siguiente gráfico.

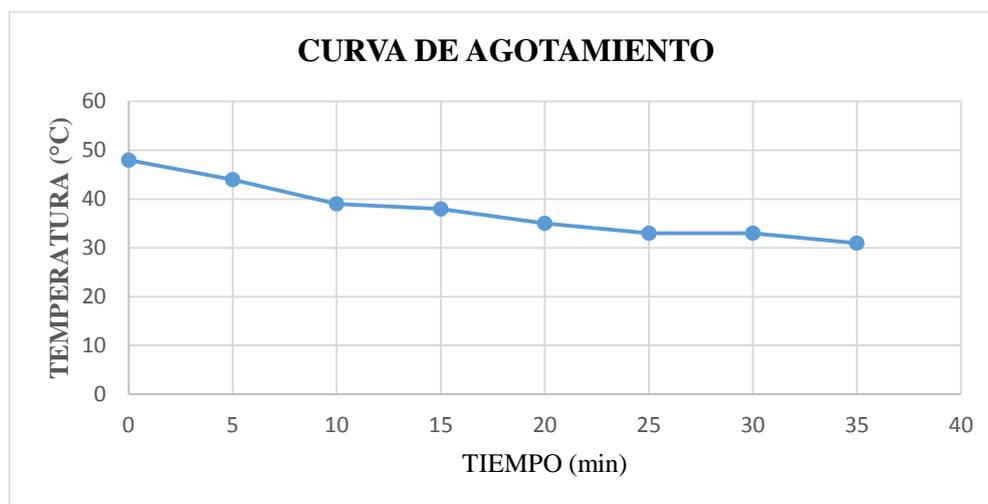


Figura 34. Curva de agotamiento con el colorante extraído más mordiente glutamato de cobre + eucalipto

En la figura 34, en la curva se observa el agotamiento después del teñido de tiempo equivalente a 35 min que desciende de la temperatura 48 °C a 31 °C evaluando cada 5 minutos hasta quedar constante la temperatura de agotamiento.

4.3.4. Pruebas de resistencia solar durante 8 días.

Tabla 40. Pruebas de resistencia solar

MORDIENTES	pH	Color	Resistencia solar
		Colores de muestra – ORACAL® 751C (ANEXO K)	
FeSO ₄ .7H ₂ O + limón	12,03	#083 Nut brown (nuez marron)	Si resiste
CuSO ₄ .5H ₂ O + NaCl	13,09	#340 Chest nut (castaña)	Si resiste
FeSO ₄ .7H ₂ O + NaCl + limón	13,03	#828 Earth Brown (tierra marrón)	Si resiste
Eucalipto + limón + NaCl	13,04	#083 Nut brown (nuez marrón)	Si resiste
CuSO ₄ .5H ₂ O + limón + eucalipto	12,86	#079Red Brown (rojo marrón)	Si resiste
Glutamato de cobre + eucalipto	13,14	#801LoamBrown (franco marrón)	Si resiste

MORDIENTE



DIA 0



DIA 8





$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{limón}$

$\text{Eucalipto} + \text{limón} + \text{NaCl}$

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto



Glutamato de cobre + eucalipto

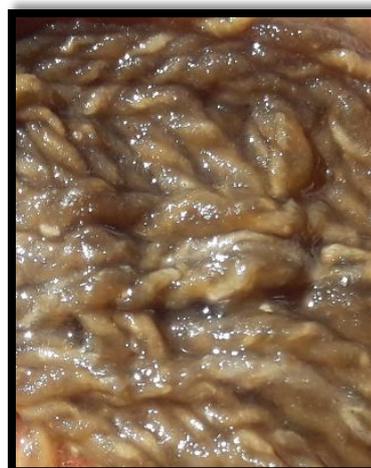


Figura 35. Monitoreo de Teñido Mordientes / Fibra de ovino

En la figura 35, presenta los resultados de resistencia solar, las muestras fueron expuestas durante 8 días bajo el sol como se muestra en el anexo J, en pH que se realizaron básico resiste al sol ya que presenta una decoloración mínima.

V. CONCLUSIONES

La extracción de colorante en el equipo de extracción directa a reflujo fue efectiva ya que se puede extraer antocianinas presentes en la raíz de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*) como flavonoide para el uso en el teñido. Los parámetros que se ha obtenido es la concentración del solvente, tiempo y temperatura donde el solvente que se ha utilizado hidróxido de sodio al 3; 4.5 y 6% siendo el más eficaz el 3%.

La temperatura optima fue de 70°C y el tiempo óptimo de 20 minutos en el proceso de extracción de colorante natural de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*). La cantidad obtenida de flavonoides totales expresado como antocianina fue determinada mediante el método de espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E) absorbancia obtenida 0,975 dentro del rango de 900 nm – 1 100 nm.

La fijación del color en las pruebas de teñido la temperatura es importante para una perfecta penetración de la antocianina (flavonoide) en la fibra de ovino y a diferentes concentraciones y tiempos muestra resultados de distintos colores que es resistente a la luz solar, lo cual indica que el flavonoide si se fija en las fibras de ovino por los grupos cromóforos y auxócromos presente en su estructura. El colorante natural de la remolacha forrajera obtenido, se aplicó en el teñido de la fibra de ovino donde se observó que hay un cambio de coloración aplicados en diferentes tipos de mordientes, hasta el día 8 se mantiene constante en los días evaluados. Realizando la extracción del colorante y la caracterización de la remolacha forrajera de acuerdo al análisis obtenido, por lo que posee un color rojo oscuro evaluados el Muestrario de colores - Oracal © 751C High Performance Cast, se ha realizado por análisis de espectro infrarrojo identificando grupos funcionales en la (OH) y en él (C=C) en espectros de vibración de átomos de hidrogeno, carbono y en enlaces de grupos.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ En la extracción de colorante a partir de las flores de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var crassa*), se sugiere realizar el secado a temperaturas menores ya que a altas temperaturas puede alterar su composición o propiedades de las raíces.
- ✓ Se recomienda que debemos buscar otras alternativas de plantas naturales para la obtención de colorantes que es una fuerte alternativa en la Industria textil, cosmética, alimenticia y farmacéutica, y así comercialicen para lograr disminuir el uso de colorantes sintéticos.
- ✓ Se sugiere pulverizar o moler las raíces antes de la extracción para obtener un buen rendimiento al momento de la extracción del colorante en el equipo de reflujo directo
- ✓ Se recomienda realizar pruebas para la obtención del colorante en polvo por secado por atomización.
- ✓ Informar a las personas valiéndose de trípticos, publicaciones, etc., para desaparecer principalmente el desconocimiento sobre los graves problemas que puede causar los colorantes artificiales en la salud humana y el medio ambiente.
- ✓ Con respecto a lo presentado, se sugiere que conforme se vayan descubriendo nuevos tintes, estos sean analizados para saber las ventajas y desventajas que nos puedan ofrecer, de esta manera se sabrá que tintes son los adecuados para usar sin temor a dañar nuestra salud y medio ambiente.
- ✓ Según las soluciones presentadas, se recomienda seguir investigando desarrollando nuevos sistemas que hagan uso de compuestos naturales, para poder eliminar la toxicidad de las aguas residuales producto de los teñidos, lavados y demás, de la industria textil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril Diaz, N. F. (2017). Obtenido de Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Universidad de Córdoba.
- Aguilera, M; Reza, M; Chew, R; Meza, J. (2011). *Propiedades funcionales de las antocianinas*. Rev. Ciencias Biológicas y de la Salud 8(2):16-22.
- Alcazar del Castillo, J. (2002). "Diccionario Técnico de Industrias Alimentárias". Cusco, Perú.
- Ancco, T., & Zamata, N. (2004). "Separatas del curso de Tecnología Agroindustrial". Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Arrazola, G; Herazo; I; Alvis, A. 2014. *Obtención y Evaluación de la Estabilidad de Antocianinas de Berenjena (Solanum melongena L.) en Bebidas*. Información Tecnológica 25 (3):43- 52.
- Azcarate M.P. & Kloster (2009). Guía para la verificación de espectrofotómetro UV-VISIBLE en el análisis de agua y suelo.
- Backhaus, Kliegl & Werner. "Color vision, perspectives from different disciplines". (De Gruyter, 1998), pp. 115-116, section 5.5
- Brennan, J. G. (2008). Manual del procesamiento de los alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Bruice, P. Y. (2008). Química orgánica (5a ed.). Naucalpan de Juárez: Pearson Education.
- BADUI, D. (1999) "Química de los Alimentos" Editorial Alambra – México S.A. 23 p.
- Cano, M. T. (2007). Evaluación de la Capacidad de Tinción de los Tintes Obtenidos de dos Especies Forestales Guatemaltecas en el Proceso de Teñido de Fibras de Lana y Maguey. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala

- Carey, F. A. (2006). *Química Orgánica* (6a ed.). México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). *Flavonoides: Características químicas y aplicaciones*. *Cultivos Tropicales*, 5-14.
- Carvalho, M. (2000). *Colorante naturales derivados de la cochinilla (Dactilopius coccus Costa) y su comercio mundial* Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de ciencias Agrarias y Forestales.
- Castañeda, A.; Guerrero, J.A. 2015. *Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: Antocianinas*. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 9:25-33.
- Castillo Membreño, R. G. (2006). *Ensayo preliminar para la obtención de colorantes naturales a partir de especies vegetales comestibles*. Universidad del Salvador.
- Choqueza, A. (2001). *Investigación Experimental de la Obención del Pigmento Clorofila a partir de la Ortiga (Urtica urens)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Coultate, T. (1998). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos" (Segunda Edición ed.)*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Cubero, N., & Monferrer, A. (2002). *"Aditivos Alimentarios Tecnología de los Alimentos"*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Delgado, A. y Santander, E. (2017). *Remoción de coloración de tintes de teñido en aguas residuales de la industria textil, utilizando procesos de oxidación avanzada (POA)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Diaz, M. y Elias, G. (2009). *Propuesta para la obtencion de un colorante natural a partir de la pulpa seca del coffea arabica (cafe)*. Centro América: Universidad de El Salvador.

- Dos Santos, M., & Maier, M. (2008). *La química y color en los textiles*. Buenos Aires.
- Du, C., & Sun, D. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 230–249.
- Du, C., & Sun, D. (2006). Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review. *Journal of Food Engineering*, 72: 39–55.
- Durst, R. & Wrolstad, R. *Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC*. In: *Handbook of Food Analytical Chemistry*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2001. p. 33-45.
- FAO (2006): *Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. Código FAO: 17 AGRIS: J11. Colección FAO: Capacitación, N° 17/2. ISBN 92-5 302766-5. Roma.
- Fennema, O. (1993). *"Química de los Alimentos"*. Zaragoza - España: Editorial Acribia.
- Fennema, O. 1996. *Food Chemistry*. 3 ed. New York, USA, Marcel Dekker. 1071p.
- Fido, P. (2016). *Propiedades pigmentarias de la totora, para la producción de obras de arte bidimensional en la ciudad de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- García, M. J. (1994). *Efecto de estabilizantes sobre el desuerado de yogurt batido*. Chapingo, México: Tesis UACH.
- Gibaja, S. (1998). *"Pigmentos Naturales Quinónicos"*. Lima, Perú: Centro de Producción Editorial UNMSM.
- Hatta, B., & Ramos, C. (2000). *"Guía de Prácticas de Tecnología de Alimentos"*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Horsfall, R. S., & Lawrie, L. G. (1976). *Tintura de las Fibras Textiles*. España: Imprenta Claraso, Barcelona.
- Juscafresa, B. (1983). *Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo*. Segunda edición. Editorial AEDOS Barcelona. México, S.A.p.115-118.209pp.
- Landi M, Tattini M, Gould K. Multiple functional roles of anthocyanins in plantenvironment interactions. *Environmental and Experimental Botany* 2015; 119: 4- 17
- Laura, G. (2018). *Extracción y caracterización de flavonoides a partir de las flores de misiq'ó (bidens andicola)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Limachi Mozo, S. L. (2009). Obtención de colorante Natural a partir de amor seco (Bidens Pilosa L.) para su aplicación en la industria textil. Puno.
- Lock, O. (1997) *Colorantes Naturles*. Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.
- López Guerra (2014); "Extracción y actividad antioxidante del colorante natural de la pulpa del fruto de Opuntia ficus-indica "tuna morada" y su aplicación en crema chantilly." Universidad Nacional de San Marcos.
- Lugo C. (1998). "Aprovechamiento Integral de Pitaya (Stenocereus queretaroensis) para la Producción de Colorantes Naturales Rojos Sustituyentes de los Sintéticos". Universidad Autónoma de México.
- Málaga Tejada, J. L., & Gomes Paredes, L. R. (2011). *Evaluación del equipo extractorteñidor tipo autoclave presurizada, con colorantes naturales en el teñido defibra de alpaca*. Puno.

- Marfart, P., & Béliard, E. (1994). *"Ingeniería Industrial Alimentaria. Técnicas de Separación"* (Vol. Volumen II). Zaragoza - España: Editorial Acribia S. A.
- Marín, S. E., & Mejía, M. C. (2012). Extracción de Colorante a partir de la Flor de Jamaica. Managua, Nicaragua.
- Martinez,L.(2009).”Teñido con colorantes naturales, sobre lana” Buenos Aires- Argentina.Programa de Diseño Material Publicado en Blog objeto Fieltro.
- Martinez, S., Gonzalez, J., Culebras, J., & Tuñon, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. España.
- Martins, N; Lobo Roriz, C; Morales, P; Barros, L; C.F.R. Ferrerira, I. 2016. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro- industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. Trends in Food Science & Technology 52:1-15.
- McMurry, J. (2008). Química Orgánica (7a ed.). México,D.F. : Cengage Learning.
- McRae Bobbi A.(1993). Colors From Nature: Growing, Collecting, And Using Natural Dyes
- Medrano, C. (2010). Plan estratégico para Hatun Wasi S.R.L., Universidad del Pacífico, Lima Perú.
- Miranda,L. (1998). The nature and structure of the emission line nebula K 3-35: a very young planetary nebula with precessing bipolar jet-like outflows. Universidad Auto´noma de Madrid, Cantoblanco.
- Moldovan,S.(2016). Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas. Universidad Politecnica de Valencia.
- Montgomery, D.C. y Runger,G.C.(1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Mexico:Mc Graw-Hill

- Multon, L. (2000). "Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias". Zaragoza - España: Editorial Acribia S.A.
- Nayhua, C. (2017). *obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (opuntia ficus-indica) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de San Cristóbal-Moquegua*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Nieves,A. (2003). Espectrofometría: *Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Universidad de Rabanales. Córdoba.
- Nina, A. (2018). *Obtención y caracterización del colorante natural a partir de inflorescencia de colli (buddleja coriacea) para su aplicación en teñido de fibra de alpaca*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Ojeda Brito, G. (2012). *teñido de fibra de abaca (textil musa) utilizando colorante extraído de la cochinilla (Dactylopius Coccus)*. Ecuador: Universidad de Loja.
- Olga Lock Sing de Ugaz, *Colorantes Naturales, Perú* (1997). Dimas Melgar Oncebay, *Teñido de Lana de Oveja y fibra de alpaca con colorantes naturales*, MINCETUR, Perú 2004. *Tintes Naturales – Guía de Proyectos*, Proyecto FIT – PERU, (MINCETUR – AECI), Perú. 2006.
- Olga Lock Sing de Ugaz. (1997). *Colorantes Naturales, Perú*.
- Osorio, N. (2011). *Extracción de un Colorante Natural a partir de los Desechos de la Corteza de Myroxylon Balsamum (Balsamo de el Salvador)*. San Salvador.
- Otto,J. y Garces,M.(2000).*Obtencion de ácido cítrico a partir del concentrado de remolacha (beta vulgaris)utilizando Aspergillus Niger (proceso superficial)*.

Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 3-5;8-12pp.

Parra Ortega, (2004) estudio comparativo del uso de colorantes naturales y sintéticos, desde el punto de vista funcional y toxicológico.

Parra, R. (2013). *Extracción de colorante betanina de la betarraga*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

Pearson, D. (1993). "Técnicas de Laboratorio para Análisis de Alimentos". Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.

Pérez, O. A. (2003). "Cinética y extracción de colorantes Naturales para Industria textil". México: Universidad de las Américas Puebla - México.

Perinat, M. (1997). *Tecnología de la Confección Textil*. España: EDYM.

Pérez, C. (2010). Computo evolutivo como enfoque en la descripción del contenido de la imagen aplicado a la segmentación y el reconocimiento de objetos. México: Tesis Doctoral. Ciencia de la computación, CICESE.

Poo, S. (2005). *Concentración de Antocianinas en Jugo de Cranberries (Vaccinium macrocarpon Ait.) mediante Nanofiltración*. Tesis Lic. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 62p.

Prakash Maran (2012); Response surface modeling and optimization of process parameters for aqueous extraction of pigments from prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit.

Rizoma de *Smilax domingensis* (Zarzaparrilla), Cálices de *Hibiscus sabdariffa* (Rosa de Jamaica) y Corteza de *Rhizophora mangle* (M. Guatemala).

- Robinson, D. (1991). "Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos". Azaragoza - España: Editorial Acribia S.A.
- Robles Sánchez, R. (2008). Producción de Granos y Forrajes 4 ta Ed. Editorial Limusa, impreso en México s.a de c.v, p.159.
- Rodríguez-Neri S. y Quintero Martínez C.LVVV Congreso de la SMSR San Luis Potosí, SLP, México, del 11 al 13 de noviembre de 2009.
- Rojas Lobato, A., Maldonado E., F., & Perez, O. A. (2008). Cinética y extracción de colorantes naturales. Mexico.
- Roquero, A. (1995). Colores y Colorantes de America. Anales del Museo de América, 145-160. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1012299.pdf>
- Sanchez (2006). Caracterización de los principales pigmentos del Opuntia juconoste.
- Shirata Yoshiko, Colorantes Naturales. Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (INAH), Mexico 1996.
- Solano, M. (1998). Curso de Botánica Sistemática. Universidad Nacional del Altiplano Puno, p. 122
- Solis, A., Cutipa, L., Solis, L., & Delle, F. (1991). Contribución al Estudio Fitoquímico de la Bidens Andicola. Revista de la Química, 121-123.
- Stintzing, F. & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends Food Science Technology 15, 19-38.
- Stintzing, F.C., Schieber, A. y Carle, R. (2002). Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography– electrospray ionization mass spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 2302– 2307.

- Tacuri Robles, R. (2008). Control de calidad del teñido de fibra de alpaca con el colorante natural presente en la queñua (*polylepisincana* H. B. K.), en comparación con el colorante químico Lanaset Brow B. Puno
- Tinajero, M. D. (2015). Estudio Fitoquímico y Evaluación de la Actividad Fotoprotectora in-vitro del Componente Flavónico presente en *Bidens Andicola*. Riobamba.
- Toc Noriega, R. D., & Oliva Palencia, E. G. (2013). Extracción y Cuantificación de Colorantes Naturales con Aplicación Agroindustrial y Evaluación de su Actividad Antioxidante en
- Tracnova. (2005). *Análisis y procesamiento de imágenes*. National Instruments. Argentina.
- Trujillo, S. y Lopez, W. (2010). *Obtención de colorantes naturales a partir de cascara allium cepa (cebolla blanca y morada) y raíz de beta vulgaris (remolacha) para su aplicación en la industria textil*. El Salvador: Universidad de el Salvador.
- Tsuda, S., Murakami, M., Kano, K., Taniguchi, K. y Sasaki, Y.F. (2001). *DNA damage induced by red food dyes orally administered to pregnant and male mice*. *Toxicological Sciences* 61, 92-99.
- Vázquez, B. (2014). *Extracción y uso potencial de las antocianinas del bagazo de café (Coffea arabica sp.) como colorantes en bebidas*. Tesis Ing. Mecánico Agrícola, Buenavista, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 43p.
- Wiersema, J. H. (2011). Germplasm Resources Information Network (grin)-Taxonomy [en línea]: Economic plants. USDA-Agricultural Research Service, EUA, Disponible en URL: <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax>. (consultado el 26 de diciembre del 2011 12:20).

Yanchapanta, D. (2011). *Obtención de un colorante natural la betalaina a partir de la remolacha (beta vulgaris) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Zapata, L. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria*. Tesis Ph.D. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. 204p.

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO AL 3 %.

ANEXO B: PREPARACIÓN DE SOLVENTE A DIFERENTES

CONCENTRACIONES DE NaOH.

ANEXO C: EL PORCENTAJE DE PIGMENTO RETENIDO (%P.R.)

ANEXO D: FORMA DE CRISTAL EN EL MICROSCOPIO

ANEXO E: CALIBRACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO 20802 UV/VIS

ANEXO F: MÁXIMOS DE ABSORBANCIA DEL COLORANTE POR

ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA VISIBLE DEL

ESPECTROFOTÓMETRO UV/VIS (UNICO / SQ2802E)

ANEXO G: PREPARACIÓN DE AGENTES MORDIENTES

ANEXO H: IMÁGENES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COLORANTE

NATURAL (Antocianinas).

ANEXO I: PREPARACIÓN DEL SOLVENTE A DIFERENTES

CONCENTRACIONES.

ANEXO J: MÉTODO DE EXTRACCIÓN EQUIPO DE REFLUJO

ANEXO K: COLORES DE MUESTRA – ORACAL® 751C

ANEXO L: CERTIFICADO DE ANÁLISIS

ANEXO A

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO AL 3 %

Para la desinfección se preparó 5 litros de solución desinfectante al 3 %. Se compró hipoclorito de sodio de una marca comercial de concentración 8 % Por la ecuación de dilución se realiza el siguiente cálculo:

$$Cd*Vd=Cc*V$$

Donde:

Cd: Concentración deseada (3 %)

Vd: Volumen de la solución a preparar 5 litros = 5000 mL

Cc: Concentración conocida de hipoclorito de sodio comercial o uso doméstico 8%.

V= Volumen en mililitros de la solución conocida al 8% (hipoclorito de sodio).

$$V = \frac{3\% * 5000 \text{ mL}}{8\%} = 1875 \text{ mL de hipoclorito de sodio}$$

Para la preparación de 5 litros de solución desinfectante al 3 %, será necesario 1875 mL de hipoclorito de sodio lo resto se completa con agua.

ANEXO B**PREPARACIÓN SOLVENTE A DIFERENTE CONCENTRACIONES DE NaOH.**

El solvente de extracción empleado es el hidróxido de sodio de una concentración de 3; 4.5 y 6 %. Para la preparación de las soluciones empleamos la ecuación de disolución:

$$Cd*Vd=Cc*V$$

Donde:

Cd: Concentración deseada

Vd: Volumen de la solución a preparar

Cc: Concentración conocida

V: Volumen en mililitros de la solución conocida

ANEXO C

EL PORCENTAJE DE PIGMENTO RETENIDO (% P.R.)

$$\% P.R. = \frac{C.P.TO - C.P.Tf}{C.P.TO} \times 100$$

Dónde:

% P.R. = porcentaje de pigmento retenido.

C.P.To = concentración del pigmento antes de pasar por el filtro (mg / g).

C.P.Tf = concentración del pigmento después de pasar por el filtro (mg / g cascara).

COLORANTE OBTENIDO (mL): Se obtiene midiendo el volumen en una probeta graduada de 500 mL.

TABLA C.1. PORCENTAJE DE PIGMENTO RETENIDO (% P.R.)

N°de ENSAYOS	% NaOH	T (°C)	Tiempo (min)	C.P.To (g)	C.P.Tf (g)	% P.R	COLORANTE OBTENIDO (mL)
1	3	70	20	27,7710	7,4693	73	79
2	3	85	20	33,2440	9,8650	70	70
3	3	70	40	41,5820	8,2680	80	68
4	3	85	40	20,2917	5,6559	72	85
5	6	70	20	33,5898	10,6034	68	69
6	6	85	20	30,0440	11,6595	61	71
7	6	70	40	36,3792	8,7438	76	68
8	6	85	40	30,6001	11,8165	61	76
9	4,5	78,5	30	43,8540	6,8103	84	60
10	4,5	78,5	30	39,2422	7,3312	81	64
11	4,5	78,5	30	34,6983	7,6188	78	61

ANEXO D

ESTRUCTURA CRISTALINA DEL FLAVONOIDE EN EL MICROSCOPIO



Figura D.1. Microscopio



Figura D.2. Estructura cristalina

ANEXO E

**CALIBRACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO 20802 UV/VIS CON
SOLUCIÓN PERMANGANATO DE POTASIO (KMnO₄)****MÉTODO DE CALIBRACIÓN POR EXACTITUD FOTOMÉTRICA**

La exactitud fotométrica es determinada comparando la diferencia entre la absorbancia medida del material estándar de referencia y el valor estándar establecido.

Soluciones estándar de calibración✓ **Solución de permanganato de potasio:**

Pesar 0,0008 g de permanganato disolver con 1,5 mL de ácido sulfúrico y aforar con agua destilada hasta 100 mL. La solución estándar preparada tiene exactitud fotométrica 1,348 Abs. y una longitud de onda 525,2 nm.

✓ **Solución de dicromato de potasio:**

Secar aproximadamente 1 g de dicromato al 99,95 %, en una estufa a 105 °C por 2 horas y enfriar en desecador. Pesar 0,10 g y disolver en un vaso de precipitados con el ácido sulfúrico 0.0005 mol/L. trasvasar cuidadosamente a un matraz de un litro, enrasar a 100 mL con ácido sulfúrico. La exactitud fotométrica de la solución es 0,18 Abs. y una longitud de onda 435,2 nm. Realizar las lecturas y la comprobación de los valores de la solución estándar. Criterio de aceptación: Exactitud típica de ± 0.01 o rango de valores de absorbancia específicas.



Figura E.1. Espectrofotómetro

Al realizar la comprobación de la solución estándar en el ESPECTOFOMETRO 20802 UV/VIS se observa en la imagen que la exactitud fotométrica tiene como valor 1,348 Abs y 524,0 nm estos valores están dentro del rango de aceptación.

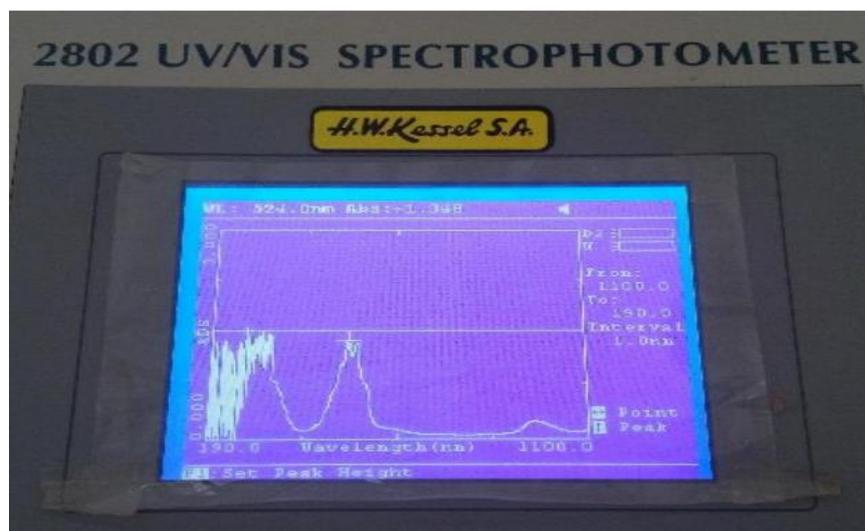


Figura E.1. EXACTITUD FOTOMÉTRICA

ANEXO F

MÁXIMOS DE ABSORBANCIA RELACIONADO CON CONCENTRACION
DE EXTRACION DEL COLORANTE NATURAL POR ESPECTROSCOPIA
ULTRAVIOLETA VISIBLE DEL ESPECTOFOTOMETRO UV/VIS (UNICO /
SQ2802E)

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
70	20	3	0,975	ANEXO F1

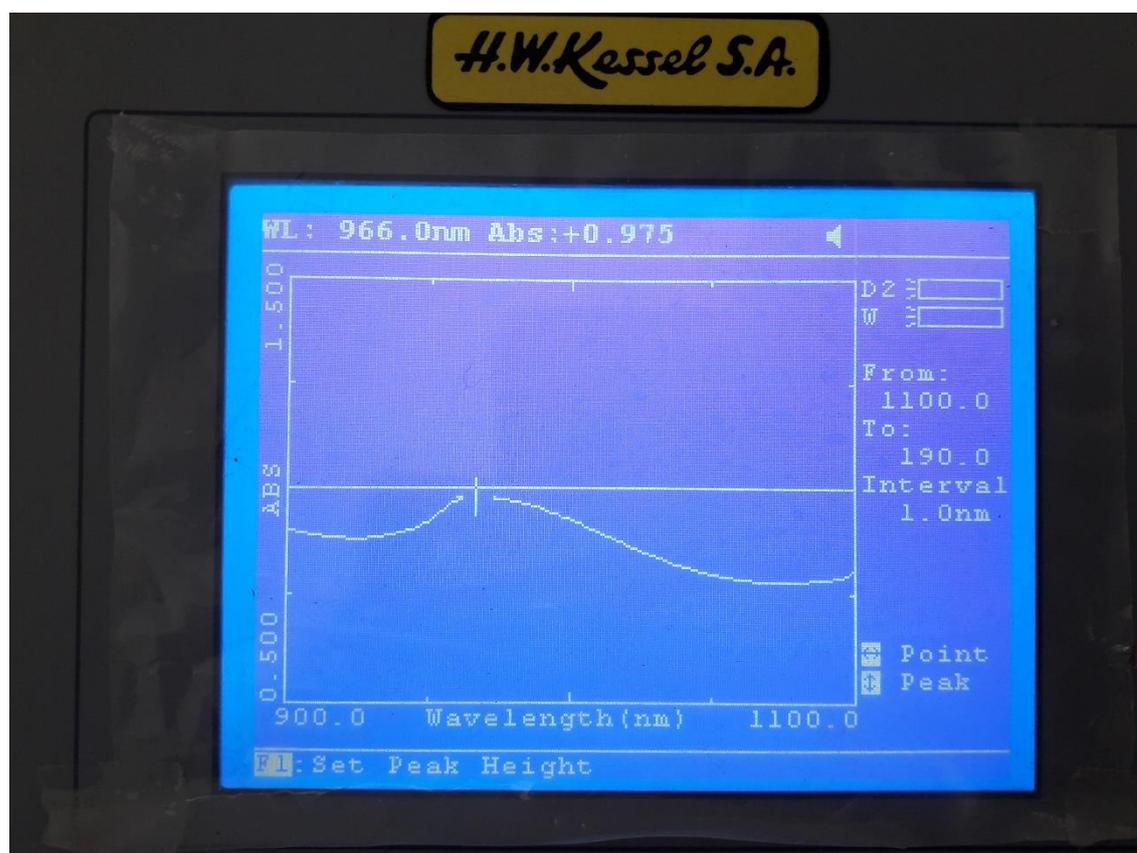


Figura F.1. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,975

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
85	20	3	0,675	ANEXO F2

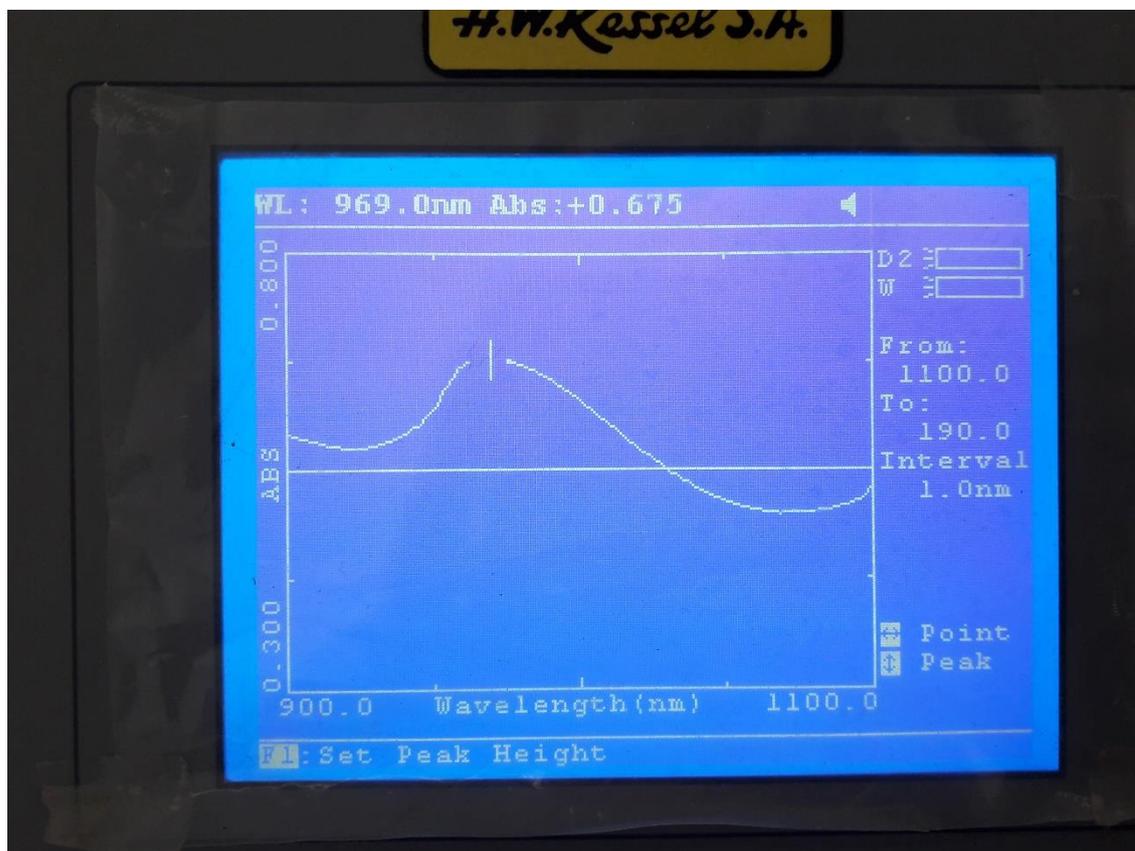


Figura F.2. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,675

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
70	40	3	0,611	ANEXO F3

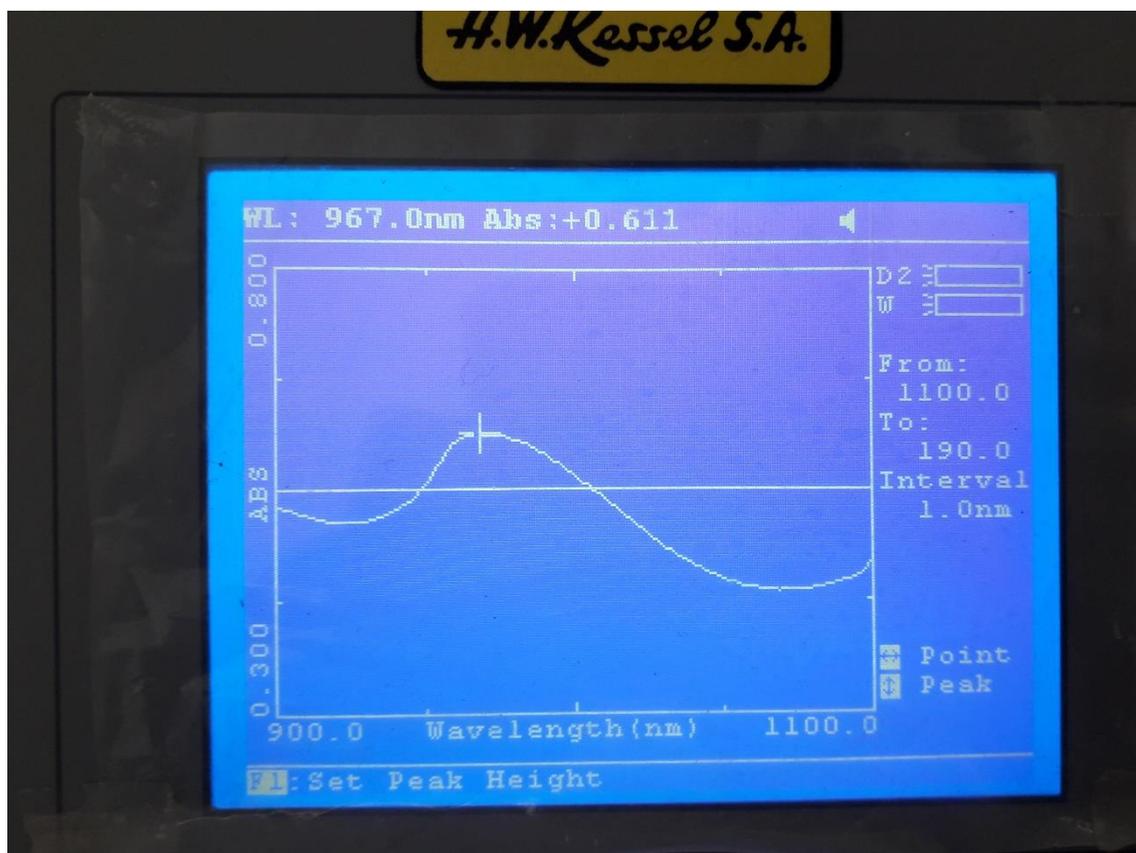


Figura F.3. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,611

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
85	40	3	0,583	ANEXO F4

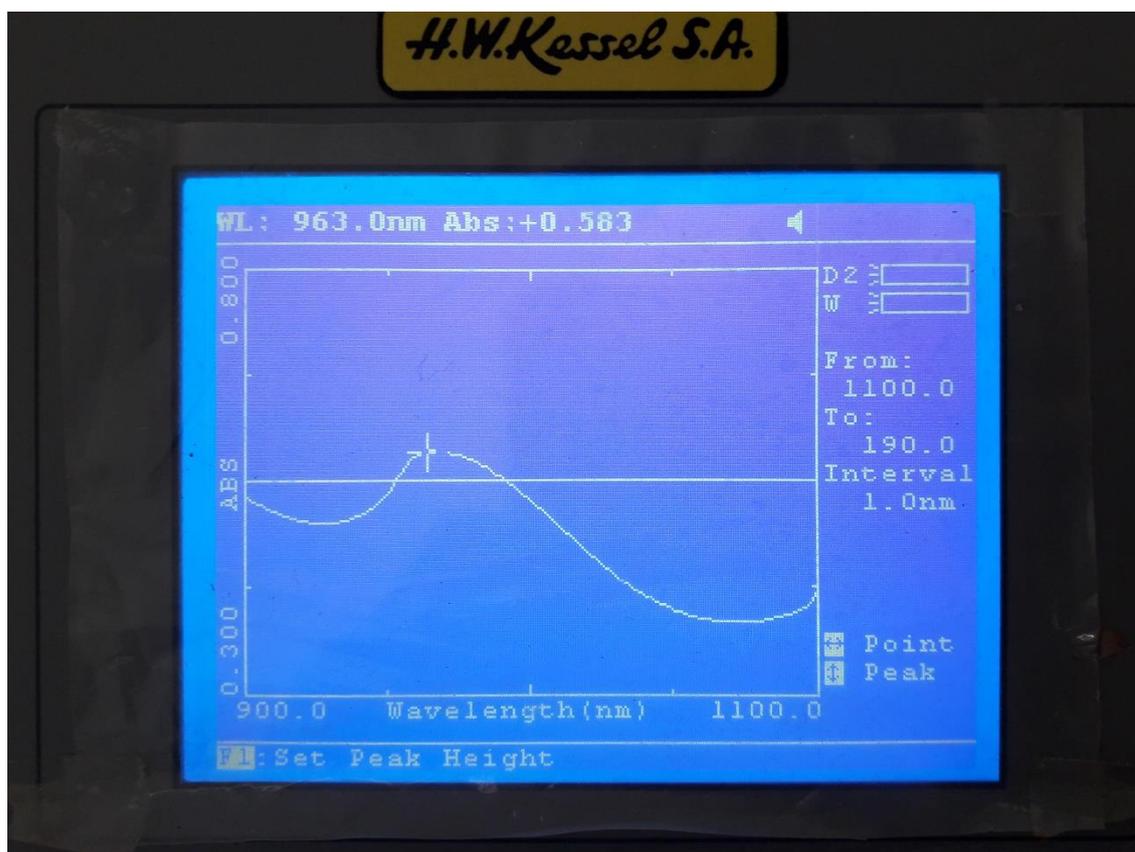


Figura F.4. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,583

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
70	20	6	0,973	ANEXO F5

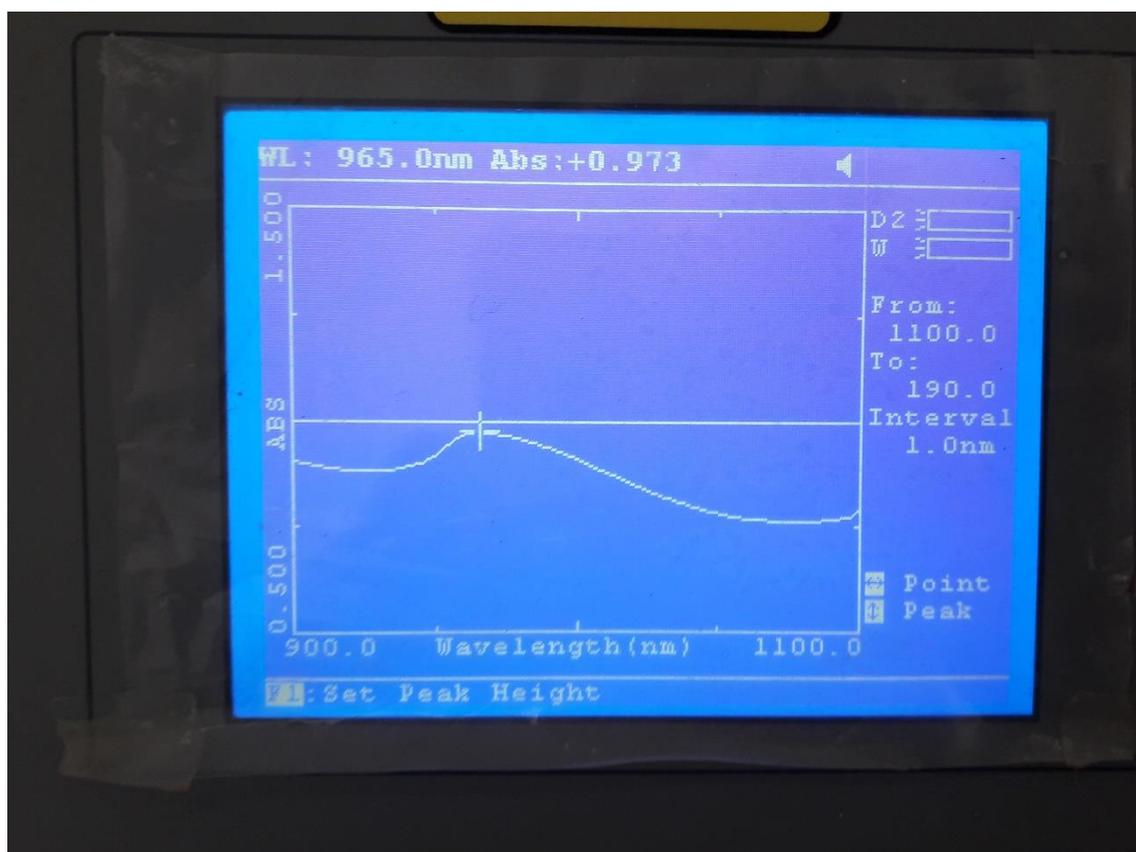


Figura F.5. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,973

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
85	20	6	0,633	ANEXO F6

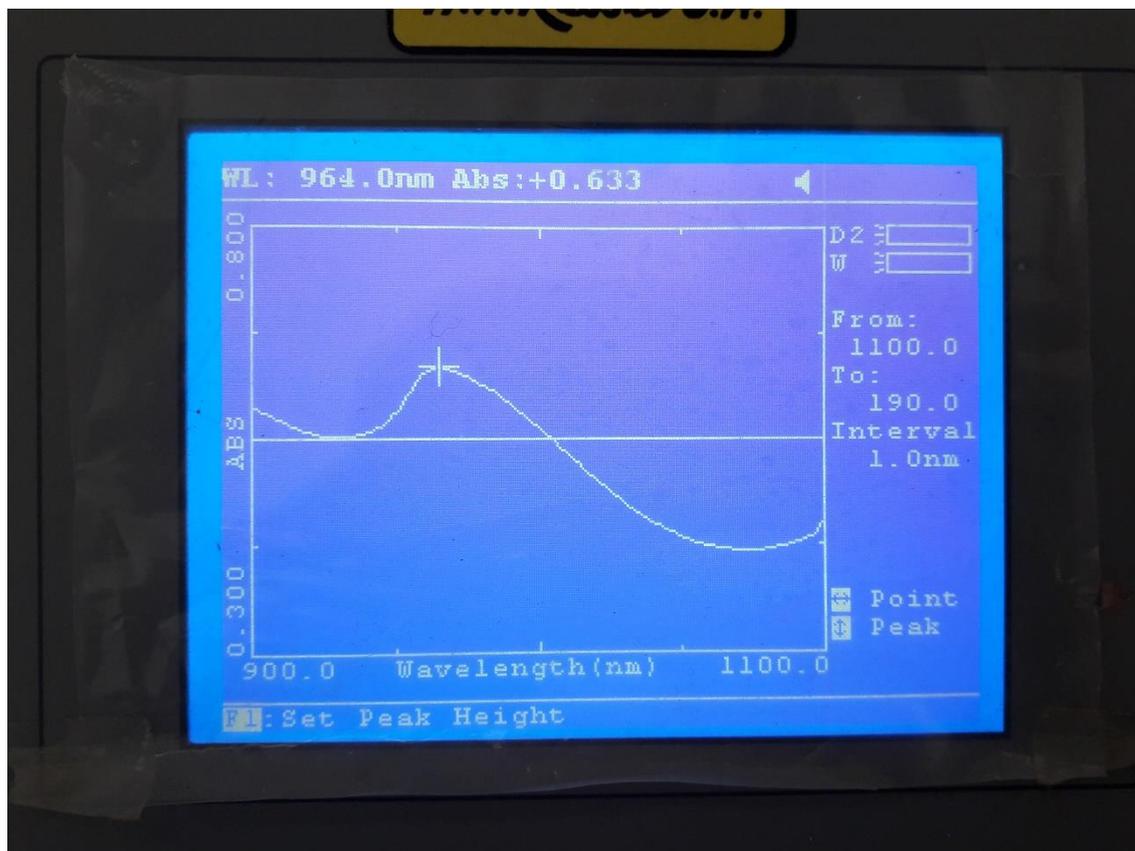


Figura F.6. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,633

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
70	40	6	0,626	ANEXO F7

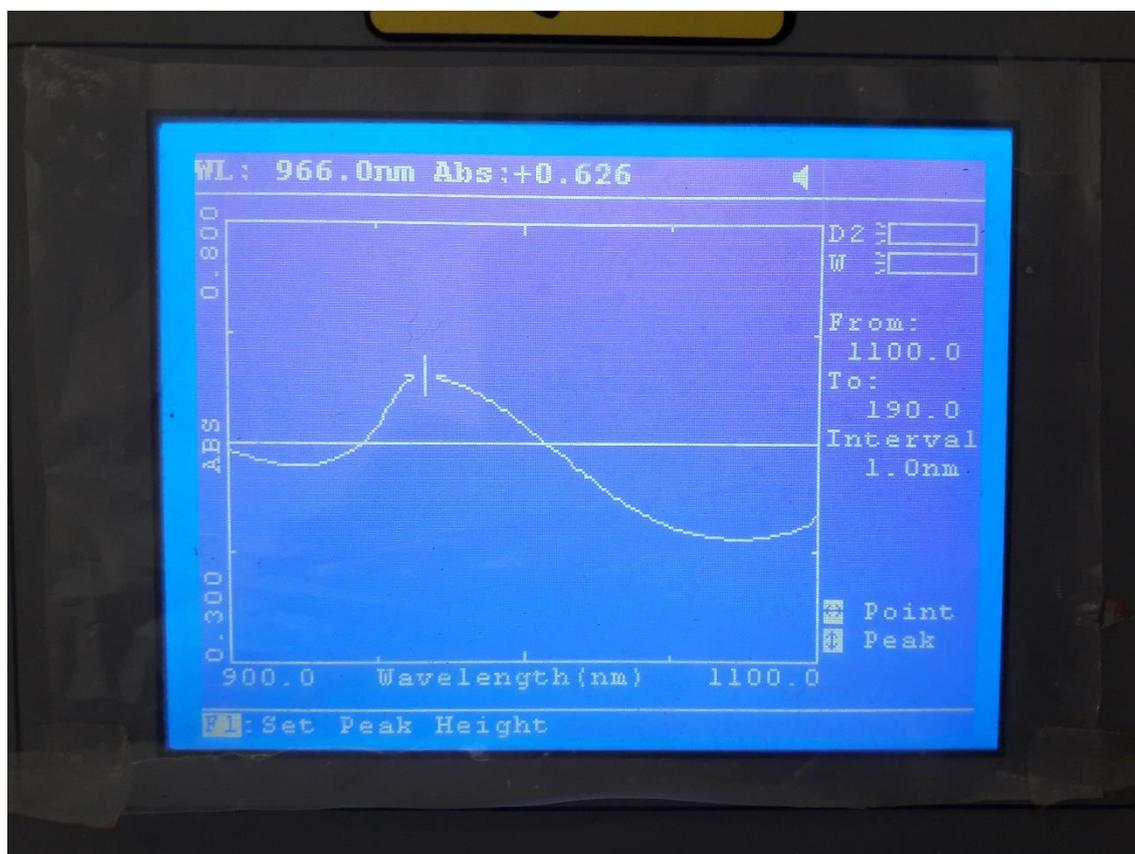


Figura F.7. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,626

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
85	40	6	0,589	ANEXO F8

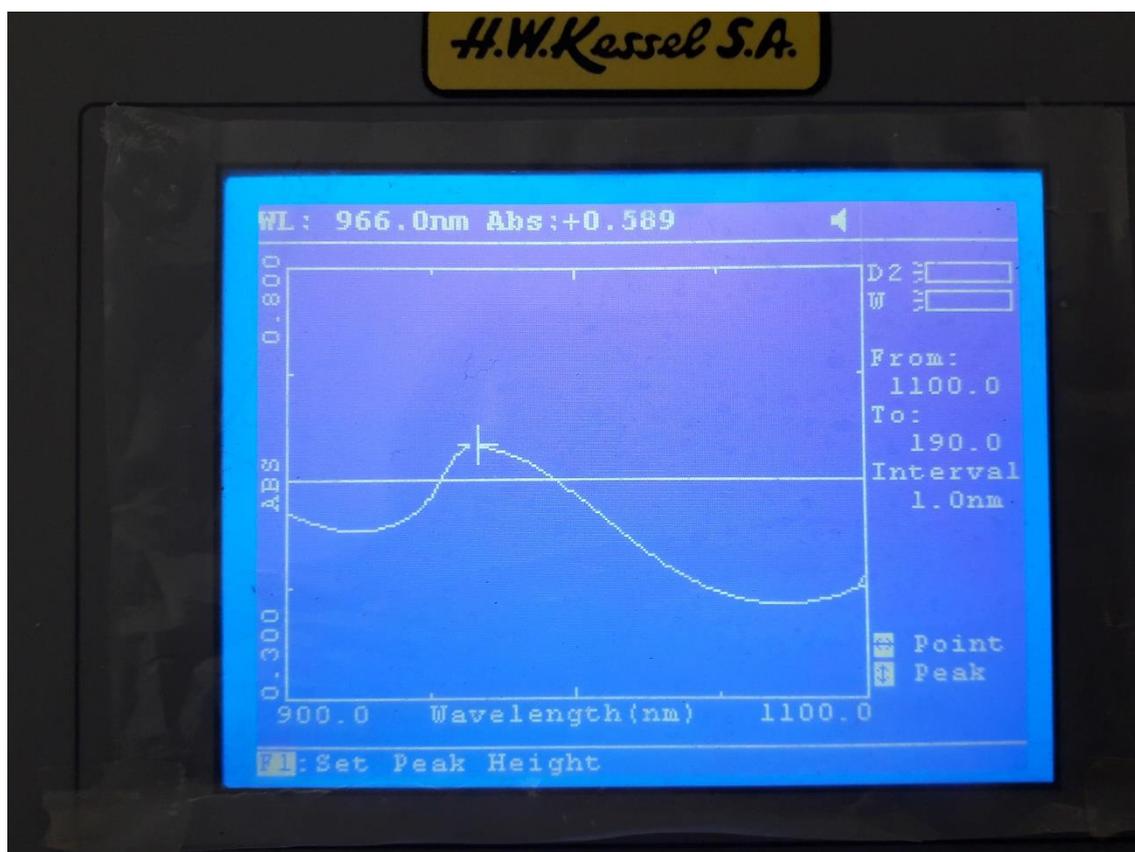


Figura F.8. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,589

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
78,5	30	4,5	0,487	ANEXO F9

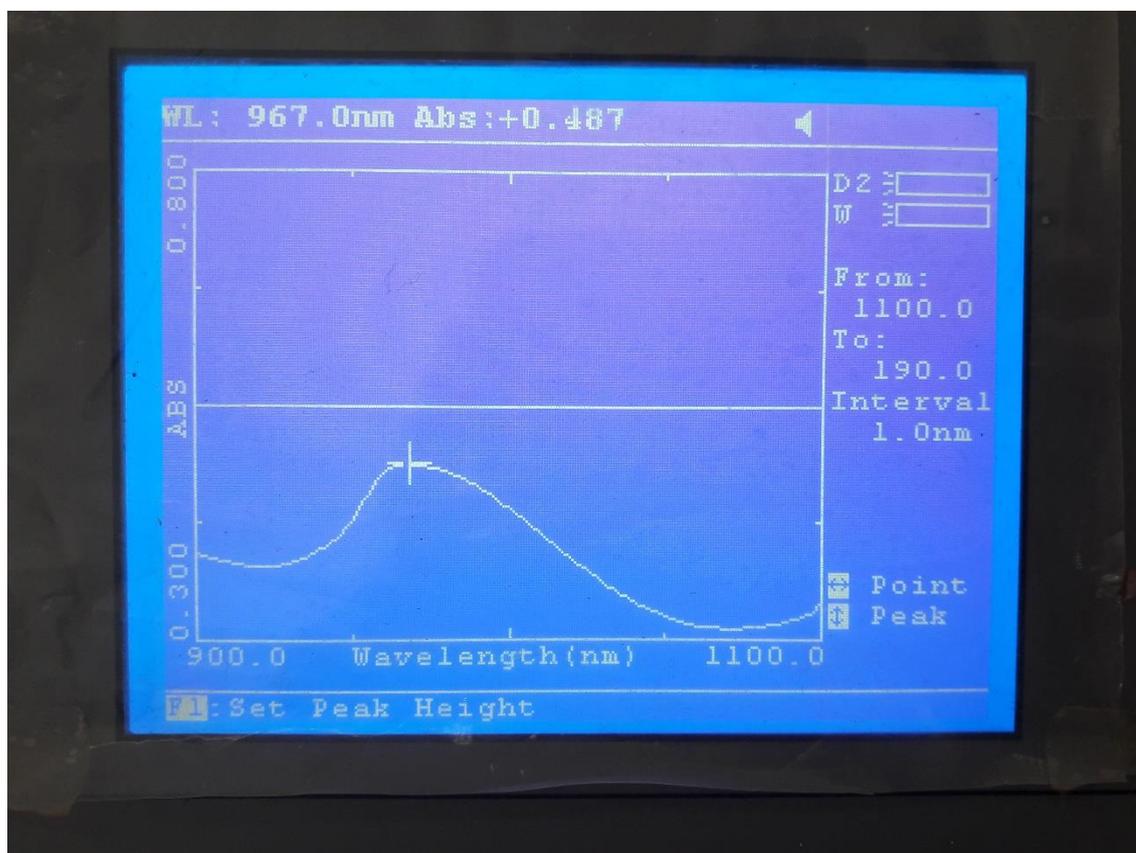


Figura F.9. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,487

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
78,5	30	4,5	0,629	ANEXO F10

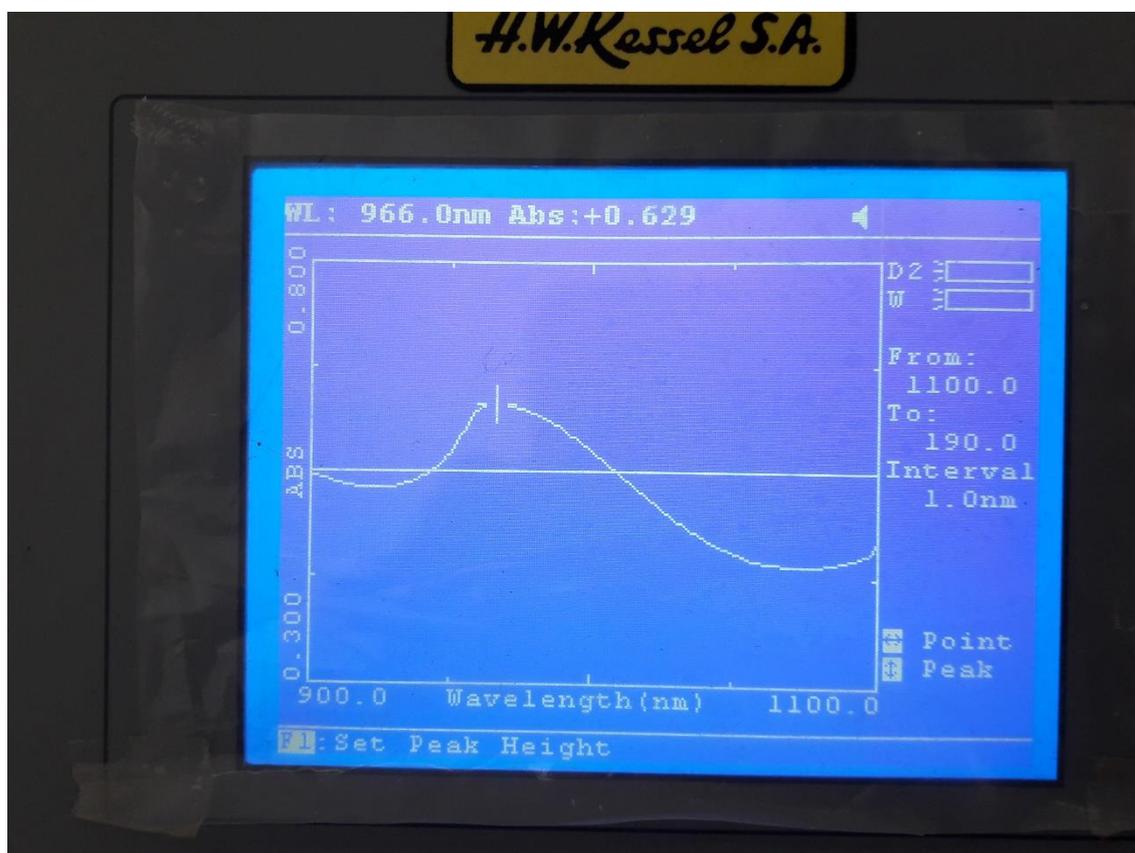


Figura F.10. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,629

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración NaOH (%)	Absorbancia obtenido	ANEXO F
78,5	30	4,5	0,693	ANEXO F11

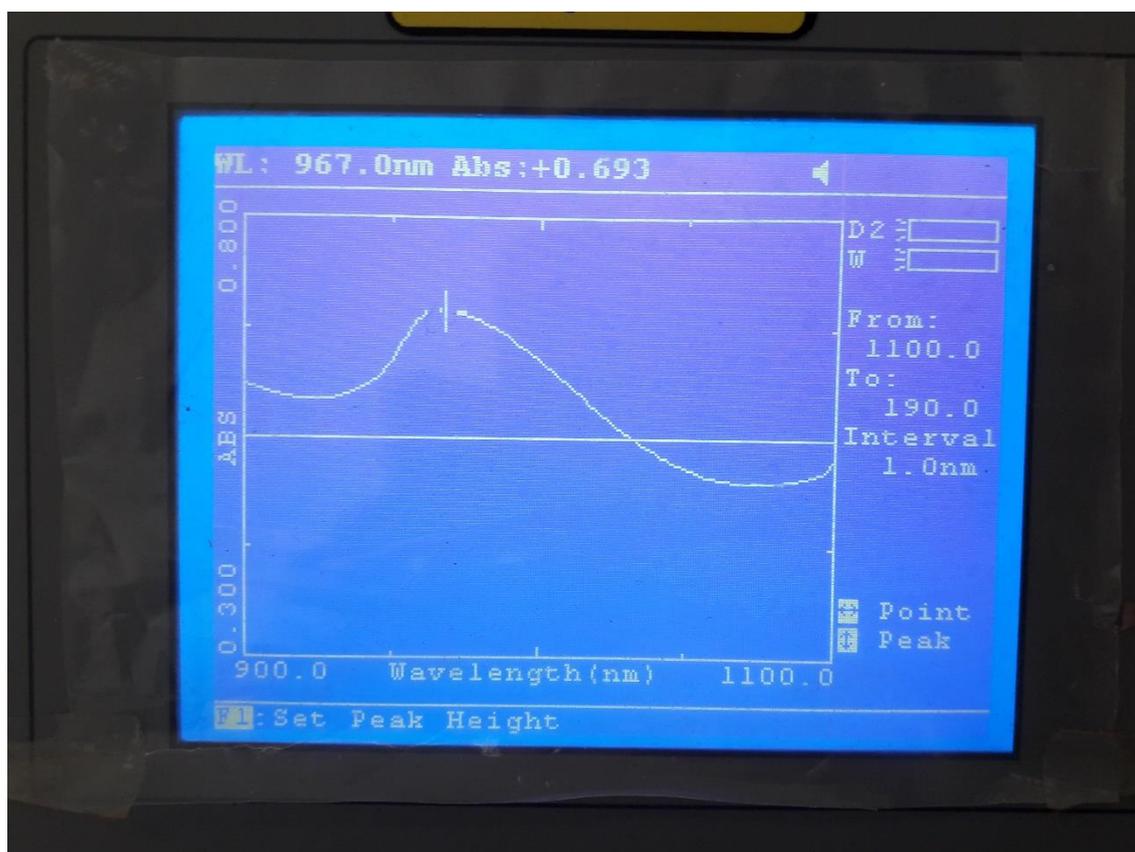


Figura F.11. MÁXIMOS DE ABSORBANCIA 0,693

ANEXO G

PREPARACIÓN DE AGENTES MORDIENTES.

Solución de NaCl 5%: pesar 5 g de NaCl en una balanza analítica luego transferir a un transferir a una fiola de capacidad de 100 mL y agitar hasta completar la disolución.

Solución de Sulfato de Cobre (CuSO_4) 5%: Pesar 5 g de CuSO_4 en una balanza analítica y luego transferir a una fiola de capacidad de 100 ml y agitar, hasta completar la disolución.

Solución de Sulfato Ferroso (FeSO_4) 5%: pesar 5 g de FeSO_4 en una Balanza analítica y luego transferir a una fiola de capacidad de 1000 mL y agitar, hasta completar la disolución.

Eucalipto: Ebulir 10gramos de hojas en 150 mL de agua destilada a temperatura de 60°C.

Mezcla de Mordientes:

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + limón: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, y agregar 1mL de jugo de limón, agitar hasta completar la disolución.

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + NaCl: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, y agregar 2 g de NaCl.

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + NaCl + limón: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, agregar 1mL de jugo de limón y 2g de NaCl, agitar hasta completar la disolución.

Eucalipto+ limon + NaCl: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, agregar 1mL de jugo de limón y 2g de NaCl, agitar hasta completar la disolución.

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + limón + eucalipto: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, agregar 1mL de limón y agregar 2 g de NaCl, agitar hasta completar la disolución.

Glutamato de cobre + eucalipto: Extraer una alícuota de 20mL de la solución preparada, y agregar 20 g de eucalipto, agitar hasta completar la disolución.

ANEXO H

**IMÁGENES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COLORANTE NATURAL
(Antocianina)**



Figura H.1. Selección de materia prima



Figura H.2. Desinfección



Figura H.2. Pelado



Figura H.2. Reducción de tamaño



Figura H.3. Secado



Figura H.4. Pelado



Figura H.5. Pulverizado

ANEXO I

PREPARACIÓN DEL SOLVENTE A DIFERENTES CONCENTRACIONES.



Figura I.1. Pesado de NaOH



Figura I.2. Dilución con agua destilada



Figura I.4. Solvente al 6% NaOH



Figura I.5. Solvente al 4,5% NaOH

ANEXO J
METODO DE EXTRACCIÓN EQUIPO DE REFLUJO

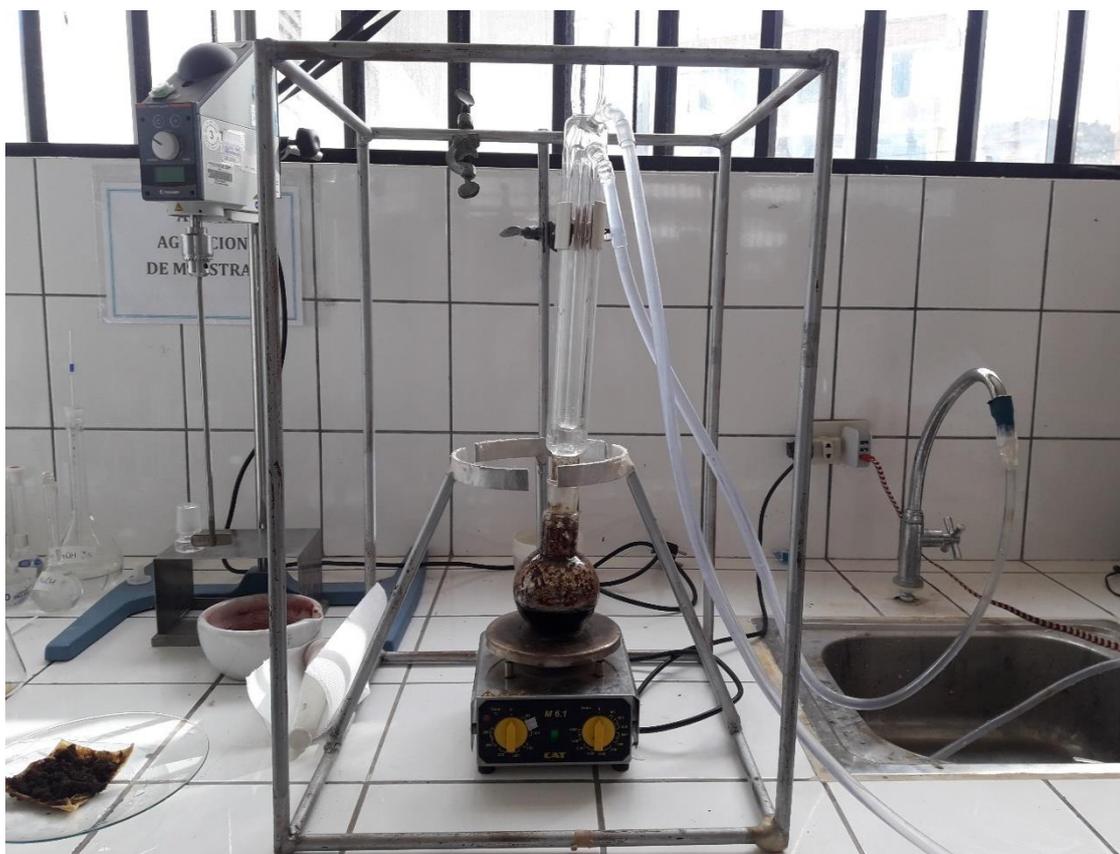


Figura J.1. Equipo de reflujo



Figura J.2. Filtrado

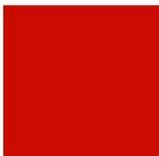


Figura J.3. Residuo

ANEXO K: COLORES DE MUESTRA – ORACAL® 751C

Muestrario de colores - Oracal © 751C High Performance Cast

1/3

 020 Golden yellow	 219 Yolk yellow	 203 Straw yellow	 211 Sun yellow	 019 Signal yellow	 208 Post office yellow
 209 Maize yellow	 021 Yellow	 216 Traffic yellow	 022 Light yellow	 025 Brimstone yellow	 026 Purple red
 361 Apple red	 030 Darkred	 348 Scarlet red	 306 Crimson	 031 Red	 027 Tomato red
 028 Cardinal red	 325 Middle red	 324 Blood red	 032 Light red	 326 Signal red	 047 Orange red
 033 Red orange	 335 Mars red	 333 Pure red	 034 Orange	 332 Deep orange	 035 Pastel orange
 340 Chestnut	 048 Bordeaux	 415 Summer plum	 040 Violet	 403 Light violet	 043 Lavender
 042 Lilac	 041 Pink	 077 Telemagenta	 044 Magenta	 045 Soft pink	 532 Black blue

Muestrario de colores - Oracal © 751C High Performance Cast

2/3

588 Alpha blue	590 Blueberry	518 Steel blue	591 Midnight blue	050 Dark blue	058 Ultramarine blue
537 Deep blue	065 Cobalt blue	049 King blue	592 Navy blue	593 Striking blue	150 Brilliant blue I
536 Middle blue	510 Clematis blue	067 Blue	595 Blue green	057 Traffic blue	051 Gentian blue
509 Sea blue	508 Signal blue	052 Azure blue	507 Capri blue	555 Glacier blue	594 Pastel blue
517 Euro blue	053 Light blue	056 Ice blue	549 Dove blue	608 Petrol	054 Turquoise
055 Mint	599 Pastel turquoise	060 Dark green	661 Leaf green	078 Foilage green	617 Emerald
607 Turquoise green	604 Cactus green	066 Turquoise blue	061 Green	068 Grass green	619 Traffic green

Mostrario de colores - Oracal © 751C High Performance Cast

3/3

062 Light green	064 Yellow green	063 Lime-tree green	080 Brown	803 Chocolate brown	828 Earth brown
079 Red brown	083 Nut brown	801 Loam brown	811 Sahara beige	081 Light brown	818 Saffron
804 Beige brown	023 Cream	813 Light cream	018 Light ivory	070 Black	720 Komatsu grey
073 Dark grey	713 Iron grey	071 Grey	721 Slate grey	076 Telegrey	074 Middle grey
724 Ice grey	072 Light grey	109 Hull white	010 White	090 Silver grey	930 Gold I
093 Anthracite	932 Graphite metallic				

Colours may not be a 100% colour match of actual material.

Referencias en Stock: 010G, 010M, 020, 021, 025, 027, 030, 031, 032, 034, 035, 040, 041, 049, 050, 051, 053, 057, 060, 061, 062, 065, 070G, 070M, 071, 074, 803, 811, 090, 930. Resto de referencias consultar.

Formatos de rollo: 1,26x50 m. Metraje en múltiplos de 5 metros.

Nota: Los colores de este muestrario son la interpretación digital aproximada de los colores reales que aparecen en las tablas de color de Oracal.

ANEXO L

CERTIFICADOS DE ANÁLISIS



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA03G19.004096

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Brenda Ramos Zapana
Dirección del cliente : Jr Venezuela 185 Juliaca
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Brenda Ramos Zapana
Descripción de la muestra : Extracto de remolacha (NaOH 5%)

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 150 mL
Fecha de recepción : 03/07/2019
Fecha de ejecución de ensayo : 03/07/2019 al 15/07/2019
Fecha de emisión de informe : 02/08/2019
Página : 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS (como cyanine-3- glucoside) WROLSTAD, R. 1976. Color and Pigment Analyses in Fruit Products. Oregon State University Agricultural Experiment Station Bulletin 624	mg/L	0,012

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00824
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Figura L.1. RESULTADO CONTENIDO DE ANTOCIANINAS-
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1139 – 19 – LABICER

- 1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : BRENDA RAMOS ZAPANA
 - 1.2 DNI : 70320987
- 2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 04 / 07 / 2019
 - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 10 / 07 / 2019
- 3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA
- 4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE REMOLACHA FORRAJERA (*Beta vulgaris* L. Ssp. *Vulgaris* var. *crassa*)
- 5. **LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 20.3 °C; Humedad relativa: 71%
- 7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrofotómetro Infrarrojo. PERKIN ELMER, FRONTIER.
- 8. **RESULTADOS**

RESULTADO ⁽¹⁾	EQUIPO UTILIZADO
El espectro IR presenta el perfil espectroscópico mostrado en la figura en ANEXOS. Los picos (bandas de vibración) más representativos corresponden a los siguientes grupos funcionales: -OH, y C=C.	Espectrofotómetro Infrarrojo

⁽¹⁾ Ver espectro infrarrojo y tabla de picos representativos en el ANEXO.

- 9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**
 Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Blancas C.
 Analista Químico
 LABICER – UNI

M. Sc. Otilia Acuña de la Cruz
 Responsable del análisis
 Jefa de Laboratorio
 CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

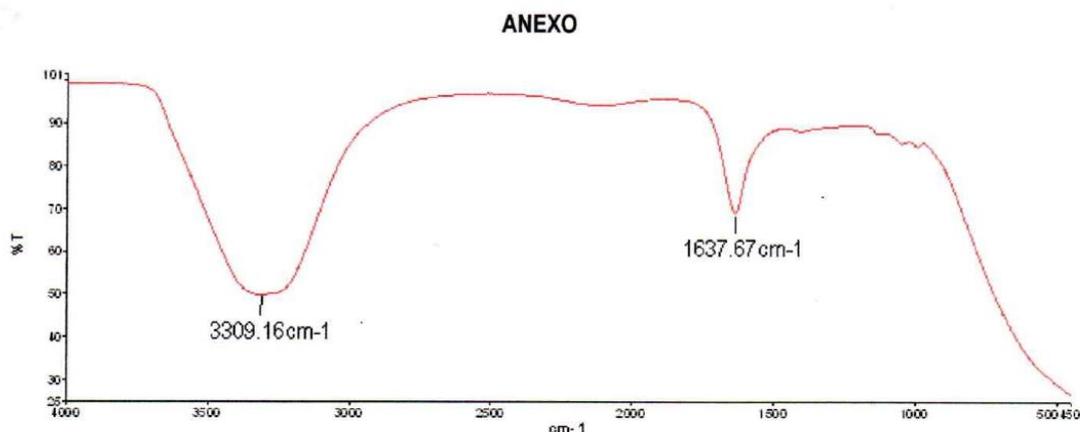


Figura 1. Espectro infrarrojo de la muestra.

Tabla 1. Asignación de picos al espectro infrarrojo de las muestra

Pico representativo de la muestra (cm ⁻¹)	Grupo Funcional	Modo vibracional	Rango de Absorción Teórico (cm ⁻¹)
3309.16	O-H	Tensión	3550-3200
1637.67	C=C	Tensión	1662-1626

