



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**OBTENCIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO A PARTIR DE LA**  
**COCHINILLA DACTYLOPIUS COCCUS COSTA, COMO**  
**COLORANTE NATURAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL**  
**TUNSHI, CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: JESSICA LORENA CAÑAR RIVERA**

**DIRECTOR: ING. ALEX ESTUARDO ERAZO LARA M. Sc.**

Macas – Ecuador

2022

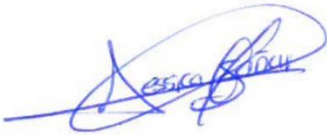
© 2022, Jessica Lorena Cañar Rivera

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

Yo, Jessica Lorena Cañar Rivera, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 19 de diciembre de 2022



**Jessica Lorena Cañar Rivera**  
**050396847-1**

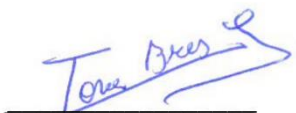
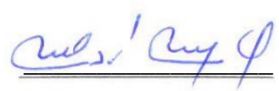
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **OBTENCIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO A PARTIR DE LA COCHINILLA DACTYLOPIUS COCCUS COSTA, COMO COLORANTE NATURAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **JESSICA LORENA CAÑAR RIVERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Javier Ignacio Briones García. M. Sc <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-19
Ing. Alex Estuardo Erazo Lara. M. Sc <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2022-12-19
Dr. Carlos Santiago Curay Yaulema. M. Sc <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-19

## **DEDICATORIA**

Este trabajo investigativo va dedicado primeramente a Dios por cuidarme todos estos años que he pasado fuera de casa y sobre todo mil gracias al ser más maravilloso que me dio la vida, mamá gracias por tu esfuerzo y apoyo incondicional que me has brindado todos estos años, este logro no es solo mío es nuestro y recuerda que siempre seré tu más grande admiradora. A mis hermanos, Liliana y Luis que siempre me han motivado a continuar adelante, a mis sobrinos Gabriela y Alejandro por su cariño incondicional. A Estefany y Elizabeth en quienes he encontrado una amistad incondicional.

Lorena

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y brindarme esta oportunidad de formarme como persona y como profesional, así mismo agradezco a mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida y por brindarme su apoyo para luchar por mis sueños.

A mi madre Blanca Rivera por todo cariño y esfuerzo que ha hecho todos estos años por mí y por mis hermanos, todo lo que sé se lo debo a ella, atribuyo mi éxito en esta etapa gracias a su educación moral y constante esfuerzo.

Agradezco de manera muy especial al Técnico Jorge Baños, por su paciencia y sabiduría al guiarme en la parte química de este proyecto.

A mi tutora Ing. Karina Salazar, por guiarme en todo el transcurso del desarrollo del presente trabajo.

Lorena

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	ii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	iv
RESUMEN .....	v
SUMMARY .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.3. Justificación .....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>General</i> .....	6
1.4.2. <i>Específicos</i> .....	6

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.2. Referencias teóricas .....	9
2.2.1. <i>Colorantes naturales</i> .....	9
2.2.2. <i>Colorantes sintéticos</i> .....	10
2.2.2.1. <i>Incidencias de los colorantes sintéticos</i> .....	11
2.2.3. <i>La Tuna (Opuntia ficus L)</i> .....	13
2.2.3.1. <i>Morfología de la Opuntia ficus</i> .....	14
2.2.4. <i>La Cochinilla</i> .....	15

2.2.4.1.	<i>Clasificación taxonómica</i> .....	15
2.2.4.2.	<i>Dismorfia sexual</i> .....	16
2.2.4.3.	<i>Morfología de la cochinilla</i> .....	16
2.2.4.4.	<i>Ciclo biológico de la cochinilla</i> .....	18
2.2.4.5.	<i>Métodos de infestación de la tuna con la grana cochinilla</i> .....	18
2.2.4.6.	<i>Cosecha de la cochinilla</i> .....	20
2.2.4.7.	<i>Técnicas de cosecha</i> .....	20
2.2.5.	<i>Sacrificio de la cochinilla</i> .....	20
2.2.6.	<i>Secado</i> .....	21
2.2.6.1.	<i>Tipos de secado</i> .....	21
2.2.7.	<i>Ácido carmínico</i> .....	22
2.2.7.1.	<i>Aspectos generales del ácido carmínico</i> .....	22
2.2.7.2.	<i>Análisis de la materia prima</i> .....	23
2.2.7.3.	<i>Métodos de extracción del ACAR</i> .....	25
2.2.8.	<i>Carmín de cochinilla</i> .....	26
2.2.8.1.	<i>Métodos de extracción del carmín</i> .....	27

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	29
3.1.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	29
3.2.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	29
3.3.	<b>Identificaciones variables</b> .....	29
3.3.1.	<i>Variables dependientes</i> .....	29
3.3.2.	<i>Variables independientes</i> .....	29
3.4.	<b>Localización del proyecto</b> .....	30
3.5.	<b>Población de estudio</b> .....	31
3.6.	<b>Tamaño la muestra</b> .....	31
3.7.	<b>Método de la Experimentación</b> .....	31
3.8.	<b>Planificación de la Experimentación</b> .....	32



3.8.1.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i>	32
3.8.2.	<i>Etapas de la experimentación para la extracción de ácido carmínico</i>	32
3.8.2.1.	<i>Recolección (ET1)</i>	32
3.8.2.2.	<i>Análisis de la materia prima (ET2)</i>	33
3.8.2.3.	<i>Limpieza y Acondicionamiento (ET3)</i>	36
3.8.2.4.	<i>Extracción del ACAR (ET4)</i>	37
3.8.2.5.	<i>Rendimiento (ET5)</i>	38
3.9.	<b>Diagrama de flujo para el proceso de extracción del ácido carmínico</b>	38
3.9.1.	<i>Pasos para extracción de carmín</i>	40
3.9.1.1.	<i>Diagrama de flujo para el proceso de extracción del carmín</i>	41

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	42
4.1.	<b>Análisis de la materia prima (ET2)</b>	42
4.1.1.	<i>Análisis físico de la cochinilla</i>	42
4.1.2.	<i>Análisis químico de la cochinilla</i>	42
4.1.2.1.	<i>Determinación de la pérdida de humedad</i>	43
4.1.2.2.	<i>Determinación de la pérdida de cera</i>	43
4.1.2.3.	<i>Determinación de la pérdida de ceniza</i>	43
4.1.2.4.	<i>Determinación del % de ACAR de la cochinilla molida por espectrofotometría UV-Vis.</i>	44
4.2.	<b>Resultados de la ET4: Extracción</b>	46
4.3.	<b>Resultados de la ET5: Rendimiento</b>	53
4.4.	<b>Ácido carmínico como indicador de pH.</b>	55
4.5.	<b>Teñido de tela</b>	55

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de los colorantes naturales.....	10
<b>Tabla 2-2:</b>	Clasificación de los colorantes sintéticos .....	11
<b>Tabla 3-2:</b>	Causas típicas de la contaminación acuática .....	12
<b>Tabla 4-2:</b>	Cantidad de agua generadas por las industrias y límites de concentración del color .....	13
<b>Tabla 5-2:</b>	Clasificación taxonómica de la grana cochinilla .....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Requisitos establecidos por FDA. EE. UU. para la cochinilla .....	22
<b>Tabla 7-2:</b>	Requisitos establecidos por el NTP, Perú para la cochinilla .....	23
<b>Tabla 8-2:</b>	Longitudes de onda de máxima absorbancia y colores observados.....	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Variaciones de colores de acuerdo con el ion metálico .....	27
<b>Tabla 1-3:</b>	Diseño experimental factorial 2k.....	31
<b>Tabla 2-3:</b>	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria para la experimentación .....	32
<b>Tabla 3-3:</b>	Granulometría usada para el proceso de la extracción del ACAR.....	36
<b>Tabla 1-4:</b>	Clasificación de la cochinilla de acuerdo con la NTP 011.225:1988 .....	42
<b>Tabla 2-4:</b>	Análisis físico de la grana cochinilla es su estado fresco .....	42
<b>Tabla 3-4:</b>	Pérdida de humedad para la cochinilla de primera y segunda clase .....	43
<b>Tabla 4-4:</b>	Porcentaje de pérdida de cera de la cochinilla.....	43
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados de la ceniza de la grana cochinilla.....	43
<b>Tabla 6-4:</b>	Rangos de determinación de la absorbancia por espectrofotometría.....	45
<b>Tabla 7-4:</b>	Repeticiones del proceso 1 para la obtención de ácido carmínico en cristales.....	47
<b>Tabla 8-4:</b>	Repeticiones del proceso 2 para la obtención de ácido carmínico en cristales.....	48
<b>Tabla 9-4:</b>	Repeticiones del proceso 3 para la obtención de ácido carmínico en cristales.....	49
<b>Tabla 10-4:</b>	Repeticiones del proceso 4 para la obtención de ácido carmínico en cristales.....	50
<b>Tabla 11-4:</b>	Cuadro de procesos y réplicas para la extracción del ACAR en cristales .....	51
<b>Tabla 12-4:</b>	Cuadro de análisis de la varianza ANOVA .....	52
<b>Tabla 13-4:</b>	Resumen de procesos, réplicas y rendimiento del ACAR en cristales. ....	53

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Plantación de la Tuna en la Estación Experimental Tunshi .....	13
<b>Ilustración 2-2:</b>	Cladodio de la tuna .....	14
<b>Ilustración 3-2:</b>	Cladodios infestados con grana cochinilla y cochinilla con cera.....	15
<b>Ilustración 4-2:</b>	Dismorfia sexual de la grana cochinilla.....	16
<b>Ilustración 5-2:</b>	Etapas del macho y hembra de la grana cochinilla .....	17
<b>Ilustración 6-2:</b>	Forma estructural del ácido carmínico.....	22
<b>Ilustración 1-3:</b>	Ubicación de la Estación experimental Tunshi lugar de la materia prima .....	30
<b>Ilustración 2-3:</b>	Ubicación para la extracción del ACAR, ESPOCH Sede Morona Santiago .....	31
<b>Ilustración 3-3:</b>	Diagrama de flujo para determinar la absorbancia de la cochinilla .....	35
<b>Ilustración 4-3:</b>	Cochinilla molida y tamizada .....	37
<b>Ilustración 5-3:</b>	Diagrama de flujo para la extracción de ácido carmínico en cristales .....	39
<b>Ilustración 6-3:</b>	Diagrama de flujo para el proceso de extracción del carmín .....	41
<b>Ilustración 1-4:</b>	Análisis de las pérdidas de humedad, cera y humedad de la cochinilla .....	43
<b>Ilustración 2-4:</b>	Curva de absorbancia del ácido carmínico .....	46
<b>Ilustración 3-4:</b>	Test de Tukey para Granulometría y Temperatura .....	52
<b>Ilustración 4-4:</b>	Granulometría y temperatura vs rendimiento .....	53
<b>Ilustración 5-4:</b>	Extracción de laca carmín mediante el Método de Thorpe .....	54
<b>Ilustración 6-4:</b>	Ácido carmínico a diferentes pH .....	55
<b>Ilustración 7-4:</b>	Curva de teñido de tela con colorantes naturales .....	56
<b>Ilustración 8-4:</b>	Practica de teñido de tela con ácido carmínico y carmín .....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ET1. RECOLECCIÓN
- ANEXO B:** ET2. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA
- ANEXO C:** ET3. LIMPIEZA YA ACONDICIONAMIENTO
- ANEXO D:** ET4. EXTRACCIÓN
- ANEXO E:** ET5. RENDIMIENTO / RESULTADO
- ANEXO F:** OBTENCIÓN DEL CARMÍN
- ANEXO G:** ÁCIDO CARMÍNICO COMO INDICADOR DE PH
- ANEXO H:** PRUEBA DE TINTURACIÓN

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue la obtención de un colorante natural a base de la cochinilla *Dactylopius coccus costa* extraída de la estación experimental Tunshi, provincia de Chimborazo, se inició con la estimación del tamaño de la cochinilla de acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 011.225:1988 Tamaño de cochinilla, Revisado 2021), seguido del proceso de extracción y determinación del rendimiento. La metodología fue dividida en cinco etapas; recolección, análisis físico químico de la materia prima, limpieza y acondicionamiento inicial, extracción y rendimiento. La recolección se realizó mediante un proceso de selección, el análisis físico se dedujo mediante una descripción objetiva de la cochinilla, mientras que, en el análisis químico se valoraron componentes como la humedad, cera, ceniza y la cuantificación del ácido carmínico (ACAR) mediante el uso de un espectrofotómetro UV-Vis. Para el proceso de extracción de ACAR se implementó la metodología de cristalización propuesta por Gibaja-Montes con variables en granulometría y temperatura, determinando así un total de cuatro procesos. Como resultado se obtuvo que la cochinilla alcanzó una absorbancia de 0,270 a 494 nm mediante una cuantificación espectrofotométrica, lo que equivale a un 19,42% ACAR. Por otro lado, el ACAR en cristales alcanzó un rendimiento final de 2,436 g equivalente a un rendimiento del 81,2%, perteneciente al proceso número cuatro con variantes de granulometría de 425  $\mu\text{m}$  y una temperatura de 90°C. Asimismo del ACAR obtenido se efectuó una determinación de tonalidades en distintas soluciones, también, se realizó una prueba tinturación en tela. De esta manera se concluyó que, una eficiente ebullición de la cochinilla establece un grado máximo de agotamiento. Para futuras investigaciones se recomienda investigar acerca de los usos de la cera de cochinilla ya que al ser de tipo natural puede ser empleada como agente de recubrimiento.

**Palabras clave:** <COLORANTES>, <ABSORBANCIA>, <GRANA COCHINILLA>, <TUNA>, <ÁCIDO CARMÍNICO >, <INSECTO >, <AMBIENTE>.



0203-DBRA-UPT-2023

## ABSTRACT

The main objective of the research was to obtain a natural colorant based on the cochineal *Dactylopius coccus* costa extracted from the Tunshi experimental station located in the Chimborazo province. It started with the estimation of the size of the cochineal according to the Peruvian Technical Standard (NTP 011.225:1988 Cochineal Size, Revised 2021), and followed by the extraction process and determination of the yield. The methodology used was divided into five stages: collection, chemical physical analysis of the raw material, cleaning and initial conditioning, extraction and yield. On the other hand, the collection was carried out through a selection process, while the physical analysis was deduced through an objective description of the cochineal, and in the chemical analysis, components such as: humidity, wax, ash and the quantification of carminic acid (ACAR) were evaluated through the use of a UV-Vis spectrophotometer. For the ACAR extraction process, the crystallization methodology proposed by Gibaja-Montes was implemented with variables in granulometry and temperature, determining a total of four processes. As a result, it was obtained that the cochineal reached an absorbance of 0.270 at 494 nm by spectrophotometric quantification being equivalent to 19.42% ACAR. Moreover, the ACAR in crystals reached a final yield of 2.436 g which is equivalent to a yield of 81.2%, belonging to process number four with variants of granulometry of 425  $\mu\text{m}$  and a temperature of 90°C. Likewise, it made a determination of shades in different solutions, as well as a dyeing test on fabric from the ACAR obtained. Thus, it was concluded that an efficient boiling of the cochineal establishes a maximum degree of exhaustion. Finally, it is recommended to investigate the uses of cochineal wax for future research, due to it is a natural wax that can be used as a coating agent.

**Keywords:** <COLORANTS>, <ABSORBANCE>, <COCHINILLA GRANA>, <TUNA>, <CARMINIC ACID>, <INSECT>, <ENVIRONMENT>.



By: Mauricio Martínez P  
0602902504

## INTRODUCCIÓN

Los colorantes incursionan en la civilización cuando sus pobladores optan por dejar la monotonía de sus alimentos e inician a incorporar colorantes naturales como: el extracto de zanahorias, acelgas, remolacha, raíces, y otras hierbas en sus comidas (Rocío, 2013, p.236). Mediante la conquista española en el año de 1577 el mercado de la cochinilla se eleva a causa de la gran demanda en Europa (Ríos-Cortés et al., 2015: p.15).

En el siglo XIX con el auge de la química, los colorantes sintéticos se posicionan entre los más usados por su intensa gama de colores y precios bajos, sin embargo, la mayoría tenían efectos tóxicos (Rocío, 2013, p.235). En la industria textil los colorantes sintéticos son poco amigables con el ambiente ya que sus descargas modifican parámetros de calidad como; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), color, salinidad y pH, además de distintas sales involucradas en el proceso (Cortázar-Martínez et al., 2016: p.139).

La cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) es un insecto parasitario de la tuna (*Opuntia ficus L*), es originario de América Central y de países andinos como: Perú, Ecuador y Bolivia (Rodríguez et al., 2005: p.324). La cochinilla esta entre las fuentes naturales de tintóreo basados en el ácido carmínico (ACAR) presente en su interior, el mismo que es usado en las industrias alimentarias, textiles, farmacéuticas y cosméticas (Zacarías-Alvarado et al., 2021: p.66), además el ACAR se considera un colorante inocuo y se encuentra acreditado por la Organización Mundial de la Salud (FAO y OMS, 2019: p.130).

Varios son los países que han incursionado en el cultivo, la producción e industrialización de colorantes de origen natural como: Estados Unidos, China, Países Bajos, España, Dinamarca, Alemania, México, Perú entre otros (Alcedo y León, 2019: p.6). Mientras que, los países latinos que sobresalen en el mercado internacional están liderados por Perú y Chile (Anchundia et al., 2002: p.7).

En Ecuador el empleo de la grana cochinilla abarcó gran importancia durante el período colonial en diversas partes del Ecuador como: Ambato, Penipe, Guanando, Llapo, Loja y Gualaceo lo han empleado para teñir lanas de alpacas, llamas y ovejas (Instituto Otavaleño de antropología 1989, pp.20-25). Actualmente Ecuador no es un exportador a gran escala de la cochinilla, pero existen pequeños cultivos que abastecen al mercado local que aún mantienen la técnica del tintóreo natural (Torres y Ramos, 2017: p.104).

La presente investigación tiene como finalidad la obtención de ácido carmínico a partir de la cochinilla *Dactylopius coccus costa*, con el cual se busca minimizar los impactos que generan el uso de colorantes de tipo sintéticos al medio ambiente, por otra parte, también se busca obtener un colorante que resguarde la salud de sus consumidores.



## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

Desde épocas antiguas en México la tintura de la cochinilla fue ampliamente usada, eso se refleja en los murales y pinturas labradas desde el período preclásico tardío (100a.C a 100d.C); su uso se intensificó durante el período Clásico (250-900) y Postclásico (900-1521), en decoraciones de cerámica y en la tinturación de textiles (Pérez y Becerra, 2001: p.2). Además la grana cochinilla tenía diversos nombres, es así que, los nativos Aztecas denominaban a este insecto como *nocheztli* cuyo significado es “sangre de tunas” (Hernández-Hernández et al., 2005: p.80); así mismo los Zapotecos lo conocían como *bi-yaa* y los Mixtecos como *induco*; las tribus lo usaban en la cerámica, para teñir textiles, cuerpos, dientes y alimentos (Pérez y Becerra, 2001: p.1).

En Perú una de las culturas prehispánicas que también emplearon la cochinilla fueron los Paracas Necrópolis (200a.C – 200d.C) y los Nazcas ya que lo usaban para sus vasijas, y para el arte del textil el cual es considerado hasta la actualidad como el más fino y sofisticados gracias al empleo de figuras geométricas en sus bordados (Lozano et al., 2021: p.142).

Registros oficiales del siglo XIX detallan que el continente asiático también implementó la técnica de tinturación con cochinilla; en efecto esto se podía observar por sus coloridos estampados que adornan su vestimenta (García, 2017, p.298).

En el territorio ecuatoriano el empleo de la grana cochinilla era considerada como una actividad esporádica que tuvo gran relevancia para dar colores a los pueblos aborígenes, entre ellos destacan: Ambato, Penipe, Cuenca, Gualaceo, Riobamba, Guanando y Llapo (Jaramillo, 1989, p.24). El intento más grande de cultivo de tuna y crianza de la cochinilla en Ecuador fue en el año de 1792 a cargo de Antonio Pasto, que intentó implementar este sistema de producción en Latacunga y en Riobamba; sin embargo, el proyecto tuvo un rotundo fracaso, esto debido a la falta de cuidado de la cochinilla por parte de las comunidades y a la lejanía de Antonio Pasto como supervisor (Torres y Ramos, 2017: p.108), dejando al Ecuador fuera como productor de grana cochinilla.

Las primeras civilizaciones curiosas por el mundo que los rodea empiezan a implementar colores proporcionados por la propia naturaleza (Sánchez, 2013, p.236); sin embargo, con el auge de la química los colorantes sintéticos toman un papel fundamental siendo así que: en 1771 Woulfe da los primeros pasos para la creación del tinte sintético conocido como ácido pícrico resultado de añadir ácido nítrico sobre índigo y fue usado como tinte para la seda (Marcano, 2018, p.83). En 1834 Friedlich Ferdinand halló la Aurina a partir del alquitrán de hulla proporciona un color de

amarillo a rojo (Salas citado en Hurtado y Santiago, 2008). Mientras que, en 1856 William Pekín hizo el descubrimiento más relevante en su época ya que en busca de sintetizar la quinina y tras varios intentos fallidos dio lugar a una especie de alquitrán violeta oscuro difícil de limpiar al cual denominó como malva o violeta de Pekín (Holme, 2006, p.3).

## **1.2. Planteamiento del problema**

Los colorantes de tipo artificial o sintéticos son aquellos que no provienen de la naturaleza, muchos de ellos se derivan del alquitrán de hulla que contienen grandes dosis de arsénico (Ulloa, 2018, p.6). El desarrollo de los primeros tintes sintéticos representó un gran triunfo para la industria química ya que jugaron un papel importante para el desarrollo de nuevas sustancias sintéticas como los colorantes básicos y ácidos, azoicos y tintes de azufre (Barnett, 2007, p.68). Sin embargo, en 1887 se promulga la primera ley de los colorantes, basándose en que la mayoría de los alimentos eran coloreados con arseniato de cobre, cromato de plomo, brea de hulla, sulfato de mercurio y tenían efectos tóxicos (Sánchez, 2013, p.235).

Alrededor de 8000 variedades de colorantes se hallan en el mercado, siendo un componente principal de las industrias azucareras, textiles, curtiembre entre otras; además en estas industrias involucran en sus procesos grandes cantidades de agua, siendo así una fuente de contaminación considerable, las mismas que son difíciles de tratar debido a su origen sintético y recalcitrantes (Anjaneyulu et al., 2005: p.246). Los tintes sintéticos se clasifican según su estructura química en donde la clase más abundante es el de tipo azoico, seguido del trifenilmetano, la antraquinona, azufre, índigo, el xanteno y otros, siendo así una parte elemental para las industrias de aquellas épocas (Hagan y Poulin, 2011: p.2).

Es así como desde el siglo XIX el uso e implementación de colorantes sintéticos ha despertado gran interés en los investigadores. A partir de este momento dicho término es relacionado con daños a la flora, fauna y a la vida humana misma ya que se le atribuyen problemas como, hiperactividad, alergias y desorden de aprendizaje (Barnett, 2007, p.68). Los colorantes implicados se encuentran; el amarillo 5 y 6, el amarillo tartrazina, carmoisina, eritrosina, glutamato monosódico, rojo allura, aspartamo entre otros (Foods News Latam, 2014, p.1).

En Ecuador según diario El Comercio (2013) los colorantes se usan con la finalidad de mejorar la tonalidad de los múltiples productos que se ofertan en el mercado y aluden que existe una relación en el consumo de colorantes con daños a la salud. A nivel internacional la Agencia de Alimentos y medicamentos de Estados Unidos (FDA) es la que se encarga del control de estos productos en el mercado; mientras que en Ecuador es la Agencia Nacional de Regulación,

Control y Vigilancia Sanitaria juntamente con el Instituto Ecuatoriano de Normalización que tienen por objetivo resguardar la salud del consumidor. Por otra parte, en Ecuador el mercado de las industrias alimenticias es abastecida tanto por colorantes naturales como: el carmín, clorofila, espirulina, cúrcuma y annatos; así también tenemos a los colorantes sintéticos como: amarillo tartrazina, amarillo naranja, eritrosina, dióxido de titanio, laca roja #6 y azul #1; todos estas aditivos favorecen las cualidades y conservación de un producto (Extractos Andinos, 2021, p.1).

Los colorantes sintéticos se caracterizan por dar realce al producto comercial y al hallarse en todo tipo de productos, se ve inmerso en múltiples causas de deterioro de la salud, por este motivo Europa y Estados Unidos han optado por eliminar la comercialización de algunos colorantes según lo establecido en el Diario Oficial de la Unión Europea, a continuación, se muestran algunos colorantes de origen sintético que han perdido legitimidad en la Unión Europea

*El dióxido de titanio (E 171), (CE) n.º 1333/2008 de la Comisión Europea, en 2021 ha llegado a la conclusión acerca de la seguridad de dióxido de titanio usado como aditivo alimentario, la Autoridad indicó que, no podía descartarse la preocupación por la genotoxicidad, y, dadas las numerosas incertidumbres, llegó a la conclusión de que el dióxido de titanio (E 171) ya no puede considerarse seguro cuando se utiliza como aditivo alimentario (Comisión Europea, 2022, p.2).*

*El rojo 2G (E 128), (CE) n.º 884/2007 de la Comisión Europea, en 2007 pone en manifiesto que colorante (E 128) puede presentar un riesgo carcinógeno grave para la salud humana, es conveniente suspender con efecto inmediato su uso en los productos alimenticios y la comercialización e importación de alimentos que lo contengan a fin de velar por el elevado nivel de protección de la salud al que aspira la Comunidad (Comisión Europea, 2007, p.8).*

*El sorbato de calcio (E 203), (CE) n.º 1333/2008 de la Comisión Europea, en 2008 estima la supresión del sorbato cálcico (E 203) de la lista de la Unión de aditivos alimentarios autorizados, puesto que, debido a la ausencia de datos adecuados sobre genotoxicidad, su inclusión en la lista ya no puede ser justificada (La Comisión Europea, 2010, p.15).*

### **1.3. Justificación**

Gran parte de los productos de nuestra mesa o de uso diario llevan como componentes colorantes que han sido fabricados sintéticamente y por ende son de gran persistencia en el ambiente, y aunque pueden ser muy solubles en agua son pocos biodegradables, ante este latente uso se promueve el uso de colorantes de tipo inocuos como son los de origen natural.

Los colorantes naturales son implementados como aditivos alimentarios en múltiples industrias a nivel global como la alimentaria, textil, farmacéutica y cosmética. Entre los colorantes de tipo natural destaca el ácido carmínico, con un rango de color que varía de rojo a violeta dependiendo de su pH.

Mediante la presente investigación se busca elaborar un colorante a base de la grana cochinilla *Dactylopius coccus costa*, el mismo que por sus características naturales son de fácil incorporación en múltiples actividades productivas dando un realce al producto final; por este motivo el producto se considera como inocuo tanto para el ambiente como para la salud pública y finalmente aparte del aporte al medio ambiente, también se genera una nueva fuente de empleo para los productores de la tuna que dejan de ver a la grana cochinilla como un parasito y lo toman como una nueva fuente de generación económica.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. General***

Obtener ácido carmínico a partir de la cochinilla *Dactylopius coccus costa*, como colorante natural en la estación experimental Tunshi, Chimborazo.

##### ***1.4.2. Específicos***

- Estimar el tipo de grana cochinilla apta para el proceso de extracción del ácido carmínico.
- Extraer el ácido carmínico a partir de la grana cochinilla *Dactylopius coccus (costa)*.
- Calcular el porcentaje de rendimiento de ácido carmínico obtenido.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

La tuna *Opuntia ficus indica* (L) es precedente de América central y de otros países latinos, posee una gran capacidad de adaptación en distintos suelos a diferentes temperaturas, lo que lo convierte en una especie capaz de adaptarse a condiciones limitadas en comparación a otras especies vegetales (Almaza y Fischer, 2012: p.1015). El producto industrial indirecto más atractivo que se consigue de la tuna es el ácido carmínico materia prima para la obtención del carmín a partir de la cochinilla *Dactylopius coccus costa* (González et al., 2002: p.6968). La alimentación de la cochinilla se da mediante el uso de cuchillas bucales para extraer la sabia de la planta y poseen un cuerpo ovalado de 3,5 a 5,5 mm de longitud (Ortega 2012, p.1). Las responsables del colorante carmín son las cochinillas hembras ya el agente del color está presente en el interior del insecto (Hernández-Hernández et al., 2005: p.80). Después del respectivo secado los valores para una eficiente extracción deben estar entre un 9 a 22 % de ACAR, el cual varían según las condiciones ambientales del insecto (Erazo y Caso, 2001: p.49).

Después del proceso de secado y limpieza la cochinilla ofrece tres derivados; esto son: el extracto de cochinilla la cual es obtenida después de eliminar el alcohol del extracto acuoso de la cochinilla y es inocuo para colorear alimentos; el ácido carmínico es producto de la cochinilla hembra seca, se caracteriza por su solubilidad en agua y en alcohol, posee un pH que varía dependiendo de la tonalidad, naranja en solución acida y violeta en solución básica; y finalmente el carmín el cual es producto de una combinación de colorante orgánico con sales metálicas pasan por una proceso de precipitación para la separación del carmín (Aparicio citado en Pérez, 2014).

Según Sáenz.(2006, pp.103-104) la producción de la cochinilla inicia con la cochinilla seca en la procesadora, se da paso a la eliminación de la cera mediante la implementación de acetona o hexano como solvente, este proceso es muy importante ya que determinara la brillantez del producto final; ya con la cochinilla limpia y seca se procede a una molienda para obtener un producto totalmente triturado que se usa para preparar el extracto de cochinilla; para extraer el colorante existen dos métodos; por solventes y por agua, un ejemplo de extracción es mediante el uso de agua y alcohol 1:1 o 1:5 vol/vol, esta solución es colocada en un tanque de acero inoxidable junto con la cochinilla triturada a una temperatura 80°C; la solución obtenida se tamiza con la finalidad de separar partículas gruesas y posteriormente pasa a una máquina de filtrado, finalmente el extracto concentrado se coloca en un evaporador para obtener un ácido carmínico entre los 50 y 60 %.

Otra variante para la extracción del ácido carmínico es medir su rendimiento en base a un secado artificial (Estufa) versus un secado natural (exposición al sol). La extracción de ácido se realiza mediante alcohol a 96°GL con una coloración rojo carmín a anaranjado, se procede a una segunda extracción a un pH de 8 dando como resultado un color violeta. Se toma de la solución 50µL y se coloca en una placa de gel de sílice, se lee el UV el mismo que debe estar entre 490nm- 500nm correspondiente a las antraquinonas. Mediante la comparación del rendimiento en los dos procesos se obtiene un rendimiento del 19,05 % (Ortega, 2012, pp.43-51).

Por otro lado Cespedes (2006, pp.28-32) describe el proceso para obtener el ACAR el mismo que inicia con la limpieza del insecto, secado y tamizado mediante una malla de 250 µm, elimina cera con un destilado de gasolina, posteriormente se realiza una molienda para obtener un polvo. El proceso de extracción se efectúa mediante una solución de carbonato de sodio, un solvente agua/alcohol 1/1 (v/v); y cochinilla limpia y triturada; esta mezcla se lleva a calefacción con agitación a una temperatura de 30°C durante 10min, después el líquido se pasa por una malla 50µm juntamente con papel filtro. Se realiza una nueva operación con: solvente 1/2 (v/v), temperatura 90°C, filtración con una malla de 10µm y papel filtro, el líquido se coloca en la estufa a una temperatura de 60°C durante 4 a 6 horas, finalizado este tiempo el resto seco pasa al mortero para ser convertido nuevamente en polvo y cuantificado por espectrofotometría.

Los métodos descritos por Agreda (2009, pp.11-15) para la extracción del ácido carmínico son: Extracción con carbonato de potasio, extracción con carbonato de sodio, extracción mediante cristales que agrupan al método Japones y Alemán, extracción de carmín que agrupan los métodos Carré e Inglés. Dentro del FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) los estándares acerca del porcentaje de ácido carmínico deben encontrarse entre 20-22 % a un pH de 7.0-8.5. La metodología que está dentro de los estándares de calidad es la extracción por carbonato de potasio ya que se obtiene un producto con 20,53 % de ACAR a un pH 7,58 libre de arsénico y plomo.

Extracción de ácido carmínico mediante una tecnología más limpia, dicho proceso inicia con la selección y limpieza de la cochinilla para pasar a una molienda y después a un tamizado, el polvo se agrega en un recipiente junto con agua desionizada y se lleva a calefacción con agitación durante 30min a 95°C, la solución debe ser filtrada mediante una malla ASTM 100 se añade un agente de separación másico R300 dando como resultado un precipitado que posteriormente pasa a un filtrado, la torta obtenida se lava con agua desionizada para posteriormente diluir con ácido clorhídrico a un pH de 2.5. Quedan en suspensión proteínas las

cuales son separadas mediante una filtración, el ACAR nuevamente a quedado y es recuperado mediante la adición de un solvente orgánico y finalmente el conjunto solvente ácido se somete a una evaporación al vacío para recuperar el solvente que pasa aun secado final de alta pureza (Erazo et al., 2004: p.52).

Los resultados de los trabajos de investigación reflejan que el mayor rendimiento del colorante se basa en tres componentes; temperatura, tiempo y numero de extracciones. Las condiciones de filtrado en base a la temperatura también son importantes en el rendimiento, esto debido a que conforme la temperatura aumenta los porcentajes de rendimiento son mayores, por otro lado a bajas temperaturas se obtiene un colorante poco asociado, mientras que en temperaturas de 40°C se extrae un colorante más asociado a moléculas bioorgánicas; a partir de los 60°C se obtiene suficiente energía para llevar a cabo una hidrólisis y liberar material colorante, sin embargo, lo mayores resultados se presentan a una temperatura de 70°C donde se comienza a realizar las reacciones policondensación del ácido carmínico (Centeno, 2003, p.70).

## **2.2. Referencias teóricas**

### **2.2.1. Colorantes naturales**

De acuerdo con (Gargano, 2004, p.25), los colorantes naturales son aquellos propios de la naturaleza y pueden ser extraídos de las cortezas, frutos, pulpas, raíces, hojas e insectos, además su principal característica es que poseen una actividad antioxidante, papel fundamental para evitar cáncer, diabetes y problemas cardiovasculares (Villota et al., 2019: p.90). La Unión Europea con la finalidad de permitir una libre circulación, facilidad para identificarlos, conocer su función, así como se denominación química ha asignado a los aditivos una letra E (de Europa), seguido por un numero de 3 a 4 cifras (Rocío, 2013, p.237); el primer número indica el papel principal de cada aditivo.

E1= Colorantes: Sirve para dar un mejor aspecto a los alimentos.

E2= conservantes: Sirve para conservar alimentos de difícil esterilización.

E3= antioxidantes: mejoran la capacidad de retención de agua en derivados de pescados.

E4= estabilizantes, espesantes, emulgentes: Usado para añadir agua en lugar de grasa dando como resultado un alimento con menos calorías.

E5= bases, sales, ácidos y agentes anti aglomerantes: Incrementan la acidez del alimento para evitar el crecimiento de bacterias y moho.

E620-E635= potenciadores de sabor.

E901-E904= agentes de recubrimiento.

E950-E967= edulcorantes.

**Tabla 1-2:** Clasificación de los colorantes naturales

<b>Colorantes naturales Hidrosolubles</b>		
<b>Numero E</b>	<b>Denominación</b>	<b>obtención</b>
E 100	Curcumina	Rizoma de la cúrcuma
E 120	Ácido carmínico, cochinilla	Insecto
E 162	Betanina	Remolacha
E 101	Riboflavina, B2	De lácteos
E 150a	Caramelo	Calentamiento de la azúcar
<b>Colorantes naturales Liposolubles</b>		
E 140	Clorofila	Algas
E 161	Xantofilas	Extracción de plantas, hojas, flores
E 160	Carotenoides	Capsantina: pimiento rojo y del pimentón, licopeno: tomate
<b>Minerales</b>		
E 153	Carbón vegetal	Cenizas de la madera
E 175	Oro	Oro laminado o en polvo
E 170	Carbonato de calcio	Roca caliza molida
E 174	Plata	Microláminas de plata o polvo

Fuente: Sánchez, 2013, p.238

### 2.2.2. Colorantes sintéticos

Este tipo de colorantes sirven como corrector para aquellos alimentos que han perdido su color natural a causa de la humedad, exposiciones al aire y cambios de temperaturas (Kanarek, 2011, p.387). Estos colorantes llegan a ser muy solubles en el agua ya que poseen grupos de ácido sulfónico que facilitan su uso, también se usa de manera insoluble en forma de lacas que poseen hidróxido de aluminio (Rocío, 2013, p.239). Los que resaltan en esta categoría son los de tipo azoicos y no azoicos. Los azoicos se caracterizan por poseer un doble enlace de nitrógeno (-N=N-) conjugado a anillos aromáticos, estos colorantes suelen ser más duraderos y que por su propia naturaleza es capaz de producir una impresionante matriz de colores (Rohrig, 2015, p.2).

La importancia para la salud pública radica en que estos colorantes sintéticos al estar inmersos en distintas actividades industriales como cosmética, alimentaria y textilera, están en contacto directo con el consumidor y pueden ser los responsables de; daño a órganos, cáncer al hígado, lesiones intestinales entre otras (Kobylewski y Jacobson, 2012: p.220). Por esta razón la mayoría de estos colorantes alimentarios son derivados del petróleo y aceites crudos, sin embargo, el producto final que se lleva al mercado pasa por pruebas rigurosas que aseguren la carencia de residuos de aceites y petróleos (Ulloa, 2018, p.6).



**Tabla 2-2:** Clasificación de los colorantes sintéticos

<b>Colorantes Sintéticos azoicos</b>			
<b>Número E</b>	<b>Denominación</b>	<b>Productos</b>	<b>Advertencias</b>
E 102	Tartrazina	Refrescos en polvo, dulces, helados, salsas y condimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Produce reacciones alérgicas</li> <li>➤ altera la actividad y la atención de los niños</li> <li>➤ cancerígeno</li> <li>➤ Problemas cutáneos</li> <li>➤ Problemas respiratorios en personas asmáticas.</li> <li>➤ Las altas concentraciones causan daño a los riñones y vasos linfáticos</li> </ul>
E 110	Amarillo anaranjado	Productos de pastelería, galletas, mermeladas y sopas instantáneas	
E 122	Azorrubina/ carmoisina	Color frambuesa en los helados, caramelos, postres y sopas	
E 123	Amaranto	Licores, caramelos y pastelería	
E 124	Rojo cochinilla/ rojo ponceau 4R	Color fresa: caramelos, pastelería, helados y derivados cárnicos	
E 128	Rojo 2G	Pastillas, cereales y embutidos	
E 151	Negro brillante BN	Dulces, sucedáneos de caviar	
E 154	Marrón FK	Colorear pescados o ahumarlos	
E 155	Marrón HT/ marrón rojizo	Postres, galletas, condimentos y aperitivos	
E 180	Lítol Rubina BK/ pigmento rubí	Para teñir de rojo la corteza de los quesos	
<b>Colorantes sintéticos no azoicos</b>			
E 104	Amarillo de quinoleína/ amarillo ácido 3	Bebidas alcohólicas, refrescantes, conservantes vegetales y repostería	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alteraciones en la tiroides</li> <li>➤ Inhibe la acción de la pepsina</li> <li>➤ Alteración de la flora intestinal</li> <li>➤ Alergias</li> <li>➤ Daño a los riñones y vasos linfáticos</li> <li>➤ Cancerígeno en dosis elevadas</li> </ul>
E 132	carmin índigo	Licores, caramelos, bebidas y helados	
E 133	Azul Brillante FCF	Aperitivos, confitería y postres	
E 142	Verde ácido brillante	Chicles, caramelos y confitería, colorear verduras	

Fuente: Sánchez, 2013, p.239

### 2.2.2.1. Incidencias de los colorantes sintéticos

#### a) En los alimentos

Los productos alimentarios industrializados carecen de color, mientras que otros pierden su color durante su procesamiento y almacenamiento, por ello, se emplea colorantes sintéticos que garanticen uniformidad y aceptación de los alimentos (Prado y Godoy, 2002; p.2456).

Los colorantes sintéticos dentro de la cadena alimentaria y las variables ambientales han precedido grandes cambios en la humanidad como la incidencia de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en los niños y adolescentes (Rusca y Cortez, 2020; p.150). Los primeros estudios acerca de cómo los colorantes sintéticos inciden en el comportamiento

humano fueron realizados por el Dr. Benjamín Feingold, dando como resultado la dieta de Feingold el cual consistía en la eliminación de frutas, verduras y colorantes sintéticos. Sin embargo, en la actualidad ha sido modificada al reconocer que algunas frutas y verduras eliminadas eran ricas en salicilato (Kanarek, 2011, pp.286-289).

b) En la industria del textil.

Esta industria es la que más cantidad de agua implementa en sus procesos de tinturación y muchos de ellos usan agentes fijadores de tinte, retardadores catiónicos y sales de metales pesados difíciles de biodegradar, por lo tanto, tienen un impacto negativo en el medio ambiente. El efecto tóxico de los metales pesados sobre la vida acuática va directamente relacionado con su forma fisicoquímica. Los efluentes procedentes de las casas de tintes como los metales pesados son productos de las sales metálicas usadas en el proceso de teñido (Shaikh, 2009, p.36).

Durante la trituración de diferentes sustratos como: plásticos, fibras textiles sintéticas y naturales, cueros, ceras, aceites minerales, cosméticos y alimentos se liberan aproximadamente del 10 al 15 % de teñido al medio ambiente (Anliker, 1979, p.61). Entre los componentes de los colorantes sintéticos tenemos al cobre, el cual es considerado el tercer metal más usado a nivel mundial, por consecuencia tiene una serie de efectos negativos para el suelo provocando la pérdida de fertilidad, mientras que, en el agua si los niveles de cobre exceden a los niveles máximos, llegan a alterar el ecosistema acuático (Bae et al., 2006: p 30).

**Tabla 3-2:** Causas típicas de la contaminación acuática

Agente	Químico	Fuente típica
Sal	NaCl, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Tintura
Surfactantes	Fenoles etoxilados	Múltiples fuentes
Metales	Cobre, Zinc, Etc.	Tintes
Orgánicos	Disolventes clorados	Fregado y limpieza a maquina
Biocidas	Penclorofenol	Contaminante de fibra de lana
Aniones tóxicos	Sulfuro	Teñido de azufre

**Fuente:** Bae et al., 2006, p.31

A nivel de generación de agua contaminada las industrias que más aportan colorantes al recurso agua son; la azucarera y la del textil que abordan entre 120 a 175 m<sup>3</sup>/ Ton de aguas residuales, las mismas que poseen un alto índice de concentración de color, dichas concentración están medidas en unidades Hazen, haciendo referencia al uso del platino y cobalto para medir las concentraciones de contaminantes en al agua (Anjaneyulu et al., 2005: p.246).

**Tabla 4-2:** Cantidad de agua generadas por las industrias y límites de concentración del color

Industrias	Cantidad de agua estándares generados m <sup>3</sup> / Ton	Concentración de color Unidades Hazen
Azucarera	0,4 m <sup>3</sup> / Ton de caña triturada	150-200
Pulpa y papel	150-175 m <sup>3</sup> / Ton de papel	100-600
Textil	120 m <sup>3</sup> / Ton de fibra	1100-1300
Curtiembre	28 m <sup>3</sup> / Ton de cuero crudo	400-500
Cervecería	0,25 m <sup>3</sup> / kl de cerveza producida	200-300
Destilería	12 m <sup>3</sup> / kl de alcohol producido	200-300

Fuente: Anjaneyulu et al., 2005: p.246

### 2.2.3. La Tuna (*Opuntia ficus L*)



**Ilustración 1-2:** Plantación de la Tuna en la Estación Experimental Tunshi

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022

El nombre científico de esta planta es *Opuntia Ficus L*, pertenece a la familia de las Cactaccae. Se considera esta especie con la mayor importancia económica, pues se cultiva en los cinco continentes del mundo, de esta tuna se obtiene los frutos y los cladodios que se consumen como verdura, a su vez el cladodio también se usa como hospedero de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) (Reyes-Agüero et al., 2005: p.395). Las características de esta planta es que posee una gran cantidad de espinos en sus pencas, además posee una gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones restringidas de algunos países; en cuanto al agua es capaz de prosperar aun con poca cantidad de este líquido, se asientan de manera silvestre en terrenos poco nutritivos (Ortega, 2012, p.2).

El subgénero *Opuntia ssp* está presente en la mayoría de los países que posean suelos semiáridos o áridos, a esto se suma su gran capacidad de adaptación a diversos ambientes que oscilen entre los 15 y 40 °C (Alam-Eldein et al., 2021: p.129). La tuna dependiendo en el país en el que se encuentre adopta diversos nombres como: Nopal en México; tuna o higo en Perú, Ecuador y Chile; Chumbera en España (Almaza y Fischer, 2012: p.1015).

### 2.2.3.1. Morfología de la *Opuntia ficus*



**Ilustración 2-2:** Cladodio de la tuna

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022

#### a) Raíz

Su principal función es dar soporte a la planta, posee una raíz pivotante con ejes primarios de tamaños variables, por su duración es de tipo perenne, en los suelos con escasa humedad hay escasos pelos absorbentes, mientras que, cuando existe una buena disposición de agua el crecimiento de estas raíces es muy alta (Rodríguez et al., 2012: p.23).

#### b) Tallos

Se denominan cladodios a las pencas con apariencia de cojines aplanados de forma y pueden alcanzar de 30 a 50 cm de alto y 12 a 15 cm de diámetro, variando de acuerdo con las condiciones ambientales del lugar. Estos tallos con el tiempo adoptan una consistencia leñosa formando un troco casi cilíndrico de color grisáceo (Rodríguez et al., 2012: p.26).

#### c) Hojas

En hojas brotan en la capa epidérmica de los tallos tiernos y cuando las pencas logran un grado de madurez las hojas desaparecen dando paso a las espinas, en donde las areolas agrupan a las espinas con longitudes de 4 a 5 mm, el número de espinas va a variar de acuerdo con la especie de planta y tiene como funciones regular la transpiración y proteger a la planta de animales herbívoros (Almaza y Fischer, 2012: p.1016).

## 2.2.4. La Cochinilla



**Ilustración 3-2:** Cladodios infestados con grana cochinilla y cochinilla con cera

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022

La cochinilla de la tuna, (*Dactylopius coccus costa*) o cochinilla del carmín es un insecto que se asienta principalmente en los cladodios (tallo aplanado/ penca) y en los frutos de la tuna y se alimenta de su savia (Anchundia et al., 2002: p.70). Es un insecto parásito pequeño envuelto en una capa cerosa originario de México y de países andinos como: Perú, Bolivia y Ecuador, estos insectos son fitófagos (que su alimentación consiste en materiales vegetales), y se alimentan directamente de la penca penetrando su cuchilla bucal en el tejido del cactus para así succionar la savia de la penca (Servicio Agrícola Ganadero, 2007, p1).

### 2.2.4.1. Clasificación taxonómica.

**Tabla 5-2:** Clasificación taxonómica de la grana cochinilla

<b>Phylum</b>	Artrópoda
<b>Clase</b>	Insecta
<b>Orden</b>	Homóptera
<b>Sub-Orden</b>	Sternorrhyncha
<b>Super familia</b>	Coccoidea
<b>Familia</b>	Dactylopiidae
<b>Género</b>	Dactylopius
<b>Especie</b>	Dactylopius coccus (costa)
<b>Nombre común</b>	Cochinilla del carmín

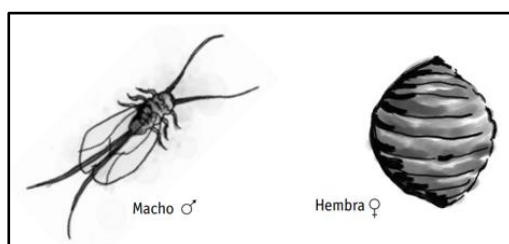
**Fuente:** Tovar, 2000, p. 9

La cochinilla económicamente más rentable para la industria del colorante natural es la hembra, ya que, al poseer una forma ovalada de aproximadamente 3,5 y 5,5 mm de longitud, en comparación de su contraparte macho, sus cuerpos almacenan mayor cantidad de ácido

carmínico en su interior (Ortega, 2012, p.2). El ácido carmínico es obtenido de la cochinilla hembra y su principal son en las industrias de los cosméticos, farmacéuticos, pinturas y principalmente en la industria alimenticia para dar coloración a bebidas, alimentos, yogurt, dulces y helados (Tovar, 2000, pp. 6-7).

#### 2.2.4.2. *Dismorfia sexual*

Se entiende por dimorfismo sexual cuando machos y hembras presentan una morfología diferente. Todo esto inicia cuando del huevo brota una larva pequeña (ninfa) la que posteriormente se traslada y se asienta en una penca, pasa por múltiples etapas de desarrollo; en algún momento estas ninfas darán origen a los machos y hembras (González, 2014, p.14). El macho adulto procede de aquellas ninfas que han sido capaces de completar su metamorfosis, su período de vida es corto, pues solo viven de 3 a 4 días, y son los únicos que poseen alas. Mientras que la ninfa hembra adulta tiende a permanecer fija en las caras de la penca, ahí se desarrolla y sufre una metamorfosis incompleta ya que en aspecto no cambia mucho, excepto por la reducción de su patas y el aumento en su volumen, el período de vida de las ninfas hembras a comparación con su contraparte los machos suelen tener un período de vida más largo que van desde los 35 a 42 días (Hernández-Hernández et al., 2005: p.80).

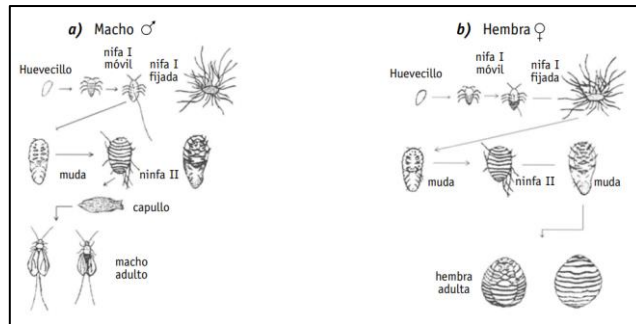


**Ilustración 4-2:** Dismorfia sexual de la grana cochinilla

**Fuente:** (Hernández-Hernández, 2005, p 81).

#### 2.2.4.3. *Morfología de la cochinilla.*

La cochinilla es un insecto que posee las siguientes características biológicas en donde se puede observar que tanto machos como hembras pasan por diferentes etapas como lo muestra la ilustración 5-2.



**Ilustración 5-2:** Etapas del macho y hembra de la grana cochinilla

**Fuente:** (Hernández-Hernández, 2005, p 80).

a) Huevo.

Los huevos en su etapa inicial tienden a ser semitransparentes, poseen una superficie lisa y son ovalado, genera colores que van desde un rojo a morado, su tamaño puede variar de acuerdo con su habitat, pero usualmente suelen ser de 1 mm de longitud y 0,5 mm de ancho (Ortega, 2012, p.6).

b) Ninfa I

Al insecto que acaba de emerger se lo denomina ninfa I, en esta etapa es posible visualizar sus antenas al igual que sus patas que están unidas a su parte ventral del cuerpo. La ninfa gracias a sus patas logra movilizarse y así localizar un sitio para su alimentación; los lugares que suelen elegir las ninfas para establecerse son: en lugares cercanos a su progenitora, lugares con bajo índice de insolación y viento (Santamaría et al., 2006: p.42). Por lo tanto, la ninfa I presenta dos fases una migrante y otra de fijación a la penca, cuando las ninfas están fijadas en las pencas aumentan su tamaño y secretan ceras.

c) Ninfa II

La ninfa I da origen a la ninfa II que también se cubren con ceras, en esta fase la mayoría de las ninfas han logrado establecerse. Sin embargo, existen otras que se desplazan en busca de nuevas y mejores condiciones, aunque es difícil que vuelvan a adherirse a la penca debido a causas ambientales como la precipitación o el viento que las imposibilita permanecer en las pencas porque las desprenden; esta fase tiene como duración de 13 a 18 días (Santamaría et al., 2006: p.43).

d) Hembra adulta

En su parte central tiene una forma ensanchada con colores rojizos y se encuentra recubierta por una sustancia de color blanca. La hembra adulta se origina cuando la ninfa II muda, y pasa por dos períodos el de pre-ovoposición que dura alrededor de 30 a 60 días, y el período de ovoposición que dura entre 10 a 20 días, en el cual las hembras llegan a depositar entre 293 como mínimo y 586 como máximos de huevecillos (Tovar, 2000, p.12).

El período de vida de la cochinilla hembra promedia entre los 130 días, en todo este tiempo llega a realizar dos mudas antes de llegar a su etapa adulta, su primera muda después de nacida lo hace a los 25 días y la segunda 50 días, y llegan a ser sexualmente maduras a los 100 días desde su nacimiento (Ortega, 2012, p.7).

e) Macho adulto

En el caso de los machos, después de la ninfa II originan un capullo donde se lleva a cabo su proceso de metamorfosis, dando como resultado un macho con alas y sexualmente maduro (Ortega, 2012, p.8). La transición desde la ninfa II hasta su adultes toma un lapso de 18 a 22 días, y en los siguientes días copulan y mueren (Hernández et al., 2017: p.2), por lo tanto, la vida del macho desde su estado de ninfa I hasta su adultes es de alrededor de 46 a 58 días, esto también va a varias de acuerdo las condiciones ambientales en que se encuentren.

#### *2.2.4.4. Ciclo biológico de la cochinilla*

El período de vida de hembras y de machos va a depender de las distintas condiciones ambientales y de su alimentación a las que se hallen expuestos, sin embargo existe estimaciones con respecto a su período de vida que varía entre machos y hembras. Las hembras y tienen un prospecto de vida cercanos a los 130 días, mientras que, los machos tienen solo de 48 a 58 días, en los cuales la mayor parte de su vida la pasa en su proceso de ninfas, ya en la vida adulta solo viven de 3 a 4 días después de haber cumplido su papel de fecundador (Flores-Hernández et al., 2006: p.109). Las cochinillas hembras tienden a ser más grandes que los machos por su alto contenido de ACAR en su interior, ovopositan alrededor de 400 a 600 huevos en todo su período de vida la apariencia de estos huevos suele asemejarse a un collar (Ortega, 2012, p.9). El macho se diferencia de la hembra a partir de la ninfa II, cuando empieza a formarse un cocón ceroso blanco para formar el estado pre-pupa y pupa que dura de 18- 22 días y así dar paso al macho adulto listo para su reproducción (Morales, 1994, p.12).

#### *2.2.4.5. Métodos de infestación de la tuna con la grana cochinilla*

Existen múltiples métodos en que la grana cochinilla pase a hospedar el cladodio, para una infestación exitosa se debe evitar acumular la cochinilla ya que esto limita a su ovoposición y a su vez puede provocar la muerte de las cochinillas por asfixia; además al momento de ser trasladadas al lugar de asentamientos las cochinillas deben contar con un ambiente fresco y correctamente ventilado esto para evitar el deceso de las cochinillas (Vigueras y Portillo, 2014: p.26). A continuación, se presentan los diversos métodos de infestación usados para el asentamiento de la grana cochinilla en la tuna.



a) Método oaxaqueño

Se emplean bolsas de palma tejida de aproximadamente 10cm de largo y 2cm de ancho (forma cilíndrica), en esta bolsa se colocan las hembras adultas y son fijadas al cladodio mediante espinas o alfileres durante 15 a 20 días, en este tiempo las hembras van ovopositando, además se recomienda rotar estas bolsas, es decir, una vez el sitio haya alcanzado su infestación la bolsa debe ser removida a otro lugar que no presente infestación con la finalidad de distribuir homogéneamente al insecto (Alvarez, 1995, p.14).

b) Método Peruano (bolsa de tul)

Se aplica bolsas de tul con cochinillas madre, las medidas de esta bolsa son de 6 x 6 tanto de alto como de ancho y se cuelgan en el cladodio con la ayuda de espinos o alfileres, la aplicación de la bolsa debe realizarse en el tercio medio de la planta debido a su tendencia a migrar hacia la parte superior de la tuna (FAO, 2018, p.114).

c) Penca al pie

Consiste en colocar un cladodio infestado con cochinillas adultas en su fase de ovoposición en la planta de tuna sujetándola con una cuerda o con espinas, este método mejora si el cladodio infestado se coloca entre dos pencas que brindan protección contra el viento y el sol (Vigueras y Portillo, 2014: p.40).

d) Ricci

Este método consiste en hacer una incisión triangular en el centro del cladodio con 2 x 2 x 2 cm, con una profundidad de 0,5cm, una vez cicatrizada la incisión se coloca a las cochinillas hembras en su estado de ovoposición para mejorar su infestación (Alvarez, 1995, p.14).

e) Paño, tela o algodón

En este método se emplea algodón, tela o paño el cual se coloca sobre la cochinilla que este cerca de ovopositar permitiendo que las crías escalen hacia el paño que luego va a ser trasladado y adherido a la planta para su infestación (FAO, 2018, p.40).

f) Contenedor de papel

Consiste en realizar un recipiente pequeño de papel reciclado, en cual contiene cochinillas hembras en ovoposición y se fijan en planta mediante espinas (Vigueras y Portillo, 2014: p.41).

g) Gravedad

Este método se aprovecha en los primeros días de ovoposición de la grana ya que las ninfas caminadoras caen hacia las pencas que están en la parte inferior por acción de la gravedad permitiendo así su infestación (Ramírez y Arroyo, 2017: p.2007).

#### *2.2.4.6. Cosecha de la cochinilla*

Para (Vigueras y Portillo, 2014: p.42) la recolección o cosecha de la cochinilla puede efectuarse de múltiples formas. Para empezar la cosecha busca la separación del insecto de la planta o del del cladodio, siempre teniendo en consideración al insecto ya que posee un cuerpo muy delicado.

#### *2.2.4.7. Técnicas de cosecha*

##### a) Cepillado con brochas de fibras naturales

Las fibras naturales permiten desprender a las cochinillas sin perforarlas o dañarlas, dejándolas caer en un recipiente captador (Centeno, 2003, p.13).

##### b) Empleando una hoja metálica o utensilios de plástico

Mediante la hoja pasa por el cladodio se va desprendiendo la cochinilla dejándola caer en un recipiente recolector (Centeno, 2003, p.13).

##### c) Por medio de aire a presión

Mediante esta técnica se busca desprender a la cochinilla mediante la acción del aire a presión, una característica de esta técnica es que se puede dirigir manualmente la dirección del aire, permitiendo el desprendimiento de la cochinilla de cada cladodio. Los insectos pasan a ser recolectados mediante una malla milimétrica (Centeno, 2003, p.13).

#### *2.2.5. Sacrificio de la cochinilla*

Se recomienda realizar este proceso durante un período menor a 24 horas, para evitar la ovoposición de las cochinillas (Tovar, 2000, p.24). A continuación, se presentan métodos de sacrificio.

##### a) En agua hirviendo

El insecto se coloca en bolsas de tela sujetado con una cuerda y se inmersa la cochinilla durante 1.5 a 2.5 minutos en agua a ebullición. Una desventaja de este método es que se pierde colorante en la inmersión al agua caliente.

##### b) Mediante vapor de agua

El insecto se coloca en bolsas y se coloca en una caja cerrada con una base de malla y se coloca en un recipiente cerca del agua hirviendo de manera que la bolsa no se sumerja en el agua con la finalidad de sofocar a las cochinillas.

c) Por congelación

Las cochinillas son sometidas a temperaturas bajo los 0°C, durante un período de 6 horas para después ser expuestas al sol.

d) Por asfixia

En este método se coloca la cochinilla dentro de una bolsa plástica, se cierra lo mejor posible y se coloca al sol durante 3 horas; otro método si no hay sol, es someterlo a una estufa durante 3 horas a una temperatura máxima de 38°C.

### **2.2.6. Secado**

El secado se considera una de las fases más importantes ya que es la causante de la calidad del ácido carmínico. En esta fase se busca que el producto tenga una humedad del 8 al 10 % peso (Centeno, 2003, p.13). El secado de la cochinilla se puede dar en diferentes superficies como: telas, bandejas de metal y lonas, hay que tomar en consideración que el espesor no sobrepase a 1 cm (Mamani y Huamani, 2015: p.43).

#### **2.2.6.1. Tipos de secado**

a) Exposición directa al sol o natural

En las zonas rurales donde se cultiva la grana cochinilla este tipo de método es muy común. La cochinilla es extendida y se coloca en un lugar estratégico donde la exposición al sol sea directa durante un período de 4 a 5 horas durante 6 días evitando así la aparición de hongos. La desventaja de este método es el tiempo empleado.

b) En horno o artificial

Para este método se emplea hornos o estufas de aire caliente que permitan regular la temperatura a 65°C durante un período de 4 horas, la duración del secado va a depender de cuán grande sea la cochinilla. Este método es muy útil, ya que el secado se realiza en un período corto, teniendo en cuenta que la temperatura no sobrepase los 65°C.

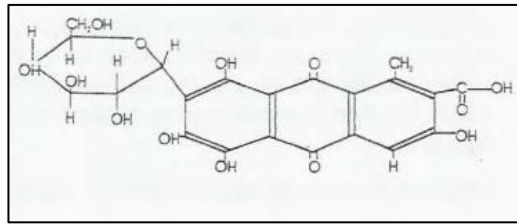
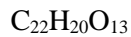
## 2.2.7. Ácido carmínico

### 2.2.7.1. Aspectos generales del ácido carmínico

#### a) Origen

El ácido carmínico se considera a aquella sustancia que está presente dentro de los cuerpos de las hembras cochinillas *Dactylopius coccus costa* y se obtiene a partir de extracciones alcohólicas, acuosas o acuosas alcohólicas (Erazo y Caso, 2001: p.12).

Formula química del ACAR



**Ilustración 6-2:** Forma estructural del ácido carmínico

**Fuente:** (Erazo, 2001, p 49).

#### b) Denominación química

Ácido 7-β-D-glucopiranosil-3,5,6,8-tetrahidroxi-1-metil-9,10-dioxoantraceno-2- carboxílico (ácido carmínico); el carmín es el quelato aluminico hidratado de este ácido.

#### c) Codificación en las industrias

En la industria alimentaria la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) codifica al Ácido carmínico como E-120 denominado rojo cochinilla, mientras que, el Codex Index el numero asignado es 75470 denominado rojo natural n°4.

#### d) Estándares de calidad de la cochinilla

De acuerdo con el la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) el ACAR debe cumplir con:

**Tabla 6-2:** Requisitos establecidos por FDA. EE. UU. para la cochinilla

Característica	Primera calidad	Segunda calidad
Humedad	8 – 10 %	11 %
Ceniza	5 %	12 %
Ácido carmínico	19 – 25 %	12 %
pH	5.0 – 5,5 a 25°C	5.0 – 5,5 a 25°C

**Fuente:** Code of Federal Regulations, 2022

**Tabla 7-2:** Requisitos establecidos por el NTP, Perú para la cochinilla

Característica	Primera calidad	Segunda calidad
Humedad	13 %	12 %
Ceniza	5 %	12 %
Ácido carmínico	17,5 %	10 %

Fuente: Asociación de Exportadores, 2009, p 3

e. Uso del ácido carmínico como indicador de pH

Se considera como indicadores a aquellas sustancias que añadidas en pocas cantidades pueden determinar si se trata de un ácido o una base debido a que va a variar su color (González, 2014, p.21). Para determinar si se trata de un medio ácido, al añadir ácido carmínico tomara una tonalidad amarilla; mientras que, si el medio es básico presenta una tonalidad violeta.

2.2.7.2. Análisis de la materia prima

El análisis de la materia prima corresponde a los procedimientos que se va a tomar antes de iniciar la extracción del ACAR con la finalidad de evaluar sus características y componentes presentes en la cochinilla. De acuerdo con el análisis químico de la cochinilla se establece rangos de calidad al que debe ajustarse la cochinilla para iniciar su proceso de extracción (Code of Federal Regulations, 2022), por lo tanto, la materia prima deber ser sometida a procesos de determinación de humedad, cera, cenizas y porcentaje de ácido carmínico.

a) Determinación de Humedad

El agua al estar presente en todos los alimentos afecta el olor, textura y aspecto del alimento y está relacionado con cantidad de agua almacenada, su estado físico y dispersión. El agua puede hallarse en la materia en dos estados enlazada, es decir posee moléculas de agua unidas por puentes de hidrógeno o unidas de forma química; y la libre, es aquella que no está unida a una matriz y posee la capacidad de congelarse o perder dicha agua por secado o evaporación (Méndez, 2020, p.26). El contenido de agua presente en la materia guarda una estrecha relación con el contenido de humedad presente en el aire.

Importancia de medir la humedad

- Valores altos de humedad favorecen al crecimiento de microorganismos
- Un exceso de agua afecta a la textura, especialmente a las carnes curadas
- Durante las etapas de fabricación el control de la cantidad de agua es una manera sencilla de control.

b) Eliminación de la capa de cera

Para la eliminación de la capa cerosa que cubre a la cochinilla, se puede dar uso de los solventes orgánicos como la acetona, la misma que es de suma importancia para la posterior etapa de operación ya que la cochinilla debe estar libre de cera durante su proceso de extracción (Pérez, 2014, p.7).

c) Determinación de Cenizas

Se implementa la incineración para la destrucción de toda materia orgánica, en donde las sales metálicas juntamente con los ácidos orgánicos pasan a convertirse en óxidos o carbonatos, o a su vez reaccionan para formar fosfatos, haluros o sulfatos. La estructura de las cenizas está compuesta por carbonatos provenientes de la materia orgánica, mientras que en las cenizas vegetales predomina los derivados de potasio y en las cenizas de animales predomina el sodio (Méndez, 2020, p.28).

Importancia de la determinación de cenizas

- Nos proporciona la cantidad de minerales presentes en la muestra.
- Nos da una idea acerca del tipo de producto y su calidad comercial.
- Establece que tan limpio se encuentran las materias primas vegetales.
- Sirve para evaluar la calidad de alimentos.

d) Análisis espectrofotométrico

Se considera a la espectrofotometría como el conjunto de pasos en el que se involucra la luz para medir las concentraciones de un compuesto en solución (Begazo y Bendita, 2018: p.23). Cualquier sustancia que capte luz visible se manifiesta coloreada cuando se emite una luz. La sustancia absorbe ciertas longitudes de onda de la luz blanca, y nuestros ojos detectan las longitudes de onda que no se absorben. El color observado se llama el complementario del color absorbido (Mamani y Huamani, 2015: p.30).

**Tabla 8-2:** Longitudes de onda de máxima absorbancia y colores observados

Longitud de onda de máxima absorbancia (nm)	Color Absorbido	Color Observado.
380-420	Violeta	Amarillo verdoso
420-440	Azul Violáceo	Amarillo
440-470	Azul	Naranja
470-500	Verde azulado	Rojo
500-520	Verde	Púrpura
520-550	Verde Amarillo	Violeta

550-580	Amarillo	Azul violáceo
580-620	Naranja	Azul
620-680	Rojo	Verde azulado
680-780	Púrpura	Verde

Fuente: Agreda, 2009 p 17.

La ley de Beer-Lambert establece que la absorbancia de cualquier solución es directamente proporcional a la concentración de dicha solución. Por consecuencia se hace posible el uso del UV/Vis para determinar la concentración de una solución (Cespedes, 2006, p.22).

Componentes de un espectrofotómetro.

a) Fuente de luz

*Es aquella que ilumina la muestra a través de lámparas tungsteno y arco de xenón y cumple con las condiciones de: estabilidad, direccionalidad, distribución de energía espectral continua (Ortega, 2012, p.35).*

b) Monocromador

*Es aquel que obtiene la luz monocromática y está constituido por rendijas de entrada y salida, colimadores y el elemento de dispersión (Ortega, 2012, p.36).*

c) Fotodetectores

*En los equipos modernos se hallan alrededor de 16 fotodetectores que perciben la señal de manera simultánea en 16 longitudes de onda, cubriendo el espectro visible (Ortega, 2012, p.36).*

### 2.2.7.3. Métodos de extracción del ACAR

Mediante una extracción acuosa se puede obtener el ácido carmínico, el cual es precipitado como un complejo metálico, mientras que el complejo se separa y se dispersa en alcohol o agua y luego es tratado con la finalidad de dejar libre el ácido carmínico (Gibaja, 1998, p.176).

Para obtener el ácido carmínico en cristales se puede hacer uso de:

a) Método de schützemberger

Este método consiste en una extracción con agua desionizada más cochinilla molida que posteriormente se pasa a un proceso de ebullición, decantación y filtración. A la solución obtenida se coloca una solución de acetato de plomo para formar carminato de plomo el mismo que pasa a ebullición y a un reposo para sedimentar el complejo. El complejo se decanta y se lava con agua, y se hace el paso de una corriente de hidrógeno sulfurado para su

descomposición completa, dejar reposar y filtrar. La solución obtenida se somete a destilación para así obtener un concentrado de ACAR. Finalmente se coloca el concentrado en un cristizador al vacío para formar cristales (Gibaja, 1998, p.198).

b) Método de Schunck-Marchlewski

Se inicia con la ebullición de la cochinilla más el agua desionizada se decanta y se filtra, de la solución obtenida se determina la cantidad de ácido carmínico, así mismo se coloca acetato de plomo para formar carminato de plomo, se pasa a ebullición y se deja sedimentar el complejo. El complejo se dispersa en una solución de metanol- ácido sulfúrico se decanta y se filtra. Se destila la solución alcohólica a presión reducida, el concentrado se deja en un cristizador con ácido sulfúrico para la formación de cristales de ácido carmínico (Gibaja, 1998, p.199).

c) Método Japonés

Se hace uso de agua desionizada, ácido tartárico, gelatina y cochinilla molida, se coloca en la autoclave por 10 minutos, se deja reposar y se filtra el líquido. La solución obtenida se destila a presión reducida con la finalidad de obtener un extracto concentrado con niveles altos de ACAR (Agreda, 2009, p.13).

d) Método de Gibaja- Montes

Este método consiste en ebullición de la cochinilla junto con el agua desionizada, se decanta y se filtra, la cochinilla residual pasa por varios procesos de extracción. A la solución obtenida se añade un complejante para formar carminato de calcio. Se separa el carminato de calcio, se dispersa en una solución metanol-ácido clorhídrico y se deja reposar para después pasar por una filtración. La solución obtenida se destila para obtener un concentrado de ácido carmínico y finalmente se deja evaporar para la formación de cristales (Gibaja, 1998, p.200).

e) Método de forgiós-1

Consiste en llevar a ebullición una mezcla de agua desionizada, ácido clorhídrico y cochinilla limpia. El extracto obtenido pasa por una filtración, la solución pasa a una destilación reducida con la finalidad de obtener un extracto concentrado, se añade alcohol etílico y se somete a una destilación azeotrópica, el extracto se filtra y se concentra por destilación reducida y finalmente el extracto obtenido se deja reposar para la cristalización del ácido carmínico (Gibaja, 1998, p.201).

### **2.2.8. Carmín de cochinilla**

El carmín es un derivado de la cochinilla y se comercializan en forma de líquidos o lacas a diferentes concentraciones (Pérez, 2014, p.5). Las lacas de carmín se consideran como una sal



calcio- alumínica o alumínica derivada de una extracción acuosa de la cochinilla limpia que luego se someten a precipitación para su separación, y es soluble en medios alcalinos e insoluble en agua y alcohol (Mamani y Huamani, 2015: p.31). El carmín de la cochinilla al ser sintetizado con diferentes iones metálicos da origen una gran gama de colores.

**Tabla 9-2:** Variaciones de colores de acuerdo con el ion metálico

Ion metálico	Color obtenido
Aluminio	Rojo- Violeta
Aluminio-calcio	Rojo escarlata
Aluminio- magnesio	Rojo- rosa
Aluminio- calcio-estaño	Rojo intenso
Aluminio- mercurio	Rojo escarlata
Bario	Violeta
Berilio	Rojo fluorescente
Calcio	Negro
Cobre	Negro
Cromo	Púrpura
Circonio	Púrpura
Estaño	Rojo
Estroncio	Rojo
Estaño (estanoso)	Violeta
Galio	Rojo ceniza
Hierro(ferroso)	Café negruzco
Hierro (férrico)	Café- violeta
Indio	Púrpura
Mercurio	Rojo intenso
Magnesio	Negro
Plomo	Púrpura
Plata	Anaranjado
Sodio	Violeta
Torio	Púrpura
Uranio	Verde esmeralda

Fuente: Gibaja, 1998, p 203.

El carmín puede generar múltiples colores los mismos que son usados en diferentes industrias, pero consecuencia si el carmín si se va a implementar en la industria alimenticia primero debe pasar por un proceso de pasteurización para eliminar la salmonella (Centeno, 2003, p. 21).

#### 2.2.8.1. Métodos de extracción del carmín

De acuerdo con Gibaja (1998, p.207 ) existen múltiples métodos para la extracción del carmín y su rendimiento varía de acuerdo al método usado.

##### a) Método Carré

Consiste en que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 15 litros de agua destilada, además se adiciona carbonato de sodio y ácido cítrico; para el proceso de laqueado se añade

5,50 de sulfato doble de aluminio y potasio por litro de solución con la finalidad de sedimentar la laca, y finalmente pasa por una filtración y secado.

b) Método Alemán

El método alemán consiste en que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 15 litros de agua destilada, para la sedimentación de la laca se adiciona 2,91 gramos de sulfato doble de aluminio y potasio por litro de solución a ser precipitada, así mismo pasan por un proceso de filtrado y secado.

c) Método Frances

Este método plantea que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 15 litros de agua destilada, por consiguiente, se implementa la adición de 0,73g de bitartrato de potasio con 1,82g de sulfato doble de aluminio y potasio por litro de solución, para la separación de la laca obtenida se decanta y se filtra, y finalmente pasa por un proceso de secado.

d) Método Inglés

Este método propone que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 15 litros de agua destilada junto con carbonato de sodio que pasan a ebullición y para el laqueado se añade 1,82 gramos de sulfato doble de aluminio y potasio pasa a un proceso de ebullición donde se agrega gelatina y se deja sedimentar y finalmente la pasta se filtra y se seca.

e) Método de Thorpe

El método de Thorpe plantea que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 15 litros de agua destilada que pasa a ebullición y repetidas extracciones; para el laqueado se implementa sulfato doble de aluminio y potasio y se deja sedimentar, para separar la laca se lo hace mediante una filtración al vacío y posteriormente se envía la laca a la estufa para su secado.

f) Método de forgiós-2

Este método propone que por cada kilogramo de cochinilla seca se añade 22 litros de agua destilada, junto con la cochinilla se añade fosfato de sodio monobásico y un antioxidante que después pasan a un proceso de ebullición y varias extracciones al cual se le añade ácido clorhídrico, se deja reposar y se filtra, dicho filtrado se le agrega carbonato de calcio y sulfato doble de aluminio y potasio para formar a la laca, al producto laqueado se coloca una solución de ácido clorhídrico 2N para ajustar su pH, la solución se deja sedimentar y se filtra para finalmente pasar a un secado.

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de investigación

La investigación planteada es de tipo mixta ya que abarca un investigación de tipo cualitativa, misma que consiste en establecer un tamaño óptimo de grana cochinilla de acuerdo datos bibliográficos; mientras que el enfoque cuantitativo se basa en los resultados que se obtengan mediante el proceso la extracción del ACAR el cual debe ajustarse a los parámetros de calidad de la cochinilla; según el objetivo es de tipo aplicada ya que se busca resolver los problemas actuales como es la contaminación al ambiente a través del uso de colorantes de tipo natural; y según su nivel de profundización se lo considera explicativa ya que mediante la revisión de literatura se pretende dar a conocer un producto amigable con el ambiente y con la salud humana; según la manipulación de variables experimental ya que se trabaja mediante la manipulación de la temperatura y granulometría para lograr un porcentaje óptimo de ácido carmínico; y según el período temporal se lo considera transversal.

#### 3.2. Diseño de la investigación

Para el diseño experimental se usó un diseño factorial 2k, se escogió este tipo de diseño debido a que es más eficiente y confiable; y es adecuado ya que se puede conocer que efecto tienen los factores k sobre una respuesta permitiendo realizar una comparación, control, manipulación de los datos obtenidos.

#### 3.3. Identificaciones variables

##### 3.3.1. Variables dependientes

- Obtención de ácido carmínico

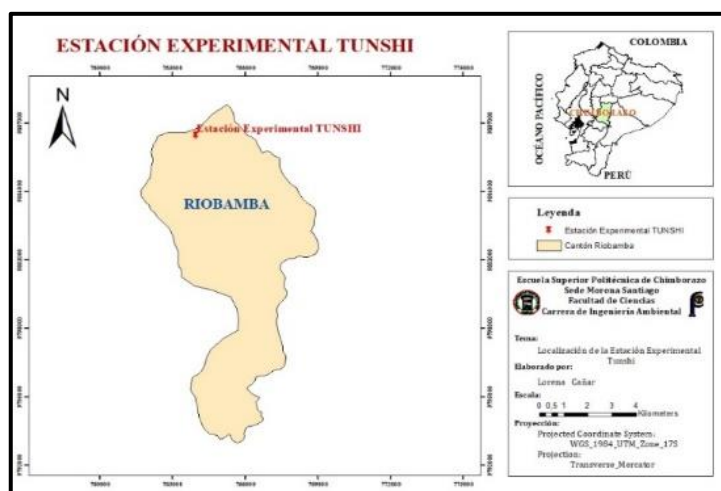
##### 3.3.2. Variables independientes

- Temperatura °C
- Granulometría (malla)

### 3.4. Localización del proyecto

En la cordillera de los Andes a 2.750 msnm se encuentra Riobamba a una latitud de  $-1.66667$  y longitud de  $-78.6333$ , se caracteriza por un clima templado con temperaturas que van de  $8^{\circ}\text{C}$  hasta los  $19^{\circ}\text{C}$  y con precipitaciones anuales de 1462mm (Pérez y López, 2015: p. 18); considerado como idóneo para el estudio, debido a; que presta las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo tanto de la tuna como de la grana cochinilla.

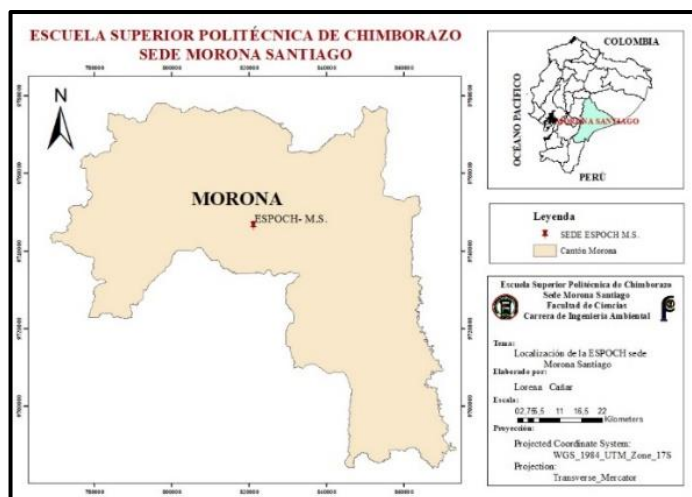
Para la realización de este proyecto se contó con dos localidades la primera es el sitio de recolección de la materia prima y el segundo es el lugar donde se va a llevar a cabo el proceso de extracción de ácido carmínico. El lugar establecido para la recolección de la materia prima está ubicado en la provincia de Chimborazo, específicamente en la estación experimental Tunshi, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



**Ilustración 1-3:** Ubicación de la Estación experimental Tunshi lugar de la materia prima

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

Localización dos: el proceso de extracción de ácido carmínico se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago en el laboratorio de química, perteneciente a la Facultad de Ciencias.



**Ilustración 2-3:** Ubicación para la extracción del ACAR, ESPOCH Sede Morona Santiago

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

### 3.5. Población de estudio

Centro de crianza de la grana cochinilla *Dactylopius coccus costa* ubicada en la Estación experimental Tunshi, cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

### 3.6. Tamaño la muestra

La determinación del tamaño de la muestra se obtuvo mediante un diseño factorial obteniendo 4 muestras a realizar con un peso de 3 g por tratamiento; donde, el signo negativo representa en valor mínimo de las variantes y el signo positivo representa el valor máximo de las variantes.

**Tabla 1-3:** Diseño experimental factorial 2k

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Temperatura	Granulometría
1	1	1	1	-1	-1
2	2	1	1	1	-1
3	3	1	1	-1	1
4	4	1	1	1	1

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

### 3.7. Método de la Experimentación

Para llevar a cabo la experimentación y con la finalidad de dar solución a los objetivos planteados se hace uso de la metodología de (Marmion ; citado en Centeno, 2003) para determinar el porcentaje de ácido carmínico de la cochinilla, establecido en el Handbook of U.S. colorants for food, drugs and cosmetic; además se toma como referencia la metodología plateada por Gibaja (1998, p.200) en la cual enfatiza la obtención de ácido carmínico por cristales.

### 3.8. Planificación de la Experimentación

#### 3.8.1. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Este punto pone en lista todos los instrumentos, materiales y reactivos que se usó para la extracción del ácido carmínico.

**Tabla 2-3:** Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria para la experimentación

<b>Insumos, Reactivos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>
Grana cochinilla. Cloruro de calcio Ácido clorhídrico Metanol	Recipiente Brocha Bandejas metálicas Guantes	Tamizador Balanza analítica Termómetro Estufa Mufla Bomba de filtrado al vacío Espectrofotómetro Reverbero	Matraz Erlenmeyer de 200ml Pipeta 20 ml Vasos de precipitación 50, 100, 500 ml Espátula Agitador Varilla Embudo Termómetro Mortero Vidrio reloj Filtro

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

#### 3.8.2. Etapas de la experimentación para la extracción de ácido carmínico

- ET1: Recolección
- ET2: Análisis de la materia prima
- ET3: Limpieza y acondicionamiento
- ET4: Extracción
- ET5: Rendimiento / resultado

##### 3.8.2.1. Recolección (ET1)

Recolección de la grana cochinilla

La recolección de este insecto es mediante el uso de una brocha grande con cerdas suaves que protejan el cuerpo delicado de la cochinilla, las muestras se colocaron en un frasco limpio.

### 3.8.2.2. Análisis de la materia prima (ET2)

Previo a someter a la grana cochinilla a un proceso de extracción se analizó las características físicas y químicas.

#### 1. Análisis Físico de la cochinilla

En esta etapa se analiza tanto su color, textura, tamaño y olor de la cochinilla en su estado fresco.

#### 2. Análisis químico de la cochinilla.

##### a) Determinación de la humedad NTP 011.207: 1988 (Revisado 2021).

Procedimiento:

- Se usa vidrio reloj previamente lavadas y enjugadas con abundante agua destilada para retirar cualquier rastro de impurezas.
- Para su proceso de secado se coloca el vidrio reloj en la estufa durante 20 min para posteriormente ser trasladadas al desecador en el cual cumple la función de enfriamiento.
- En el vidrio reloj ya frío y tarado se coloca 5 gramos de cochinillas.
- La muestra previamente pesada pasa a la estufa durante 30 minutos a una temperatura de 120°C, transcurrido el tiempo se retira la muestra y se coloca en el desecador hasta que tome una temperatura ambiental.
- Una vez que la cochinilla haya alcanzado temperaturas ambientales se coloca nuevamente en la estufa hasta lograr un peso constante.

Para conocer el contenido de humedad expresada en porcentaje presente en la grana cochinilla se hace uso de la fórmula.

$$\%Humedad = \frac{P_1 - P_2}{m} \times 100$$

Donde

P<sub>1</sub>= peso del vidrio reloj más la muestra antes de colocar en la estufa g

P<sub>2</sub>= peso del vidrio reloj más la muestra después del secado g

M= peso de la muestra g.

Nota: la humedad optima de la cochinilla debe estar entre valores de 10 al 13 % para dar paso al su tratamiento.

##### b) Eliminación de cera.

Al no existir un proceso adecuado para la extracción de la cera se ha tomado el método de la Dra. Cumandá Beatriz Játiva; el cual determina la cantidad de cera que cubre a la cochinilla (Ortega 2012).

Procedimiento

- Se toma una muestra con 5g de cochinilla y se coloca en un vaso de precipitación.
- Se añade 15ml la acetona y se agita constantemente para separar la cera impregnada.
- Para expresar el contenido de cera en porcentaje presente en la grana cochinilla se hace uso de la fórmula.

$$\%cera\ perdida = \frac{P_1 - P_2}{m} \times 100$$

Donde

P<sub>1</sub>= cochinilla con cera (g)

P<sub>2</sub>= peso final después de la extracción (g)

m= peso de la muestra g

c) Determinación de ceniza NTP 011.206: 1988 (Revisado 2021).

Procedimiento

- Los crisoles son lavados con detergente y agua destilada para eliminar cualquier impureza impregnada
- Los crisoles se colocan en la estufa por un período de 20 min y posteriormente son trasladados al desecador para enfriarlo
- En el crisol frío y tarado se colocan 5g de cochinilla seca, la muestra es trasladada a la mufla por un período de 4 horas a una temperatura de 800°C hasta obtener un residuo blanquecino.
- El residuo de la ceniza se retira con cuidado de la mufla con ayuda de una pinzas y posteriormente dichas cenizas son colocadas en desecador hasta que se enfríe y finalmente se pesa para conocer el porcentaje de ceniza de la grana cochinilla aplicando la siguiente fórmula.

$$\%Ceniza = \frac{P_1 - P_2}{m} \times 100$$

Donde

P<sub>1</sub>= peso final (peso del crisol con la muestra calcinada) g

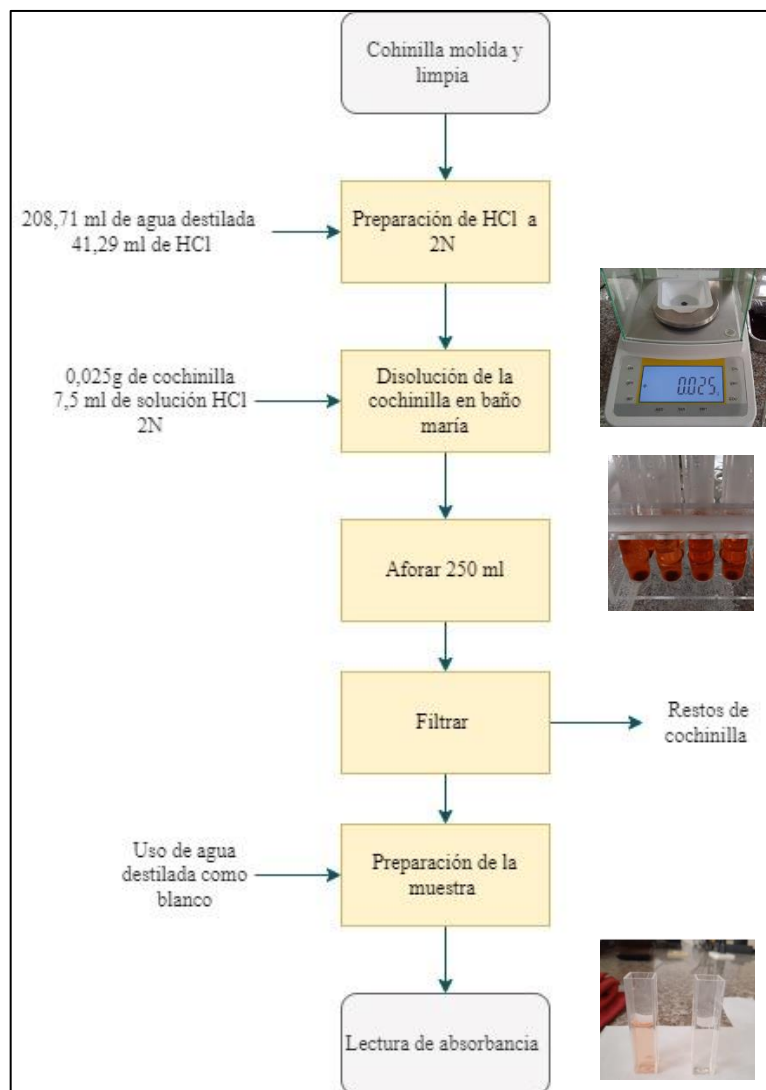


P2= peso inicial (peso del crisol vacío) g

m= peso de la muestra g

Nota: la cochinilla de primera calidad se caracteriza debido a que su porcentaje de ceniza es menor al 5 %, si el resultado presenta mayores valores a lo estimado quiere decir que existe impurezas extrañas en la muestra.

d) Determinación de la absorbancia de la grana cochinilla para hallar el porcentaje de ácido carmínico usando el procedimiento descrito por (Marmion citado en Centeno 2003, p. 35 ).



**Ilustración 3-3:** Diagrama de flujo para determinar la absorbancia de la cochinilla

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

Una vez determinada la absorbancia por espectrofotometría se debe aplicar la siguiente fórmula para determinar el % de ACAR

$$\%ACAR = \frac{A \times 100}{a \times b \times c}$$

$$\%ACAR = \frac{A \times 100}{13.9 \times 1 \times 0.1}$$

Donde:

A: Es la absorbancia

a: Es la absorbancia en L/g cm

b: Es la longitud de la celda en cm

c: Es la concentración en g/L

### 3.8.2.3. Limpieza y Acondicionamiento (ET3)

#### a) Limpieza de restos de la tuna

Esta consiste en una limpieza superficial en la cual se busca quitar los elementos de gran tamaño que cubren a la cochinilla como, cera de gran volumen, espinos y pequeños palos que se hallan en la muestra.

#### b) Muerte de la cochinilla

La muerte de la cochinilla debe estar entre las 24 horas después de su recolección, para esto se colocó la cochinilla en bandejas de aluminio evitando aglomeración del insecto, después es pasado a una estufa a 60°C por un período de 8h.

#### c) Eliminación de cera

Para quitar la cera que cubre a la cochinilla se usa acetona e implemente agitación manual con la finalidad de obtener una cochinilla totalmente limpia.

#### d) Molienda

La cochinilla previamente lavada es colocada en un mortero para obtener un polvo fino de cochinilla.

#### e) Tamizaje

Para facilitar la extracción del ACAR la cochinilla ha pasado por un proceso de tamizaje con dos tipos de mallas.

**Tabla 3-3:** Granulometría usada para el proceso de la extracción del ACAR

N° de malla ASTM	Sistema Internacional μm
40	425
140	106

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.



**Ilustración 4-3:** Cochinilla molida y tamizada

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

f) Cochinilla molida y separada

Guardar la cochinilla molida y separada en bolsas de polietileno para iniciar en el proceso de extracción.

*3.8.2.4. Extracción del ACAR (ET4)*

a) Extracción 1

Se obtiene mediante una extracción sólido-líquida, en donde se pesa 3g de cochinilla, se añade agua destilada (360ml) y se lleva a temperaturas de 70°C y 90°C por un período de 15 min, se realiza varias extracciones (6 veces) con la finalidad de dejar una cochinilla totalmente agotada, es decir, sin colorante.

b) Sedimentación

Se toma 500ml del líquido obtenido de la fase anterior y se agrega 5ml de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), permitiendo así la precipitación del carminato de calcio ( $\text{CaC}_2\text{H}_{14}\text{O}_{16}$ ), el cual se decantó por un período de 24 horas, obteniendo así una separación del líquido y del sólido.

c) Filtración 1

Mediante el empleo de papel filtro se obtiene el carminato de calcio sólido, eliminando así el líquido residual que está agotado.

d) Extracción 2

Se coloca el sólido de carminato de calcio en un vaso de precipitación y se añade 12,5 ml de ácido clorhídrico (HCl) y 10 ml de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) para obtener una solución de ácido carmínico.

e) Sedimentación y Filtración 2

Se decanta y se filtra para poder obtener el ácido carmínico en forma líquida y así eliminar el residuo sólido.

### 3.8.2.5. Rendimiento (ET5)

#### a) Secado

Para el proceso de secado el líquido es llevado a un pH de 3, y finalmente es colocado en la estufa durante 6 horas, a una temperatura de 75°C, obteniendo así el ACAR en forma de cristales.

#### b) Fórmula para el rendimiento del ACAR

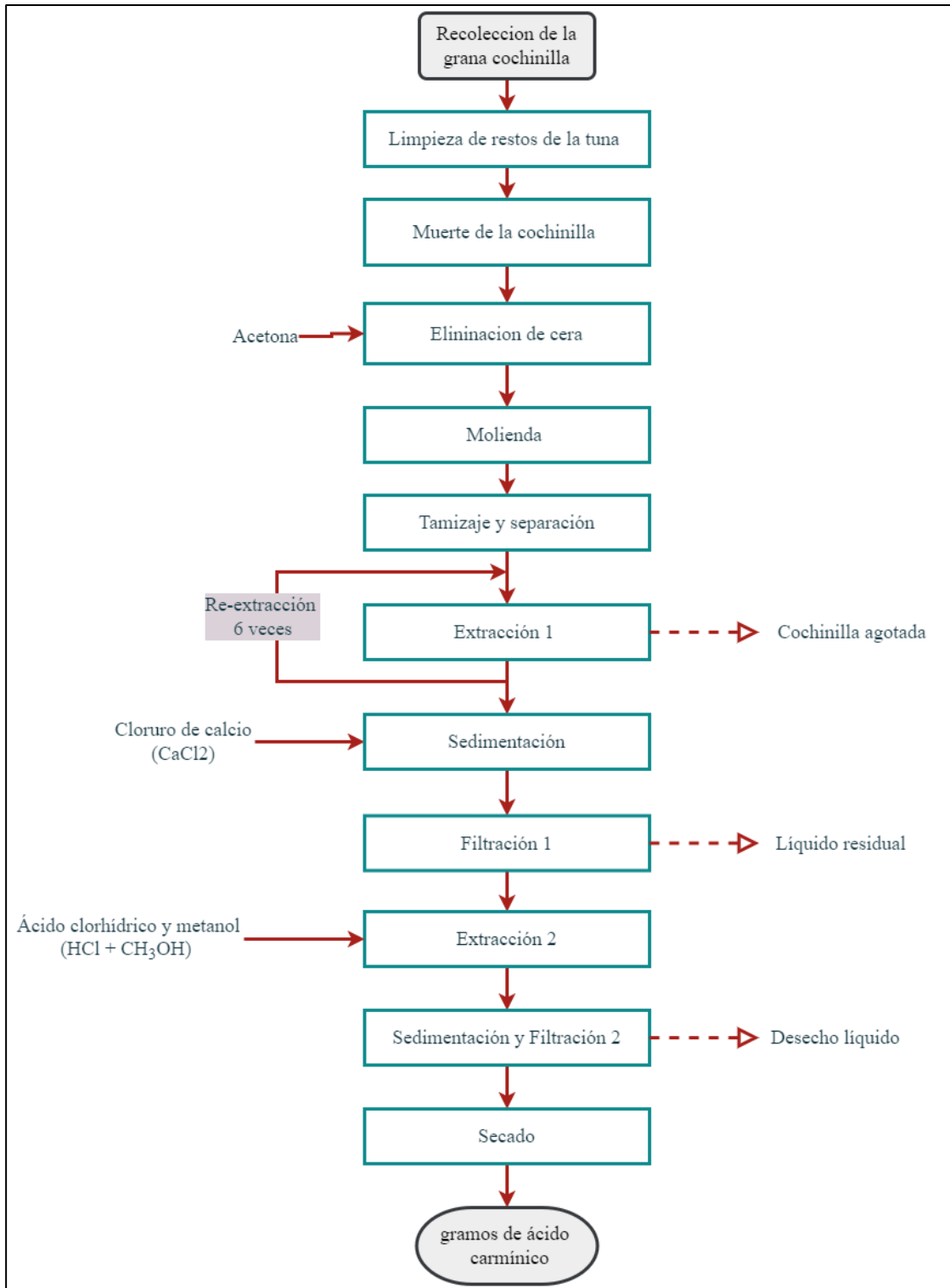
$$\%R = \frac{M2}{M1} \times 100$$

Donde:

M2 = Peso de la masa final del colorante obtenido después de la extracción.

M1 = Peso de la masa inicial cochinilla en polvo.

### 3.9. Diagrama de flujo para el proceso de extracción del ácido carmínico



**Ilustración 5-3:** Diagrama de flujo para la extracción de ácido carmínico en cristales

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

### 3.9.1. Pasos para extracción de carmín

#### Procedimiento

##### a) Extracción

- En un vaso de precipitación se coloca 300ml de agua destilada junto con 10 g de cochinilla y se pasa a ebullición durante un período de 15 minutos.
- La mezcla se deja reposar, se decanta el líquido y se filtra con una bomba al vacío, hacer varias re-extracciones con agua destilada y nuevamente se decanta y se filtra.
- Los líquidos resultantes son mezclados con la finalidad de tener una mezcla homogénea y lista para obtener el carmín.

##### b) Precipitación del carmín

- En un vaso de precipitación se coloca 200ml la solución anterior y se le adiciona 1,75 g de alumbre (Sulfato doble de aluminio y potasio)  $KAl(SO_4)_2$ .
- La solución para a ebullición con agitación durante 15 min, dejar en reposo para la sedimentación de la laca durante un período de 13 horas.

##### c) Separación del carmín

Transcurrido el tiempo indicado el carmín ha decantado y pasa por una bomba de filtrado al vacío para eliminar el resto líquido.

##### d) Secado

La pasta de carmín anteriormente filtrado se coloca en una estufa a 60°C durante 40 a 60 minutos.

##### e) Molienda

Una vez seco el carmín pasa a un mortero donde es triturado hasta pulverizarlo, obteniendo así un color violeta.

##### f) Rendimiento del carmín

Fórmula para el rendimiento del carmín

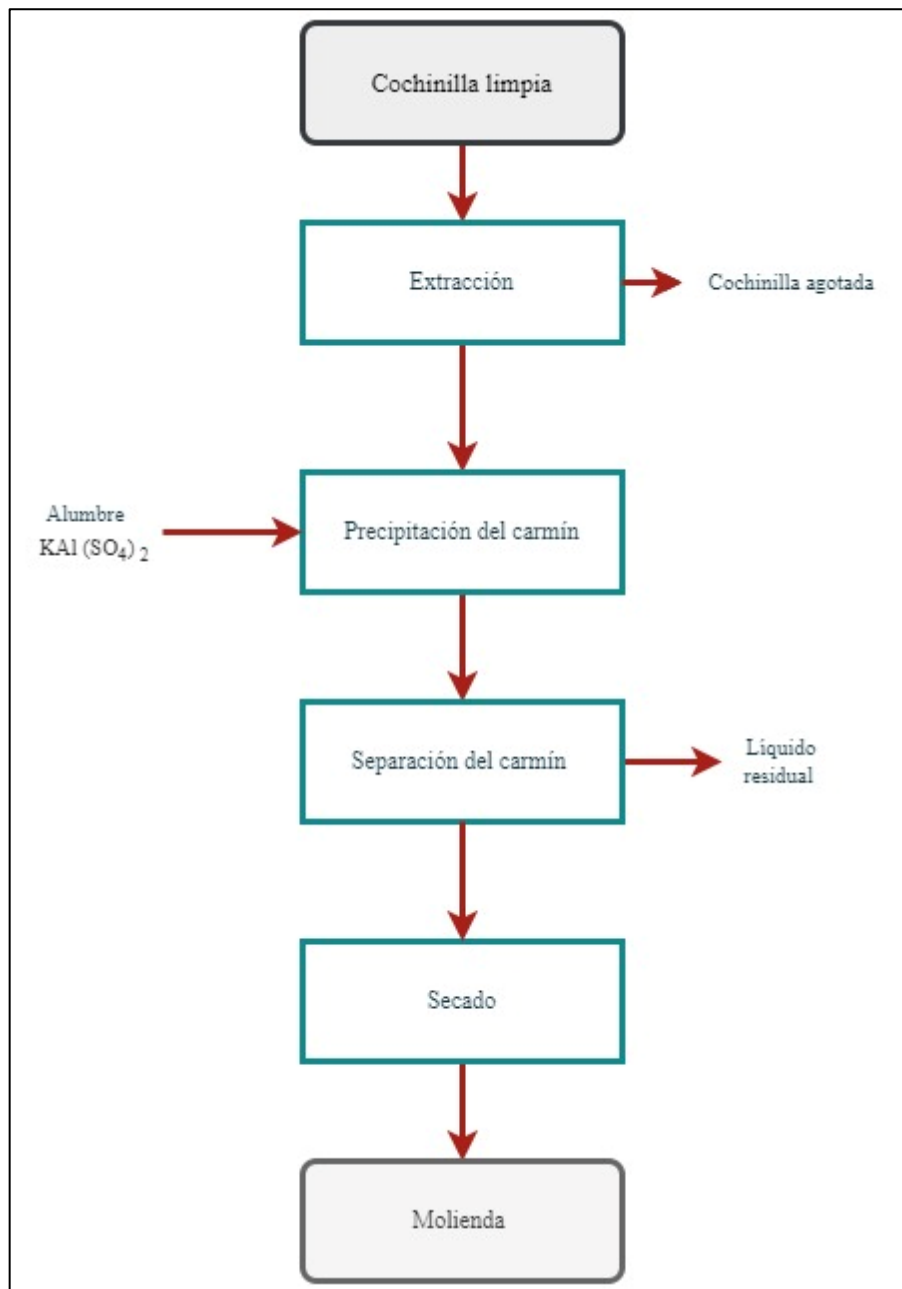
$$\%R = \frac{M2}{M1} \times 100$$

Donde:

M2 = Peso de la masa final del colorante obtenido en polvo después de la extracción.

M1 = Peso de la masa inicial cochinilla en polvo.

3.9.1.1. Diagrama de flujo para el proceso de extracción del carmín



**Ilustración 6-3:** Diagrama de flujo para el proceso de extracción del carmín

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de la materia prima (ET2)

El análisis de la materia prima consiste en los análisis físicos y químicos. Los análisis físicos abarcan aquellas características que se pueden percibir directamente con los sentidos; mientras tanto el análisis químico cuantifica la calidad química de una muestra representativa.

##### 4.1.1. Análisis físico de la cochinilla

Para la estimación de la cochinilla para el proceso de extracción del ácido carmínico se toma en cuenta la NTP 011.205:1977 Requisitos, donde se toma un tamaño de malla ASTM No 10 y 7 (2,8 y 2,0 mm) para la cochinilla de primera y segunda.

**Tabla 1-4:** Clasificación de la cochinilla de acuerdo con la NTP 011.225:1988

<b>Cochinilla de primera 2.8mm</b>		
Largo cm	Ancho cm	Promedio
0,52	0,46	0,52 L x 0,42 A
0,55	0,40	
0,52	0,40	
<b>Cochinilla de segunda 2.0mm</b>		
Largo cm	Ancho cm	Promedio
0,44	0,37	0,41 L x 0,35 A
0,42	0,34	
0,38	0,33	

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

De acuerdo con la NTP 011.225.1988 tamaño, se ha separado la cochinilla mediante un tamizador Octagon 200CL mediante un intervalo M2, tiempo de 10 min y una amplitud de 2,5.

**Tabla 2-4:** Análisis físico de la grana cochinilla es su estado fresco

<b>Color</b>	rojo
<b>Contextura</b>	blando – suave
<b>Tamaño</b>	de 0,41 a 0,52 L- 0,35 a 0,42 A (cm)
<b>Olor</b>	Inodora

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

##### 4.1.2. Análisis químico de la cochinilla



#### 4.1.2.1. Determinación de la pérdida de humedad

**Tabla 3-4:** Pérdida de humedad para la cochinilla de primera y segunda clase

HUMEDAD	C. de Primera	C. de Segunda
m= peso de la muestra (g)	5	5
P1= vidrio reloj más muestra fresca (g)	66,611	71,151
P2= vidrio reloj más muestra seca (g)	65,955	70,588
% Humedad	13,12	11,26

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

#### 4.1.2.2. Determinación de la pérdida de cera

**Tabla 4-4:** Porcentaje de pérdida de cera de la cochinilla

% CERA ELIMINADA	MUESTRA
m= peso de la muestra (g)	5
P1= cochinilla + grasa + cera (g)	17,426
P2= después de la extracción (g)	17,332
S% cera perdida	1,88

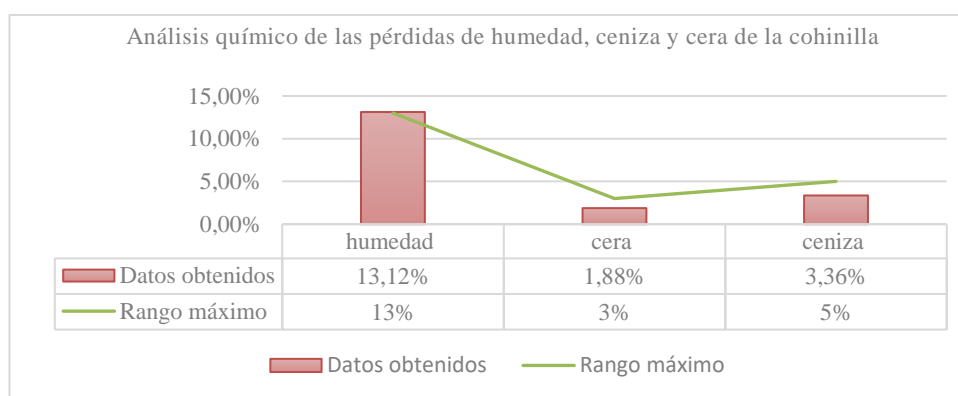
Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

#### 4.1.2.3. Determinación de la pérdida de ceniza

**Tabla 5-4:** Resultados de la ceniza de la grana cochinilla

% CENIZA	MUESTRA
m= peso de la muestra (g)	5
P1= peso del crisol + muestra calcinada (g)	134,268
P2= peso del crisol vacío (g)	134,100
% ceniza	3,36

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.



**Ilustración 1-4:** Análisis de las pérdidas de humedad, cera y ceniza de la cochinilla.

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

Los resultados del análisis químico de la materia prima (ET2) descritos en las tablas 3-4, 4-4, y 5-4, muestran que tanto los rangos de humedad y ceniza de acuerdo a la NTP 011.207: 1988 humedad (Revisado 2021) con resultados de 11 al 13,12%; y la NTP 011.206: 1988 ceniza (Revisado 2021) se hallan dentro de los rangos establecidos en dicha norma con resultados de

3,36 % como se muestra en la ilustración 1-4. Por otra parte, para estimar la cera eliminada de acuerdo con el método establecido por Ortega (2012, p.45) se ha obtenido una pérdida de 0,094g lo que representa un 1,88 % encontrándose dentro de los rangos mencionados en Centeno (2003, p.10).

#### 4.1.2.4. Determinación del % de ACAR de la cochinilla molida por espectrofotometría UV-Vis.

Para determinar el porcentaje de ACAR en la cochinilla se toma en cuenta una dilución de la cochinilla con ácido clorhídrico.

Cálculo para la preparar ácido clorhídrico (HCl 2N)

Datos

$$\rho = 1,19 \text{ kg/L} = 1190 \text{ g/L}$$

$$V_i = 37,1 \% = 0,371$$

$$PM = 36,46 \text{ g/mol}$$

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

Tenemos la concentración final (Cf), por lo tanto, se necesita calcular la concentración molar de la solución de origen

$$C_i = \frac{\rho \times \text{Pureza}}{PM}$$
$$C_i = \frac{1190 \text{ g/L} \times 0,371}{36,46 \text{ g/mol}}$$
$$C_i = 12,11 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Cálculo del volumen de la solución madre

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i}$$
$$V_i = \frac{2 \text{ mol/L} \times 0,250 \text{ L}}{12,11 \text{ mol/L}}$$
$$V_i = 0,04129 \text{ L} = 41,29 \text{ ml}$$

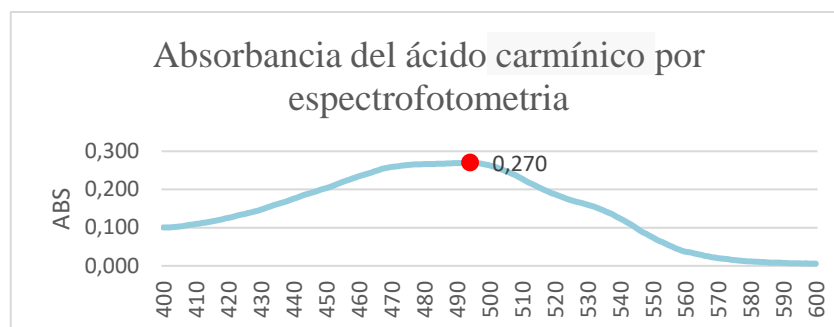
Entonces se necesita 41,29 ml de HCl para aforar un matraz de 250 ml.

Para la determinar la absorbancia de la cochinilla molida se lo realiza mediante la cuantificación por espectrofotometría UV-Vis descrito por (Marmion citado en Centeno, 2003), cuyo proceso se describió en la Ilustración 4-3. Diagrama de flujo para determinar la absorbancia de la cochinilla.

**Tabla 6-4:** Rangos de determinación de la absorbancia por espectrofotometría

nm	Réplicas			Promedio
	R1	R2	R3	
400	0,096	0,105	0,100	0,100
405	0,099	0,109	0,102	0,103
410	0,106	0,115	0,107	0,110
415	0,114	0,122	0,114	0,117
420	0,123	0,132	0,123	0,126
425	0,133	0,142	0,132	0,136
430	0,144	0,154	0,144	0,147
435	0,158	0,168	0,158	0,161
440	0,172	0,183	0,172	0,176
445	0,186	0,198	0,187	0,191
450	0,198	0,212	0,201	0,204
455	0,213	0,228	0,217	0,220
460	0,227	0,244	0,233	0,235
465	0,240	0,258	0,248	0,248
470	0,249	0,269	0,258	0,259
475	0,253	0,274	0,264	0,264
480	0,255	0,276	0,267	0,266
485	0,256	0,277	0,268	0,267
490	0,258	0,280	0,270	0,269
500	0,252	0,273	0,264	0,263
505	0,237	0,258	0,250	0,248
510	0,217	0,238	0,229	0,228
515	0,197	0,215	0,206	0,206
520	0,179	0,196	0,187	0,188
525	0,165	0,180	0,170	0,172
530	0,154	0,168	0,158	0,160
535	0,139	0,153	0,143	0,145
540	0,120	0,131	0,121	0,124
545	0,096	0,106	0,094	0,099
550	0,074	0,081	0,069	0,075
555	0,055	0,060	0,046	0,054
560	0,040	0,043	0,028	0,037
565	0,032	0,033	0,019	0,028
570	0,025	0,026	0,010	0,020
575	0,020	0,020	0,005	0,015
580	0,017	0,017	0,000	0,012
585	0,015	0,015	-0,002	0,009
590	0,013	0,013	-0,004	0,007
595	0,013	0,013	-0,005	0,007
600	0,012	0,012	-0,006	0,006

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.



**Ilustración 2-4:** Curva de absorbancia del ácido carmínico

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022

Mediante el uso del espectrofotómetro permite cuantificar la cantidad de luz que pasa por la muestra del extracto de cochinilla, es decir esta técnica se basa en colorimetría, la luz UV-Vis que percibimos está en rangos 380 a 800nm, por lo tanto, el espectrofotómetro es un instrumento que cuantifica la luz a diferentes longitudes de onda.

En la ilustración 2-4 se muestra la curva de absorbancia del ácido carmínico. Mediante la especificación realizada en la tabla 8-2, distintos colores pueden ser observados a diferentes longitudes de onda, por lo tanto, nuestra muestra de color rojo obtenida estará entre longitudes de onda 470 a 500nm, específicamente para el extracto de cochinilla las longitudes de onda máxima son de 494 nm y en este caso se ha obtenido una absorbancia 0,270.

Aplicación de la formula del punto 3.8.2.2. Análisis de la materia prima (ET2), literal d.

$$\%ACAR = \frac{A \times 100}{a \times b \times c}$$

$$\%ACAR = \frac{0.270 \times 100}{13.9 \times 1 \times 0.1}$$

$$\%ACAR = 19,42$$

Para la estimación del contenido de ACAR para la grana cochinilla se ha empleado el método establecido en el Handbook of U.S. colorants for food, drugs and cosmetic, se ha determinado que la cochinilla recolectada de la estación Experimental Tunshi alcanza un porcentaje de 19,42 %, considerando como cochinilla de primera calidad, afirmando así lo establecido en la NTP 011.205 1987 Requisitos.

#### 4.2. Resultados de la ET4: Extracción

Esta etapa se describe paso a paso el proceso llevado a cabo para la extracción de ácido carmínico en forma de cristales para poder determinar su rendimiento conforme a la variación de su temperatura y granulometría.

**Tabla 7-4:** Repeticiones del proceso 1 para la obtención de ácido carmínico en cristales

ET4				
Procesos 1		R1	R2	R3
Extracción N= 6	Peso del filtro con residuos (g)	5,784	5,667	5,727
	Peso del filtro (g)	3,382	3,328	3,418
	Cochinilla agotada (g)	2,402	2,339	2,309
Sedimentación	Volumen Inicial (ml)	500	500	500
	CaCl <sub>2</sub> (ml)	+5	+5	+5
Filtración 1	Perdida por filtración:			
	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,698	3,728	3,745
	Peso del filtro (g)	3,427	3,315	3,401
	Total, perdida por filtración	0,271	0,413	0,344
	Peso del vaso con carminato (g)	67,622	71,434	58,008
	Peso del vaso (g)	48,301	49,182	47,543
Peso del carminato de calcio (g)	19,321	22,252	10,465	
Extracción 2	Peso del carminato de calcio (g)	19,321	22,252	10,735
	Metanol CH <sub>3</sub> OH (g)	7,91	7,91	7,91
	HCl (g)	14,825	14,825	14,825
	Total	42,056	44,987	33,470
	Peso de pérdida por evaporación (ml)	12,129	12,363	12,178
	total	29,927	32,624	21,292
Filtración 2	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,784	3,721	3,746
	Peso del filtro (g)	3,569	3,615	3,687
	Total	0,215	0,106	0,059
	Pérdidas totales por filtración	0,486	0,519	0,403
	Hidróxido de sodio (pH=3)	14,8	15,6	14,6
	Volumen final	44,727	48,224	35,892
	Peso final	1,322	1,420	1,044
	Rendimiento %	44,1	47,3	34,8
R= Repeticiones				

**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

En la tabla 7-4, se muestra el proceso 1 con granulometría de 106 µm y una temperatura de extracción de 70 °C, obtenido un rendimiento de 42,1 % lo que quiere decir que con respecto a la temperatura de extracción al poseer una temperatura de 70 °C con el cual la cochinilla no alcanza a su descomposición completa es que se obtienen niveles bajos de rendimiento ya que

según lo establecido por Mamani y Huamani (2015, p.74), la cochinilla alcanza su máximo rendimiento a niveles de ebullición; más sin embargo dicho rendimiento mediante esta metodología va a estar estrictamente ligado al precipitado del caminito de calcio.

En el caso de la aplicación del número de extracciones detalladas por Centeno (2003, p.16) afirma que, el rendimiento estará sujeto al número de extracciones; es decir que mientras más extracciones se realicen el rendimiento se verá maximizado, es por ellos que se ha aplicado para todos los procesos un número estimado de 6 extracciones. Y para determinar el rendimiento se aplica la fórmula detallada en literal 4.2.1.1. Rendimiento (ET5).

**Tabla 8-4:** Repeticiones del proceso 2 para la obtención de ácido carmínico en cristales

<b>ET4</b>				
<b>Proceso 2</b>		<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Extracción N= 6	Peso del filtro con residuos (g)	5,723	5,425	5,451
	Peso del filtro (g)	3,454	3,567	3,413
	Cochinilla agotada (g)	2,269	1,858	2,038
Sedimentación	Volumen Inicial (ml)	500	500	500
	CaCl2 (ml)	+5	+5	+5
Filtración 1	Perdida por filtración:			
	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,684	4,736	1,324
	Peso del filtro (g)	3,457	4,171	1,097
	Total, perdida por filtración	0,227	0,565	0,227
	Peso del vaso con carminato (g)	67,480	88,824	64,492
	Peso del vaso (g)	47,827	49,182	47,827
Peso del carminato de calcio (g)	19,653	39,642	16,665	
Extracción 2	Peso del carminato de calcio (g)	19,653	39,642	16,665
	Metanol CH3OH (g)	7,91	7,91	7,91
	HCl (g)	14,825	14,825	14,825
	Total	42,388	62,377	39,400
Pérdida por evaporación		8,693	12,869	8,678
total		33,695	49,508	30,722
Filtración 2	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,963	3,778	3,794
	Peso del filtro (g)	3,569	3,346	3,487
	Total	0,394	0,432	0,307
Pérdidas totales por filtración		0,621	0,997	0,534
Hidróxido de sodio (pH=3)		14,5	13,7	18,3

Volumen final	48,195	63,208	49,022
Peso final	1,401	1,816	1,526
Rendimiento %	46,7	60,5	50,9
R= Repeticiones			

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

En la tabla 8-4, se muestra el proceso 2 con granulometría de 425  $\mu\text{m}$  y una temperatura de extracción de 70°C, se ha obtenido un rendimiento del 52,7 %, lo que significa que a pesar de tener la misma temperatura que el proceso anterior nos proporciona un mayor rendimiento esto está estrechamente ligado a la granulometría que a pesar de poseer una granulometría mayor ha sido capaz de descomponerse efectivamente conforme a su concentrado.

La cochinilla usada para estos procesos ha pasado por molienda mediante el uso de un mortero que facilita su desintegración, pero también esta desintegración tiende a no ser uniforme, es decir que incluso quedan cochinillas en su forma original, lo que justifica que al momento de llevar a calefacción el concentrado del extracto sea mayor, como lo demuestra Céspedes (2006, p.37).

**Tabla 9-4:** Repeticiones del proceso 3 para la obtención de ácido carmínico en cristales

<b>ET4</b>				
<b>Procesos 3</b>		R1	R2	R3
Extracción N= 6	Peso del filtro con residuos (g)	5,748	5,547	6,103
	Peso del filtro (g)	3,575	3,443	3,987
	Cochinilla agotada (g)	2,173	2,104	2,116
Sedimentación	Volumen Inicial (ml)	500	500	500
	CaCl <sub>2</sub> (ml)	+5	+5	+5
Filtración 1	Perdida por filtración:			
	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,667	3,689	3,697
	Peso del filtro (g)	3,431	3,447	3,448
	Total, perdida por filtración	0,236	0,242	0,249
	Peso del vaso con carminato (g)	65,387	81,888	81,835
	Peso del vaso (g)	49,727	48,181	48,436
Peso del carminato de calcio (g)	15,660	33,707	33,399	
Extracción 2	Peso del carminato de calcio (g)	15,660	33,707	33,399
	Metanol CH <sub>3</sub> OH (g)	7,91	7,91	7,91
	HCl (g)	14,825	14,825	14,825
	Total	38,395	56,442	56,134
	Pérdida por evaporación	10,514	10,363	2,642

	Total	27,881	46,079	53,492
Filtración 2	Peso del filtro con residuos secos (g)	4,364	4,433	4,398
	Peso del filtro (g)	3,883	3,898	3,887
	Total	0,481	0,535	0,511
	Pérdidas totales por filtración	0,717	0,777	0,76
	Hidróxido de sodio (pH=3)	14,6	17,2	16,6
	Volumen final	42,481	63,279	70,092
	Peso final	1,223	1,850	1,989
	Rendimiento %	40,8	61,7	66,3
R= Repeticiones				

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

En la tabla 9-4, se muestra el proceso 3 con granulometría de  $106\mu\text{m}$  y una temperatura de extracción de  $90^{\circ}\text{C}$ , en el cual se ha obtenido un rendimiento del 56,2 % lo que quiere decir que durante el proceso de sedimentación para la formación del carminato de calcio ha logrado un peso considerable del precipitado. En cuanto al proceso de extracción autores como (Cespedes, 2006; Mamani y Huamani, 2015), implementan temperaturas de  $90^{\circ}\text{C}$  consiguiendo resultados óptimos, sin embargo a diferencia de la tabla 7-4 con el aumento de temperatura el rendimiento ha incrementado en un 14,1 %.

**Tabla 10-4:** Repeticiones del proceso 4 para la obtención de ácido carmínico en cristales

<b>ET4</b>				
<b>Proceso 4</b>		<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Extracción N=6	Peso del filtro (g)	5,676	5,608	5,689
	Peso del filtro con residuos (g)	3,333	3,346	3,485
	Cochinilla agotada (g)	2,343	2,262	2,204
Sedimentación	Volumen Inicial (ml)	500	500	500
	CaCl <sub>2</sub> (ml)	+5	+5	+5
Filtración 1	Perdida por filtración:			
	Peso del filtro con residuos secos (g)	1,342	1,315	3,798
	Peso del filtro (g)	1,088	1,086	3,627
	Total, perdida por filtración	0,254	0,229	0,171
	Peso del vaso con carminato (g)	108,513	112,872	87,068
	Peso del vaso (g)	49,052	48,412	48,262
	Peso del carminato de calcio (g)	59,461	64,460	38,806



Extracción 2	Peso del carminato de calcio (g)	59,461	64,460	38,806
	Metanol CH <sub>3</sub> OH (g)	7,91	7,91	7,91
	HCl (g)	14,825	14,825	14,825
	Total	82,196	87,195	61,541
	Peso de pérdida por evaporación (ml)	14,164	14,858	8,936
	total	68,032	72,337	52,605
Filtración 2	Peso del filtro con residuos secos (g)	3,801	3,725	3,746
	Peso del filtro (g)	3,589	3,518	3,587
	Total	0,212	0,207	0,159
	Pérdidas totales por filtración	0,466	0,436	0,33
	Hidróxido de sodio (pH=3)	19	22	19,6
	Volumen final	87,032	94,337	72,205
	Peso final	2,379	2,720	2,209
	Rendimiento %	79,3	90,7	73,6
R= Repeticiones				

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

En la tabla 10-4, se muestra el proceso 4 con granulometría de 425  $\mu\text{m}$  y una temperatura de extracción de 90°C, en el cual se ha obtenido un rendimiento del colorante del 81,2 %, esto de acuerdo con por (Mamani y Huamani, 2015; Pérez, 2014), en donde afirma que a una elevada temperatura la cochinilla la alcanza sus niveles máximos de disolución y por consecuencia los niveles de precipitación de carminato también se elevan. En cuanto a su granulometría (Cespedes, 2006, p.37) indica que la malla si influye en el rendimiento del ACAR.

**Tabla 11-4:** Cuadro de procesos y réplicas para la extracción del ACAR en cristales

Proceso	Granulometría $\mu\text{m}$	Temperatura °C	R1	R2	R3
1	106(-)	70 (-)	1,322	1,42	1,044
2	425(+)	70 (-)	1,401	1,816	1,526
3	106(-)	90 (+)	1,223	1,85	1,989
4	425(+)	90 (+)	2,379	2,72	2,209

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022

**Tabla 12-4:** Cuadro de análisis de la varianza ANOVA

F.V	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	2,51	5	0,50	8,70	0,0101
Repeticiones	0,29	2	0,14	2,50	0,1620
Granulometría	0,85	1	0,85	14,81	0,0085
Temperatura	1,23	1	1,23	21,30	0,0036
Granulometría*Temperatura	0,14	1	0,14	2,40	0,1724
Error	0,35	6	0,06		
Total	2,86	11			

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

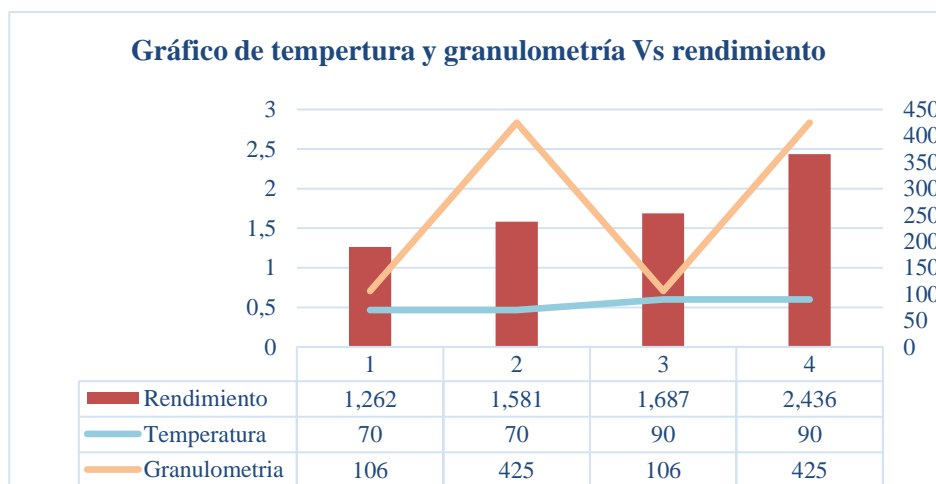
En la tabla 12-4 se realiza un análisis de las varianzas de la temperatura y granulometría a 0,05 (95 % de confianza), por lo tanto, las variables independientes como la temperatura y granulometría muestran valores menores a 0,05 lo que significa que ambos cambios se encuentran asociados a la variable respuesta, relacionando así lo obtenido en el proceso 4.

<b>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</b>			
	<b>granulometría</b>	<b>N</b>	<b>Media Agrupación</b>
	425	6	2,009 A
	106	6	1,475 A
<i>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</i>			
<b>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</b>			
	<b>Temperatura</b>	<b>N</b>	<b>Media Agrupación</b>
	90	6	2,062 A
	70	6	1,421 B
<i>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</i>			

**Ilustración 3-4:** Test de Tukey para Granulometría y Temperatura

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

En la ilustración 3-4, se ha implementado el método de Tukey con una confianza del 95 % en donde para la temperatura al estar agrupada en la misma categoría quiere decir ambas variables son significativamente iguales; mientras que para la temperatura al estar agrupada en diferentes categorías quiere decir que ambas son significativamente diferentes.



**Ilustración 4-4:** Granulometría y temperatura vs rendimiento

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

En la ilustración 4-4 muestra como el rendimiento ha variado de acuerdo con la temperatura y la granulometría; por ende, se puede decir que el rendimiento es directamente proporcional a temperatura; mientras que para la granulometría se concluye que la malla de 106 y 425  $\mu\text{m}$  presentan un mejor rendimiento e igual manera esto está ligado a la temperatura de extracción.

#### 4.3. Resultados de la ET5: Rendimiento

**Tabla 13-4:** Resumen de procesos, réplicas y rendimiento del ACAR en cristales

Proceso	Granulometría $\mu\text{m}$	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	R1	R2	R3	Rendimiento	% Rendimiento
1	106(-)	70 (-)	1,322	1,42	1,044	1,262	42,1%
2	425(+)	70 (-)	1,401	1,816	1,526	1,581	52,7%
3	106(-)	90 (+)	1,223	1,85	1,989	1,687	56,2%
4	425(+)	90 (+)	2,379	2,72	2,209	2,436	81,2%

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022

Aplicación de la formula descrita en el punto 3.8.2.5. *Rendimiento (ET5)*, literal b.

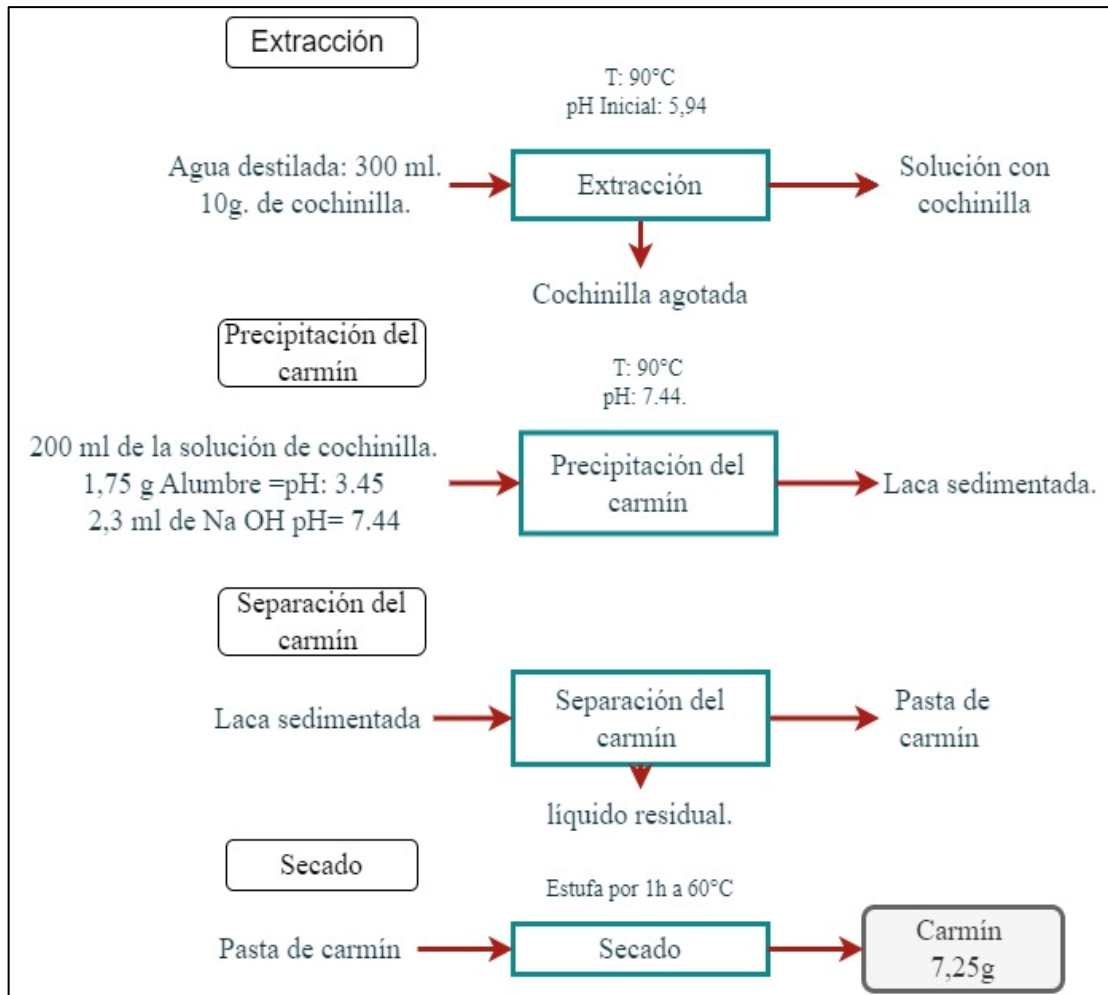
$$\%R = \frac{M2}{M1} \times 100$$

$$\%R = \frac{2,436}{3} \times 100$$

$$\%R = 81,2$$

## Extracción del carmín

Para la obtención de laca de carmín se ha implementado el método de Thorpe establecido en el libro de Pigmentos Naturales descrito por Gibaja (1998, p 2011), en el cual se obtendrá un colorante violeta.



**Ilustración 5-4:** Extracción de laca carmín mediante el Método de Thorpe

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022.

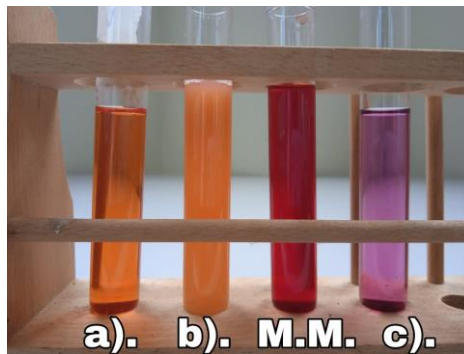
Rendimiento: se aplica la fórmula especificada en el punto 3.9.1. *Pasos para extracción de carmín*, en el literal f.

$$\%R = \frac{M2}{M1} \times 100$$

$$\%R = \frac{7,25}{10} \times 100$$

$$\%R = 72,5$$

#### 4.4. Ácido carmínico como indicador de pH.



**Ilustración 6-4:** Ácido carmínico a diferentes pH

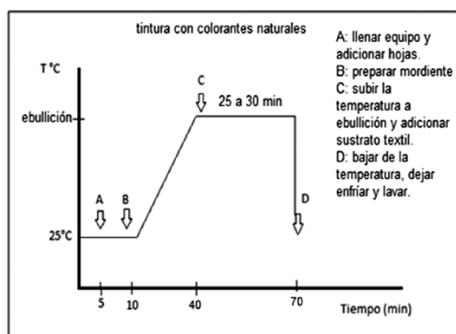
**Realizado por:** Cañar, Lorena, 2022.

En la determinación del ácido carmínico como indicador de pH muestra que al diluir ácido carmínico en soluciones ácidas tomará una tonalidad anaranjada; mientras que, al diluir en medios básicos adquiere una tonalidad violeta.

Como se muestra en la ilustración 6-4, se tiene 1 tubo de ensayo con la muestra madre (MM) y 3 tubos de ensayos con distintas soluciones y cada una posee un pH distinto; por lo tanto, el tubo a) contiene vinagre cuyo pH es de 3.00, mientras que el tubo b) contiene zumo de limón 2,54, ambas soluciones al ser ácidas se tornan de un color anaranjado cuando se añaden gotas de la muestra madre; mientras que, el tubo de ensayo c) contiene una solución con bicarbonato a pH 8,60 y al añadir pequeñas gotas de la solución madre adquiere un color violeta, mostrando así como actúa el ácido carmínico a diferentes pH.

#### 4.5. Teñido de tela

El teñido de la tela consiste en usar el ACAR en cristales y la laca de carmín violeta para un proceso de tinturación en tela, es así como para el proceso de teñido se ha tomado en cuenta la curva de teñido en tela con colorantes naturales; de modo que se ha empleado como mordiente el ácido cítrico y vinagre, los mismos que tiene como objetivo la fijación del color en tela.



**Ilustración 7-4:** Curva de teñido de tela con colorantes naturales

Fuente: (Restrepo, 2014, p 11)

En la ilustración 7-4 se observa los pasos a seguir para el proceso de teñido, se ha realizado dos muestras para el teñido, la primera con el ácido carmínico y la segunda con la laca de carmín, el proceso inicia dejando los pedazos de tela que se va a tinturar en agua, mientras tanto se pesa 2g por cada colorante y se colocan en 100 ml de agua destilada, se lleva a una temperatura de 25°C durante 10 min, transcurrido este tiempo se prepara el mordiente que este caso fue el ácido cítrico y el vinagre los cuales actúan como intermediario para enlazar las moléculas de la tela y del colorante para fijar el color, se añade la tela y lo lleva ebullición durante 30 minutos, finalmente pasado el tiempo necesario se baja la temperatura y se deja enfriar.



**Ilustración 8-4:** Practica de teñido de tela con ácido carmínico y carmín

Realizado por: Cañar, Lorena, 2022

En la ilustración 8-4 se aprecian las telas que han sido tinturadas tanto con el ácido carmínico que tiene un color rojo naranja, estos son debido a que la solución inicial constaba de un pH de 3.00, mientras que la laca de carmín contaba con un pH de 7.44 obtenido una tonalidad violeta.

## CONCLUSIONES

Se estimó que la cochinilla apta para el proceso de obtención del ácido carmínico fue mediante el proceso de tamizaje con malla ASTM No. 7 y 10 tomando en cuenta la NTP 011.205:1977 Requisitos. Las cochinillas que han sido clasificadas mediante el tamizador pasan por un análisis físico y químico, en donde se ha obtenido cochinillas de 0,52 cm alto x 0,45 cm de ancho con un porcentaje de ACAR de 19,42% situándolo entre la cochinilla de primera calidad.

Para la extracción del ACAR se ha empleado el método de Gibaja-Montes, el cual consiste en la obtención del ácido carmínico por cristales pasando por etapas de extracción, sedimentación, filtración, extracción 2 y filtración 2. Se inicia con la separación de la cochinilla molida mediante una malla ASTM N° 40 y 140 (425 y 106  $\mu\text{m}$ ). Para la etapa de extracción se ha determinado un número de 6 extracciones por cada proceso, con el objetivo de disolver todo el colorante y dejar una cochinilla agotada.

El mejor proceso de obtención de ACAR en cristales para el método de Gibaja-Montes se obtuvo mediante el proceso 4 con estimaciones de temperatura de 90°C y granulometría de 425  $\mu\text{m}$ , cuyas variables han facilitado un rendimiento del ácido carmínico del 81,2 % (2,436 g), considerando que el peso inicial de la cochinilla fue de 3 g.

## **RECOMENDACIONES**

Durante el proceso de recolección de la grana cochinilla se recomienda que para la separación de la cochinilla de la planta se usen brochas con pelos suaves, teniendo en cuenta que, el cuerpo de las cochinillas es muy delicado y tienden a estallar de manera fácil; en cuanto al equipo de protección se recomienda el uso de guantes de caucho para evitar que los espinos de la tuna entren en contacto con la piel.

La temperatura de secado incide directamente en la capacidad de tinturación del colorante, puesto que, si la temperatura excede a los 130°C el colorante tiende a oscurecerse y posteriormente pierde su solubilidad en el agua.

Promover el uso de los derivados de la cochinilla como la cera (coccicerina), este derivado, aunque parezca un desecho también puede aportar de manera positiva al ambiente, ya que se encuentra dentro de las ceras de tipo natural que pueden ser usadas al momento de encerar frutos limitando el uso de cera de abeja.

Del presente trabajo se recomienda que para futuras investigaciones se lo tome como un proyecto de tipo investigativo.



## BIBLIOGRAFÍA

**AGREDA RODRÍGUEZ, Mario Alberto.** Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla ( *Dactylopius coccus costa* ) según condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala [en línea]. (Trabajo de titulación).(Licenciado) Universidad San Carlos de Guatemala. 2009. pp 1-55 [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2467.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2467.pdf).

**ALAM-ELDEIN, S., et al.** *Cultivation and Cultural Practices of Opuntia spp*: [en línea]. Florida-USA: 2021, Springer International Publishing, 2021. [Consulta: 2 junio 2022] Disponible en: [https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-78444-7\\_6](https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-78444-7_6).

**ALCEDO CUARESMA, José Antonio & LEÓN ZAPATA, Paula Liseth.** Factores determinantes de éxito en la exportación de carmín de cochinilla a China y Unión Europea entre 2013 al 2017 [en línea]. (Trabajo de titulación).(Licenciado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú 2019, pp. 1-96. [Consulta: 2022-04-21]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/625686>.

**ALMAZA, P. & FISCHER, G.** "*Tuna (Opuntia ficus-indica (L.) Miller)*". [en línea]. (Colombia): Produmedios, 2012. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/256681369\\_Tuna\\_Opuntia\\_ficus-indica\\_L\\_Miller](https://www.researchgate.net/publication/256681369_Tuna_Opuntia_ficus-indica_L_Miller).

**ALVAREZ CARRANZA, Gabriel.** Factibilidad del cultivo de la grana cochinilla (*dactylopius coccus costa*) del nopal en zapotlanejo, Jalisco, Mexico. [en línea]. (Trabajo de titulación).(Ingeniería) Universidad de Guadalajara, Mexico. 1995. pp, 2-68. [Consulta: 2022-03-16]. Disponible en: [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/202/Alvarez\\_Carranza\\_Gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/202/Alvarez_Carranza_Gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**ANCHUNDIA, Ana María., et al.** La Explotación de la Cochinilla en el Ecuador [en línea]. (Trabajo de titulación).(Ingeniería) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. 2002. pp, 7-214. [Consulta: 2022-05-15]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3562/1/6089.pdf>.

**ANJANEYULU, Y., et al.** "Decolourization of Industrial Effluents – Available Methods and Emerging Technologies". *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* [en línea], 2005, (India) vol. 4(4), pp. 245-273. [Consulta: 17 de mayo 2022]. ISSN 1569-1705. Disponible en: DOI 10.1007/s11157-005-1246-z.

**ANLIKER, R.** "Ecotoxicology of dyestuffs—A joint effort by industry". *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea], 1979 (Suiza) vol. 3(1), pp. 59-74. [Consulta: 15 de mayo 2022]. ISSN 01476513. Disponible en: DOI 10.1016/0147-6513(79)90060-5.

**ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES.** "Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EE . UU." *Exprtemos Perú* [en línea], 2009, (Perú) vol 1, pp. 246-266. [Consulta: 31 de 2022]. Disponible en: <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Cochinilla.pdf>.

**BAE, J; FREEMAN, H.S. & KIM, S.D.** "Influences of new azo dyes to the aquatic ecosystem". *Fibers and Polymers* [en línea], 2006 (Corea del sur) vol. 7(1), pp. 30-35. [Consulta: 15 de mayo 2022]. ISSN 1229-9197. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/BF02933599>. DOI 10.1007/BF02933599.

**BARNETT, J.** "Synthetic organic dyes, 1856–1901: an introductory literature review of their use and related issues in textile conservation". *Studies in Conservation* [en línea], 2007, (Francia) vol. 52(1), pp. 67-77. [Consulta: 9 de mayo 2022]. ISSN 0039-3630. Disponible en: DOI 10.1179/sic.2007.52.supplement-1.67.

**BEGAZO CALDERÓN, Mariam Livia & BENDITA JILAPA, Janeth.** Determinación de los parámetros óptimos en la extracción del colorante rojo carmin mediante el empleo de EDTA como estabilizante [en línea]. (Trabajo de titulación).(Licenciado) Universidad Nacional de San Agustín, Perú. 2018, pp. 1-81. [Consulta: 2022-06-24]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6279/QUbecaml.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CENTENO ÁLVAREZ, Mónica María.** Extracción, estabilización y evaluaciones analíticas del carmín [en línea]. (Trabajo de titulación).(Maestría) Instituto Politécnico Nacional, Mexico, 2003. pp. 1-112. [Consulta: 1 de junio 2022]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/960/MONICACENTENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CESPEDES ROSAS, Marcelino.** Optimización del proceso de obtención de ácido carmínico a partir de cochinilla *Dactylopius coccus* costa [en línea]. (Trabajo de titulación).(Licenciado) Universidad Indígena Boliviana Comunitaria Intercultural productiva Quechua "casimiro huanca", Bolivia 2006, pp. 2-41. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: <https://idoc.pub/documents/tesis-de-acido-carminico-27-julio-qn85pgjd98n1>.

**CODEX OF FEDERAL REGULATIONS.** *Extracto de cochinilla; carmín.* Code of Federal Regulations [en línea]. [Consulta: 30 junio 2022]. Disponible en: [https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-A/part-73/subpart-A/section-73.100#p-73.100\(a\)\(1\)](https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-A/part-73/subpart-A/section-73.100#p-73.100(a)(1)).

**CORTÁZAR-MARTÍNEZ, A., et al.** *Contaminación generada por colorantes de la industria textil.* Mexico, 2016. [Consulta: 16 de marzo 2022]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>.

**EL COMERCIO.** *Los aditivos en exceso no son buenos,* Ecuador, 2013. [Consulta: 2 junio 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/gda/aditivos-exceso-no-son-buenos.html>.

**ERAZO, R., et al.** "Extracción De Ácido Carmínico a Partir De Cochinilla Utilizando Tecnología Más Limpia". *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* [en línea], 2004, (Perú) vol. 7(1), pp. 51-55. [Consulta: 1 junio 2022]. ISSN 1609-7599. Disponible en: [https://www.academia.edu/66197513/Extracci3n\\_De\\_3cido\\_Carm3nico\\_a\\_Partir\\_De\\_Cochinilla\\_Utilizando\\_Tecnol3g3a\\_M3s\\_Limpia](https://www.academia.edu/66197513/Extracci3n_De_3cido_Carm3nico_a_Partir_De_Cochinilla_Utilizando_Tecnol3g3a_M3s_Limpia).

**ERAZO, R. & CASO, M.** "Diseño de una planta de producción de carmín y annato". *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* [en línea], 2001, (Perú) 3(1), pp. 48-56. [Consulta: 31 de mayo 2022]. Disponible en: <http://labamex.com/images/Peru-diseño-de-una-planta-de-carmin-y-annato.pdf>.

**EXTRACTOS ANDINOS.** *Los aditivos químicos* [blog]. [Consulta: 3 junio 2022]. Disponible en: <https://www.extractosandinos.com/post/los-aditivos-qu3micos-y-la-salud>.

**FAO, 2018.** *Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal* [en línea]. Roma- Italia: Producido por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018. [Consulta: 16 marzo 2022]. ISBN 9789251304945. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>.

**FAO & OMS.** "Codex Alimentarius Norma Internacional De Los Alimentos Norma General Para Los Aditivos Alimentarios Codex Stan 192-1995". *FAO* [en línea], 2019, vol. 53(9), pp. 2-520. [Consulta: 29 abril 2022]. ISSN 1098-6596. Disponible en: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS\\_192s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf).

**FLORES-HERNÁNDEZ, A., et al.** "Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae". *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea], 2006, (Mexico) vol. 77(1), pp. 97-102. [Consulta: 16 marzo 2022]. ISSN 1870-3453. DOI 10.22201/ib.20078706e.2006.001.321. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532006000100011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532006000100011).

**FOODS NEWS LATAM.** - *Efectos que causan los saborizantes y colorantes artificiales.* [blog], EEUU. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://www.foodnewslatam.com/sectores/651-efectos-que-causan-los-saborizantes-y-colorantes-artificiales.html>.

**GARCIA, A.** "La grana cochinilla y la utopía del rojo en la estampa japonesa del siglo XIX". *ResearchGate* [en línea], 2017, (Mexico) vol., pp. 285-299. [Consulta: 14 junio 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343675564\\_La\\_grana\\_cochinilla\\_y\\_la\\_utopia\\_del\\_rojo\\_en\\_la\\_estampa\\_japonesa\\_del\\_siglo\\_XIX](https://www.researchgate.net/publication/343675564_La_grana_cochinilla_y_la_utopia_del_rojo_en_la_estampa_japonesa_del_siglo_XIX).

**GARGANO, A.** *¿Sabe qué come?* [en línea]. Barcelona-España: De Vecchi Ediciones, 2004. [Consulta: 30 junio 2022]. ISBN 9788431530457. Disponible en: <https://www.tagusbooks.com/leer?isbn=9781683252894&li=1&idsource=3001>.

**GIBAJA, S.** *Pigmentos naturales quinónicos* [en línea]. Lima-Perú: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), 1998. [Consulta: 28 junio 2022]. ISBN 9789972460425. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=dYmFO6IpsmsC>.

**GONZÁLES, Vanessa.** Optimización de los parámetros de pH, temperatura y tiempo de reacción en el proceso de laqueado para la producción de colorante natural carmín, a partir de *Dactylopius coccus* Costa 'Cochinilla'. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniero) Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. 2014. pp. 1-93. [Consulta: 2022-07-13]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/198130251.pdf>.

**GONZÁLEZ, M., et al.** "Optimizing Conditions for the Extraction of Pigments in Cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) Using Response Surface Methodology". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea], 2002, (La Laguna, Spain) vol. 50(24), pp. 6968-6974. [Consulta: 31 mayo 2022]. ISSN 0021-8561. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf025756r>.

**HAGAN, E. & POULIN, J.** "Statistics of the early synthetic dye industry". *Heritage Science* [en línea], 2021, (Ottawa, Canada) vol. 9(1), pp. 1-15. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN 20507445. DOI 10.1186/s40494-021-00493-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00493-5>.

**HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, F., et al.** "La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo". *Ciencia* [en línea], 2005, (México) pp. 78-87. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56\\_4/cochinilla.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56_4/cochinilla.pdf).

**HERNÁNDEZ, A., et al.** "Utilización de la técnica Nopaloteca para la crianza de *Dactylopius coccus* Costa bajo condiciones controladas". *Infinitum* [en línea], 2017, (Huacho, Perú) vol. 7(2), pp. 1-8. [Consulta: 16 marzo 2022]. ISSN 2226-5465. DOI 10.51431/infinitum.v7i2.420. Disponible en: <http://datos.unjpsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/article/view/420>.

**HOLME, I.** "Sir William Henry Perkin: a review of his life, work and legacy". *Coloration Technology* [en línea], 2006, (Murcia, Spain) vol. 122(5), pp. 235-251. [Consulta: 2 junio 2022]. ISSN 1472-3581. DOI 10.1111/j.1478-4408.2006.00041.x. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1478-4408.2006.00041.x>.

**HURTADO MAYO, José Alberto & SANTIAGO GALLO, Evelyn Rossy.** Remoción del color en las aguas residuales del proceso de teñido de la cooperativa industrial manufacturas del centro Ltda. a Nivel Laboratorio Mediante Electrocoagulación [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero) Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Perú. 2008. pp. 17-160. [Consulta: 2022-06-02]. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1949/Jorge Meza - Segura Alania.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1949/Jorge%20Meza%20-%20Segura%20Alania.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**INSTITUTO OTAVALEÑO DE ANTROPOLIGÍA.** "Teñido de lana con cochinilla en salasaca, tungurahua". *Sarance* [en línea], 1989, (Otavalo, Ecuador) vol. 13, pp. 19-31. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/9842>.

**KANAREK, R.** "Artificial food dyes and attention deficit hyperactivity disorder". *Nutrition Reviews* [en línea], 2011, (Massachusetts, USA) vol. 69(7), pp. 385-391. [Consulta: 30 mayo 2022]. ISSN 00296643. DOI 10.1111/j.1753-4887.2011.00385.x. Disponible en: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2011.00385.x>.

**KOBYLEWSKI, S. & JACOBSON, M.** "Toxicology of food dyes". *International Journal of Occupational and Environmental Health* [en línea], 2012, (Los Angeles, USA) vol. 18(3), pp. 220-246. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN 1077-3525. DOI 10.1179/1077352512Z.00000000034. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1077352512Z.00000000034>.

**REGLAMENTO (CE) No 884/2007 DE LA COMISIÓN.** *Relativo a las medidas de emergencia para la suspensión del uso de E 128 Rojo 2G como colorante alimentario* [en línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-81309>.

**REGLAMENTO (UE) 2018/ 98 DE LA COMISIÓN.** *Que modifica los anexos II y III del Reglamento (CE) n.o 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo y el anexo del Reglamento (UE) n.o 231/2012 de la Comisión por lo que respecta al sorbato cálcico (E 203)* [en línea]. Disponible en: [http://ec.europa.eu/food/safety/food\\_improvement\\_agents/additives/re-evaluation\\_en](http://ec.europa.eu/food/safety/food_improvement_agents/additives/re-evaluation_en).

**REGLAMNETO (UE) 2022/63 DE LA COMISIÓN.** *Para modificar los anexos II y III del Reglamento (CE) n°*

1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al aditivo alimentario dióxido de Titanio [en línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2022-80047>.

**LOZANO, R., et al.** "Importancia de los colorantes y tintes naturales para las poblaciones originarias de la amazonia peruana." *Llamkasun* [en línea], 2021, (Perú) vol. 2(4), pp. 139-152. [Consulta: 23 junio 2022]. ISSN 2709-2275. DOI 10.47797/llamkasun.v2i4.69. Disponible en: <https://llamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/69>.

**MAMANI MARTÍNEZ, Gleny Yéssica. & HUAMANI ZUÑIGA, Ivon Elisa.** Evaluación comparativa de los métodos thorpe y francés para la obtención de carmín a partir de la cochinilla (*dactylopius coccus costa*) en el distrito de la Joya. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional San Agustín. 2015, pp. 3-82. [Consulta: 2022-06-02]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/226>.

**MARCANO, D.** *Introducción a la Química de los Colorantes*. [en línea]. Segunda edición. Caracas- Venezuela: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2018, [Consulta: 2 junio 2022]. Disponible en: [http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes listo %2Bisbn.pdf](http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20Bisbn.pdf).

**MÉNDEZ, L.** *Manual de Análisis de Alimentos*[manual], Mexico, 2020. Disponible en: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>.

**MORALES VEGA, Martha Angelica.** Estudio del ciclo Biológico de la cochinilla silvestre (*Dactylopius* sp) [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciado) Universidad de Guadalajara. Mexico. 1994. pp. 3-39. [Consulta: 2022-06-03]. Disponible en: [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2788/Morales\\_Vega\\_Martha\\_Angelica.pdf?sequence=1](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2788/Morales_Vega_Martha_Angelica.pdf?sequence=1).

**ORTEGA CIFUENTES, Verónica Cecilia.** Comparación del Rendimiento del Acido Carmínico entre Dos Procesos de Deshidratación de la Cochinilla de Tunas Cultivadas en Guano. [en línea] (Trabajo de titulación). (Bioquímico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador .2012 pp. 1-85. [Consulta: 2022-05-31]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1580>.

**PÉREZ, Mayra. & BECERRA, R.** "Boletín Bimestral De La Comisión Nacional Para El conocimiento y uso de la Biodiversidad". *Biodiversitas* [en línea], 2001, (Mexico) vol. 36(1), pp. 2-16. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/biodiver36.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/biodiver36.pdf).

**PÉREZ QUIROZ, Miguel Angel.** Estudio Técnico para la implementación de una planta procesadora de cochinilla para la obtención del carmín [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero) Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú. 2014. pp. 3-94. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5654/PEREZ\\_MIGUEL\\_PLANTA\\_PROCESADORA\\_COCHINILLA\\_OBTENCION\\_CARMIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5654/PEREZ_MIGUEL_PLANTA_PROCESADORA_COCHINILLA_OBTENCION_CARMIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**PÉREZ GALEAS, Mario Humberto & LÓPEZ MARTÍNEZ, Wilson Alejandro.** Determinación de Radiación Natural en la provincia de Chimborazo. [en línea] (Trabajo de titulación). (Biofísico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2015. pp. 1-77. [Consulta: 2022-06-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4800>.

**PRADO, M. & GODOY, H.** "Validation of the methodology to determine synthetic dyes in foods and beverages by HPLC". *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies* [en línea], 2002 , (Sao Paulo, Brazil) vol. 25(16) pp. 2455-2472. [Consulta: 09 mayo 2022]. ISSN 10826076. DOI 10.1081/JLC-120014267. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/JLC-120014267?tab=permissions&scroll=top>.

**RAMÍREZ, A. & ARROYO, G.** "Producción y control de calidad de la grana cochinilla". *Jóvenes en la ciencia* [en línea], 2017 , (Mexico) vol. 3(2), pp. 2005-2008. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: [http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/4757/1/Producción y control de calidad de la grana cochinilla.pdf](http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/4757/1/Producción%20y%20control%20de%20calidad%20de%20la%20grana%20cochinilla.pdf).

**RESTREPO, A., et al.** "Generalidades de la seda y su proceso de teñido". *Prospectiva* [en línea], 2014, (Colombia) vol. 12(1), pp. 7-14. [Consulta: 10 agosto 2022]. DOI 10.15665/rp.v12i1.145. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Curva-de-tenido-de-la-seda-con-colorantes-naturales-31-Figura-3-Silk-dyeing\\_fig1\\_273298284](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Curva-de-tenido-de-la-seda-con-colorantes-naturales-31-Figura-3-Silk-dyeing_fig1_273298284).

**REYES-AGÜERO, J., et al.** "Systematic notes and a Detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE)". *Agrociencia* [en línea], 2005, (Mexico) vol. 39(1), pp. 395-408. [Consulta: 02 junio 2022]. ISSN 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239404>.

**RÍOS-CORTÉS, A., et al.** "Grana Cochinilla, tesoro de México". *Revista digital del IPN* [en línea], 2015, (Mexico) vol. 3(2), pp. 14-20. [Consulta: 21 abril 2022]. Disponible en: <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol02/pdf/Revista-October-2015.pdf>.

**ESPINO RODRÍGUEZ, Edgar Paul., et al.** Morfofisiología de tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.) [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniero) Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. 2012. pp. 2-31. [Consulta: 2022-03-16]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2853/TUNAFINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**RODRÍGUEZ, L., et al.** "Factores Bióticos y Concentración de Ácido Carmínico en la Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae)". *Agricultura Técnica* [en línea], 2005, (Chile) vol. 65(3), pp. 323-329. [Consulta: 29 abril 2022]. ISSN 0365-2807. DOI 10.4067/S0365-28072005000300011. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072005000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

**ROHRIG, B.** *Comiendo con tus ojos* [blog], EEUU, octubre, 2015. Disponible en: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/spanishtranslations/october2015-foodcolor.pdf>.

**RUSCA-JORDÁN, F. & CORTEZ-VERGARA, C.** "Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica". *Revista de Neuro-Psiquiatría* [en línea], 2020, (Perú) vol. 83(3), pp. 148-156. [Consulta: 30 mayo 2022] ISSN 1609-7394. DOI 10.20453/rnp.v83i3.3794. Disponible en: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RNP/article/view/3794>.

**SÁENZ, C.** "Producción industrial de productos no alimentarios". *Boletín agrícola de la FAO* [en línea], 2006, (Roma) vol. 162, pp. 99-112. [Consulta: 01 junio 2022]. ISSN 1020-4334. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0534s/a0534s01.pdf>.

**SÁNCHEZ, R.** "La química de los colorantes en los alimentos". *Química Viva* [en línea], 2013 (Argentina) vol. 12(3), pp. 234-246. [Consulta: 16 marzo 2022]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>.

**SANTAMARÍA, C., et al.** "Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (homóptera:dactylopiidae) a las condiciones ambientales de bermejillo, durango". *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* [en línea], 2006, (México) vol. 5(1), pp. 41-48. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545053006>

**SERVICIO AGRÍCOLA GANADERO.** *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae). SAG- Servicio Agrícola Ganadero [blog], Chile, 2007. [Consulta: 02 junio 2022]. Disponible en: [http://www.sag.cl/sites/default/files/dactylopius\\_coccus.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/dactylopius_coccus.pdf).

**SHAIKH, M.A.** "Environmental issues related with textile sector". *Pakistan Textile Journal* [en línea], 2009, (Pakistan) vol. 58(10), pp. 36-38. [Consulta: 31 mayo 2022]. ISSN 00482757. Disponible en: <https://ptj.com.pk/Web-2009/10-09/October-2009-PDF/Muhammad-Ayaz-Shaikh.pdf>.

**TORRES, J. & RAMOS, R.** "La cochinilla en los corregimientos de Riobamba y Latacunga: el proyecto económico que no fue". *Revista Publicando* [en línea], 2017, (Ecuador) vol. 4,(13), pp. 101-110. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN 1390-9304. Disponible en: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/829>.

**TOVAR PUENTE, Aldo.** Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 2000. pp. 4-46. [Consulta: 2022-03-16]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/840/1/1020145908.PDF>.

**ULLOA, ALVARADO, María Fernanda.** El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero) Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador. 2018, pp. 1-61. [Consulta: 2022-06-28]. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/7529>.

**VIGUERAS, A. & PORTILLO, L.** *Control de cochinilla silvestre y cría de grana cochinilla* [en línea]. Primera edición. Jalisco-México: Universidad de Guadalajara, 2014. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISBN 9786077152194. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/274953708\\_Control\\_de\\_cochinilla\\_silvestre\\_y\\_cria\\_de\\_grana\\_cochinilla](https://www.researchgate.net/publication/274953708_Control_de_cochinilla_silvestre_y_cria_de_grana_cochinilla).

**VILLOTA, V., et al.** "Colorantes naturales para uso alimenticio". *Ciencia Digital* [en línea], 2019, (Ecuador) vol. 3(2)(4), pp. 88-98. [Consulta: 30 junio 2022]. ISSN 2602-8085. DOI 10.33262/cienciadigital.v3i2.4.510. Disponible en: <http://www.cienciadigital.org/revistascienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/510>.

**ZACARÍAS-ALVARADO, J.R., et al.** "Productive behavior of *Dactylopius coccus* costa on two confined opuntia ficus-indica (l.) mill cultivars". *Agro Productividad* [en línea], 2021, (México) pp. 65-74. [Consulta: 29 abril 2022]. ISSN 2594-0252. DOI 10.32854/agrop.v14i10.1946. Disponible en: <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1946>.



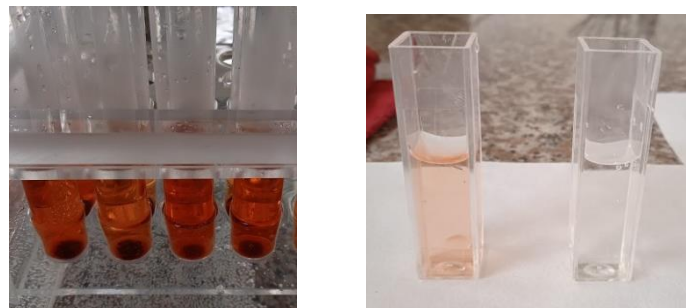
ANEXOS

ANEXO A	
ET 1: RECOLECCIÓN	
	
a) Tuna con infestación de grana cochinilla	b) Recolección de la cochinilla
VISITA Y RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL</b>
LÁMINA: 01 FECHA: 10/08/2022	ELABORADO POR: Lorena Cañar



ANEXO B

ET2: ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA



a) Cochinilla para calcular humedad, cera y ceniza

b). muestras para analizar la absorbancia por espectrofotometría.

PREPARACIÓN DE LA COCHINILLA PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÁMINA: 02

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO C

ET3: LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO



a) Limpieza de la cochinilla



b) Dilución de acetona con cochinilla para la eliminación de cera



c) Molienda de la cochinilla limpia



d) Cochinilla tamiza por malla ASTM 425 Y 140

ACONDICIONAMIENTO DE LA COCHINILLA

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

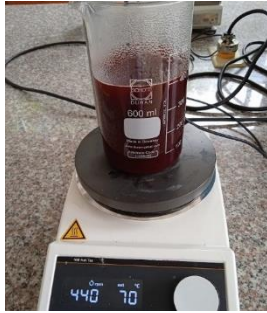
LÁMINA: 03

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO D

ET4: EXTRACCIÓN



a) Extracción sólido-líquida de la cochinilla y cochinilla agotada



b) Obtención de pasta de carminato de calcio



c) solución de carminato de calcio + HCL + CH<sub>3</sub>OH



d) Filtración para eliminar residuos de cochinilla

PASOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ÁCIDO CARMÍNICO

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÁMINA: 04

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO E

ET5: RENDIMIENTO / RESULTADO



a) Obtención de ácido carnínico en cristales.

OBTENCIÓN DEL ÁCIDO CARMÍNICO EN CRISTALES

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÁMINA: 05

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO F

OBTENCIÓN DEL CARMÍN



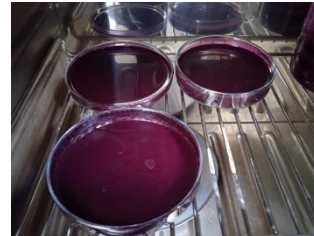
a) Extracción y filtración de la solución de cochinilla



b) Precipitación del carmín mediante la adición de alumbre



c) Separación del carmín mediante un proceso de filtrado



d) Secado y molienda del carmín

OBTENCIÓN DEL CARMÍN / LACA CARMÍN

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

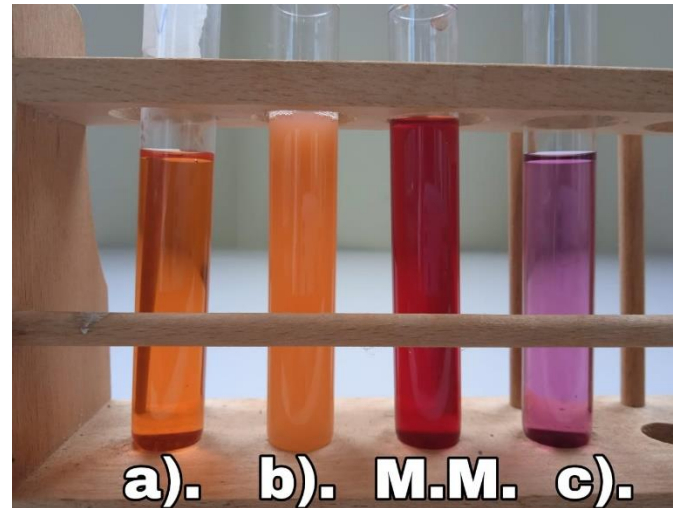
LÁMINA: 06

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO G

ÁCIDO CARMÍNICO COMO INDICADOR DE PH



MM: Muestra madre

a). Vinagre con un pH de 3.00

b). zumo de limón pH de 2.54

c.) bicarbonato con un pH de 8.60

Tubos de ensayo con diferentes soluciones.

PRUEBAS CON EL ACAR COMO INDICADOR DE PH

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÁMINA: 07

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar

ANEXO H

PRUEBA DE TINTURACIÓN CON EL ACIDO CARMÍNICO Y CON EL CARMÍN



Tela tinturada con ACAR y la laca carmín

PRUEBA DE TINTURACIÓN CON ACAR Y CARMÍN

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÁMINA: 08

FECHA: 10/08/2022

ELABORADO POR: Lorena Cañar



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 02 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Jessica Lorena Cañar Rivera
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo
<b>Código de resumen:</b> 0203-DBRA-UPT-2023