

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICO FINANCIERA PARA LA
OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL PARTIENDO DEL RESIDUO
MORA DE CASTILLA (*RUBUS GLAUCUS BENTH*) PARA LA APLICACIÓN EN
LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

ANDREA LIZETH LUCERO BUSTOS
ANGIE PAMELA MUÑOZ BETANCOURT

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICO FINANCIERA PARA LA
OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL PARTIENDO DEL RESIDUO
MORA DE CASTILLA (*RUBUS GLAUCUS BENTH*) PARA LA APLICACIÓN EN
LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

ANDREA LIZETH LUCERO BUSTOS
ANGIE PAMELA MUÑOZ BETANCOURT

Proyecto integral de grado para optar por el título de:
INGENIERO QUÍMICO

Director
Nubia Liliana Becerra Ospina
Ingeniera química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019

Nota de aceptación

Ing. Luis Miguel Chaparro Hernández
Jurado 1

Ing. Oscar Libardo Lombana Charfuelan
Jurado 2

Bogotá D.C., agosto de 2019

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector de desarrollo y recursos humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas Decano

Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa Ingeniería Química

Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora Ingeniera Nubia Becerra, por el apoyo que nos brindó durante la ejecución del proyecto, porque gracias a su conocimiento y experiencia compartida se logró finalizar este trabajo.

A Tecnoparque SENA, por el préstamo de equipos y laboratorios para el desarrollo de las pruebas experimentales, llevadas a cabo en este proyecto. Así mismo agradecemos a nuestra gestora Ingeniera Martha Acosta, por su guía en la parte experimental.

A nuestra asesora ingeniera Elizabeth Torres, por su orientación durante la ejecución del proyecto.

A nuestros profesores por compartir sus conocimientos y experiencias, por forjar la disciplina y el amor por la profesión.

DEDICATORIA

A Dios, por la vida y por haberme llenado de fuerza y sabiduría para no desfallecer, porque día a día durante esta etapa, me demostró que estaba conmigo.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y por incentivar me a estudiar esta carrera, porque gracias a sus enseñanzas y valores inculcados durante mi desarrollo como persona han logrado en mí una profesional con virtudes.

A mi padre por enseñarme con su ejemplo de vida que con esfuerzo, dedicación y disciplina se puede lograr las metas propuestas. Porque gracias a sus esfuerzos día a día, logre culminar mis estudios.

A mi madre por brindarme su apoyo incondicional, por creer en mí y brindarme su voz de aliento en los momentos difíciles. Por acompañarme y brindarme todo su amor durante mi crecimiento personal.

A mi sobrinita porque con su ternura e inocencia me ha enseñado a ver la vida de la mejor manera, porque con tan solo una sonrisa me lleno de paz y energía para continuar.

A mi compañero de vida durante estos cuatro años, por brindarme su consuelo en los momentos más difíciles, por sus consejos y voz de aliento.

A mi compañera de proyecto por el esfuerzo y cariño durante estos cinco años de carrera profesional, por las vivencias y los momentos compartidos

Angie Muñoz

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por permitirme continuar cada día con salud, fuerzas y empeño; para que cada momento, experiencia y meta fuera un aprendizaje.

A mis padres Gustavo y Gabriela por ser los promotores de mis sueños, apoyarme incondicional, con esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

A mi hermano Esteban por estar siempre a mi lado, con su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis abuelitos Orlando, Betty y Elvia por sus consejos, valores y principios que me inculcaron.

A toda mi familia en especial a mis tías Adielita y Elisa, a mi tío Guillermo (Q.E.P.D) porque con sus oraciones y palabras de aliento en los momentos más difíciles hicieron de mí una mejor persona.

A mi compañera de trabajo de grado por su empeño, dedicación y su amistad durante estos cinco años.

Andrea Lizeth Lucero Bustos

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	24
1.MARCO TEÓRICO	25
1.1 MORA DE CASTILLA	25
1.1.1 Requerimientos agroclimatológicos.	25
1.1.2 Propiedades del fruto.	25
1.1.3 Producción nacional.	27
1.2 RESIDUO MORA DE CASTILLA	28
1.3 ANTOCIANINAS	29
1.3.1 Estructura química.	29
1.3.2 Antioxidantes presentes en las antocianinas.	30
1.3.3 Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas.	30
1.3.3.1 pH.	30
1.3.3.2 Temperatura.	31
1.3.3.3 Oxígeno.	31
1.3.3.4 Luz.	32
1.3.4 Propiedades de las antocianinas como colorantes naturales.	32
1.3.5 Caracterización cualitativa y cuantitativa de antocianinas.	32
1.3.6 Procesos de obtención de las antocianinas.	34
1.3.6.1 Método de secado.	34
1.3.6.2 Extracción.	34
1.3.6.3 Rotaevaporación.	38
1.4 COLORANTE	38
1.4.1 Colorantes naturales.	38
1.4.2 Colorantes artificiales.	39
1.4.2.1 Eritrosina (E127).	39
1.4.2.2 Ponceau 4R (E124).	40
1.4.2.3 Rojo Allura (E129).	41
2. EXTRACCIÓN DE LAS ANTOCIANINAS	42
2.1 EXTRACCIÓN SOXHLET	43
2.1.1 Ventajas y desventajas de la extracción soxhlet.	43
2.2 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO	43
2.3 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS (MAE)	44
2.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	47
2.4.1 Acondicionamiento de la materia prima.	47
2.4.1.1 Acidificación de la muestra.	47
2.4.1.2 Secado de la muestra.	48
2.4.2 Extracción.	50

2.4.2.1 Extracción soxhlet (sólido-líquido).	50
2.4.2.2 Extracción asistida por ultrasonido.	51
2.4.2.3 Extracción asistida por microondas.	52
2.4.3 Purificación del extracto.	53
2.4.4 Rendimiento de la extracción.	53
2.5 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS ANTOCIANINAS	55
2.5.1 Ensayo ácido-base.	55
2.5.2 Espectrofotometría.	60
2.5.2.1 Soluciones buffer.	60
2.5.2.2 Lectura de absorbancias.	61
2.6 TONALIDAD DE LOS EXTRACTOS	69
2.7 EXPERIMENTACIÓN CON EL RESIDIO TAMIZADO	69
3. CARACTERIZACIÓN Y DESEMPEÑO DEL PIGMENTO ANTOCIANICO	71
3.1 PRUEBAS DE ESTABILIDAD	71
3.1.1 pH.	71
3.1.2 Temperatura.	71
3.1.3 Luz.	71
3.2 DESEMPEÑO DEL PIGMENTO ANTOCIANICO	76
3.2.1 Preparación del colorante artificial.	77
3.2.2 Estabilidad del colorante en el yogurt.	78
3.3 COLORANTE NATURAL	80
4. REQUERIMIENTOS TECNICOS	81
4.1 BASE DE CÁLCULO	81
4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO	82
4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES	82
4.4 DIAGRAMA PFD	84
4.4.1 Descripción del proceso.	84
4.4.2 Balance de masa.	86
4.4.2.1 Secado.	86
4.4.2.2 Molienda.	87
4.4.2.3 Extracción.	87
4.5 EQUIPOS	90
4.5.1 Tanques de almacenamiento.	90
4.5.2 Tanque mezclador.	92
4.5.3 Deshidratador.	93
4.5.4 Molino de martillos.	94
4.5.5 Extractor.	95
4.5.6 Rotaevaporador.	96
4.5.7 Enfriador.	97
4.6 CONSUMO ENERGETICO	98
4.6.1 Consumo energético para el proceso de secado.	99
4.6.2 Consumo energético para el proceso de molienda.	99
4.6.3 Consumo energético para el proceso de extracción.	99

4.6.4 Consumo energético para el proceso de rotaevaporación.	99
4.6.5 Consumo energético para el enfriador	99
5. EVALUACIÓN FINANCIERA	100
5.1 COSTOS E INVERSIONES	100
5.1.1 Activo fijo.	100
5.1.1.1 Activos fijos tangibles.	100
5.1.1.2 Activos fijos intangibles.	102
5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN	103
5.2.1 Mano de obra.	103
5.2.2 Insumos	104
5.3 GASTOS ENERGÉTICOS	104
5.4 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA	105
5.5 PRECIO COMERCIAL	106
5.6 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	106
5.6.1 Flujo de caja.	106
5.7 CRITERIOS DE EVALUACION DEL PROYECTO	108
5.7.1 Tasa interna de oportunidad (TIO).	109
5.7.2 Tasa interna de retorno (TIR).	110
5.7.3 Valor presente neto (VPN).	110
5.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	111
6. CONCLUSIONES	114
7. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	123

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Producción de mora en Colombia.	28
Tabla 2. Comparación métodos de extracción de antocianinas.	42
Tabla 3. Contenido de humedad de las muestras.	49
Tabla 4. Rendimiento de extracción.	55
Tabla 5. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 96%.	63
Tabla 6. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol recuperado.	63
Tabla 7. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 85%.	64
Tabla 8. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 75%.	65
Tabla 9. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 96%.	65
Tabla 10. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol recuperado.	66
Tabla 11. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 85%.	67
Tabla 12. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 75%.	67
Tabla 13. Promedio de antocianinas totales para los dos métodos de extracción.	68
Tabla 14. Tamizado del residuo mora de castilla.	70
Tabla 15. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a luz directa.	72
Tabla 16. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a luz directa.	72
Tabla 17. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a oscuridad.	72
Tabla 18. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a oscuridad.	72
Tabla 19. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a luz ambiente.	73
Tabla 20. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a luz ambiente.	73
Tabla 21. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a refrigeración.	73
Tabla 22. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a refrigeración.	74
Tabla 23. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a congelación.	74
Tabla 24. Contenido de antocianinas monoméricas y totales	

de las muestras sometidas a congelación.	74
Tabla 25. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a temperatura ambiente.	74
Tabla 26. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a temperatura ambiente.	75
Tabla 27. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a pH 2.	75
Tabla 28. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a pH 2.	75
Tabla 29. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a pH 5.	76
Tabla 30. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a pH 5.	76
Tabla 31. Propiedades físicas y químicas del colorante.	80
Tabla 32. Convenciones de equipos	86
Tabla 33. Condiciones de las corrientes del diagrama PFD.	86
Tabla 34. Densidad de las sustancias.	88
Tabla 35. Fracción molar.	89
Tabla 36. Condiciones registradas a nivel laboratorio	90
Tabla 37. Datos técnicos del tanque de almacenamiento.	91
Tabla 38. Datos técnicos del tanque mezclador.	93
Tabla 39. Datos técnicos del deshidratador CT-C.	94
Tabla 40. Datos técnicos del extractor Rotocell 6YL-100.	96
Tabla 41. Datos técnicos de enfriador CH226.	98
Tabla 42. Costos activos fijos tangibles equipos internacionales.	102
Tabla 43. Costos activos fijos tangibles equipos nacionales.	102
Tabla 44. Costos activos fijos intangibles.	102
Tabla 45. Porcentajes de aportes y prestaciones	103
Tabla 46. Costos mano de obra	103
Tabla 47. Proyección nomina 5 años.	104
Tabla 48. Insumos necesarios para la producción	104
Tabla 49. Gastos energéticos asociado a equipos.	105
Tabla 50. Proyecciones de gasto energético.	105
Tabla 51. Depreciación total anual de los equipos.	106
Tabla 52. Flujo de caja	107
Tabla 53. Indicadores ajustados para la TIO.	109
Tabla 54. Variación criterios financieros de acuerdo al precio.	111
Tabla 55. Resumen evaluación financiera.	112

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Producción nacional de mora	28
Grafica 2. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 96%	62
Grafica 3. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol recuperado.	63
Grafica 4. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 85%.	64
Grafica 5. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 75%.	64
Grafica 6. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 96%.	65
Grafica 7. Curva de absorbancia a pH 1y 4,5, ultrasonido con etanol recuperado.	66
Grafica 8. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 85%.	66
Grafica 9. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 75%.	67
Grafica 10. Estabilidad de las muestras en el yogurt.	78
Grafica 11. Flujo de caja neto del proyecto.	108
Grafica 12. Comparación TIR y VPN.	112

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Mora de castilla o mora azul.	26
Imagen 2. Contenido nutricional de la mora.	27
Imagen 3. Estructura molecular de las antocianinas.	29
Imagen 4. Estructura molecular de las antocianinas a diferentes valores de pH.	31
Imagen 5. Antocianinas como indicador de pH.	33
Imagen 6. Extracción por inmersión.	35
Imagen 7. Extracción por percolación.	36
Imagen 8. Extracción soxhlet.	37
Imagen 9. Estructura química del colorante artificial Eritrosina.	40
Imagen 10. Estructura química del colorante artificial Ponceau 4R.	40
Imagen 11. Estructura química del colorante artificial Allura.	41
Imagen 12. Extracción asistida por ultrasonido.	44
Imagen 13. Extracción asistida por microondas.	45
Imagen 14. Residuo mora de castilla.	47
Imagen 15. Acidificación de la muestra.	48
Imagen 16. Muestra húmeda.	48
Imagen 17. Muestra seca.	49
Imagen 18. Muestra triturada.	50
Imagen 19. Extracción soxhlet.	51
Imagen 20. Equipo utilizado en la extracción por ultrasonido.	52
Imagen 21. Equipo utilizado en la extracción por microondas.	52
Imagen 22. Rotaevaporador.	53
Imagen 23. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 96%.	56
Imagen 24. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol recuperado.	56
Imagen 25. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 85%.	57
Imagen 26. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 75%.	57
Imagen 27. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 96%.	58
Imagen 28. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol recuperado.	59
Imagen 29. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 85%.	59
Imagen 30. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 75%.	60
Imagen 31. Tonalidad de los extractos obtenidos.	69
Imagen 32. Poder de tinción de las muestras en el yogurt.	77
Imagen 33. Estabilidad de las muestras día 1.	79
Imagen 34. Estabilidad de las muestras día 26.	79
Imagen 35. Colorante natural.	80
Imagen 36. Producción mora de cartilla en Cundinamarca.	81
Imagen 37. Tanque de almacenamiento.	91
Imagen 38. Tanque mezclador.	92
Imagen 39. Deshidratador CT-C.	94
Imagen 40. Molino de martillos XPE.	95
Imagen 41. Extractor Rotocell 6YL-100.	96
Imagen 42. Rotaevaporador RVC2000.	97

Imagen 43. Enfriador CH226.	98
Imagen 45. Bodega.	101
Imagen 46. Furgón refrigerado.	101

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Métodos de extracción.	46
Diagrama 2. Diagrama de bloques del proceso.	83
Diagrama 3. Diagrama PFD del proceso.	85
Diagrama 4. Volumen de control para el proceso de secado.	87
Diagrama 5. Volumen de control para el proceso de molienda.	87
Diagrama 6. Volumen de control del proceso de extracción solido-liquido.	88
Diagrama 7. Volumen de control para el rotaevaporador.	89

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Porcentaje de humedad del residuo.	49
Ecuación 2. Densidad del extracto.	54
Ecuación 3. Masa del extracto.	54
Ecuación 4. Volumen de agua.	54
Ecuación 5. Masa de agua.	54
Ecuación 6. Cantidad de extrato seco.	54
Ecuación 7. Redimiento de la extracción.	54
Ecuación 8. Absorbancia.	61
Ecuación 9. Antocianinas monoméricas.	61
Ecuación 10. Antocianinas totales.	62
Ecuación 11. Gasto energético.	102
Ecuación 12. Tasa interna de oportunidad.	107
Ecuación 13. Tasa interna de retorno.	108
Ecuación 14. Valor presente neto.	109

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Condiciones de recolección del residuo.	124
Anexo B. Resultados de la extracción asistida por microondas.	125
Anexo C. Muestra de cálculo para el rendimiento de la extracción.	127
Anexo D. Tablas de absorbancias a pH 1 y pH 4,5.	128
Anexo E. Resultados de la extracción soxhlet con el residuo tamizado.	132
Anexo F. Ficha técnica del colorante artificial Allura.	135

LISTA DE ABREVIATURAS

FDA: Food and Drug Administration.
EFSA: European Food Safety Authority.
msnm: metros sobre el nivel del mar.
EAU: Extracción asistida por ultrasonido.
% H: porcentaje de humedad.
 λ : Longitud de onda.
 $A_{\lambda 700}$: Absorbancia a 700 nm.
 $A_{\lambda \max}$: Absorbancia a la longitud de onda máxima.
COP: Unidad de Pesos Colombianos.
TIO: Tasa Interna de Oportunidad (%).
TIR: Tasa Interna de Retorno (%).
VPN: Valor Presente Neto (\$COP).

RESUMEN

En este proyecto se utilizó el residuo de mora para la producción de un colorante natural, este pigmento se caracteriza por contener antocianinas, un componente importante que genera una tonalidad roja característica. Para su obtención, se realizaron tres métodos de extracción como son: soxhlet, ultrasonido y microondas. Para el caso de la extracción soxhlet y ultrasonido, se utilizó como disolvente principal etanol en diferentes concentraciones en medio acuoso. Los extractos fueron caracterizados por medio de un ensayo ácido-base y cuantificación de las antocianinas, estos análisis se realizan para identificar el mejor método de extracción y la concentración de etanol que condujo al mayor rendimiento. Entre el método de extracción soxhlet y ultrasonido se identificó que, en cuanto a rendimiento y cantidad de antocianinas totales, el mejor es la extracción soxhlet utilizando como disolvente etanol al 96% (v/v), en el que se obtuvieron 1413.839 ± 4.20 mg de cianidin-3-glucosido/100g de residuo de mora.

Dentro de las pruebas de estabilidad del colorante natural, se identificó que las mejores condiciones para su almacenamiento son a temperatura de 4 °C, en envases ámbar y sin exposición a luz directa. Para comprobar el poder de tinción del pigmento se adiciona el colorante a yogurt natural y se realizaron análisis espectrofotométricos durante 1 mes, identificando la variación en la intensidad del color asociado al pH del yogurt, de 4,5.

Finalmente, se hace una propuesta técnica del proyecto para el método de extracción soxhlet con etanol al 96% (v/v), seleccionando los equipos y realizando los respectivos balances de materia y energía, para una producción por lote de 45,9 kg de colorante natural líquido. Adicionalmente, se establecieron las variables necesarias para elaborar un análisis de viabilidad financiera del proyecto teniendo en cuenta los principales criterios de evaluación TIR, TIO y VPN, obteniendo una TIR (12,85%), mayor a la TIO (12,25%) con una ganancia de \$43.640.710 anual.

Palabras clave: antocianinas, ultrasonido, colorante natural, soxhlet, viabilidad financiera.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla es una de las frutas más cultivadas en Colombia, el aumento en su producción está relacionado con factores como la existencia de zonas apropiadas para su cultivo, la aceptación para su consumo, su valor nutricional y sus propiedades antioxidantes, que implican altas posibilidades agroindustriales. Colombia cuenta con 7.007 hectáreas plantadas, de las cuales 4.922 están en edad productiva. Se presentan rendimientos promedio de 15 toneladas por hectárea, lo que significa una producción de 73.856 toneladas anuales. Cabe destacar que el departamento de Cundinamarca cuenta con la mayor área sembrada y, por tanto, con la mayor producción.¹

Este fruto es procesado en diversas industrias, para la obtención de productos alimenticios, de este procesamiento se obtiene subproducto o material no comestible que se describe como residuo orgánico. Actualmente este subproducto no se está aprovechando adecuadamente, por este motivo en este proyecto se realiza una extracción para la obtención de un colorante natural aplicado a la industria alimenticia. La importancia de incorporar colorantes naturales en los alimentos son los beneficios que estos aportan a la salud por sus propiedades químicas y bioactivas ayudando a prevenir enfermedades coronarias, además estos colorantes son inocuos, presentan alta compatibilidad con los sistemas vitales y cuentan con menos limitaciones para usarse que los colorantes sintéticos, los cuales se bioacumulan y alteran el metabolismo, además se les atribuye problemas de hiperactividad, déficit de atención en los niños, alergias, causar desórdenes de la vista, aprendizaje y alteraciones nerviosas.²

Teniendo en cuenta la gran cantidad de mora de castilla producida en Cundinamarca, es recomendable encontrar una alternativa para el aprovechamiento de este residuo, este será insumo de estudio en el desarrollo del proyecto, donde se busca evaluar técnica y financieramente el proceso de obtención de un colorante natural con el fin de darle un valor agregado a este desperdicio permitiendo la obtención de un producto de alta calidad, con utilidad en el mercado y sobre todo que tenga una viabilidad económica.

Para la obtención del colorante natural a partir del residuo mora de castilla se emplean los siguientes métodos de extracción a nivel laboratorio: ultrasonido, microondas y soxhlet utilizando como disolvente etanol en diferentes concentraciones en medio acuoso, se empleó etanol al 96% (v/v) y dos soluciones

¹ DANE. El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glucus* Benth) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana [en línea].[Consultado 20 de mayo de 2019]. Disponible en:https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf

² ULLOA, María. El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería. [en línea].[Consultado el 30 de mayo de 2019]. Disponible en:<http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUAEXCOMESC001-2018.pdf>

de diferente relación en volumen de etanol 96%(v/v): agua destilada de 85:15 y 75:25, además se utilizó el etanol recuperado 93,66%(v/v) de la destilación de extracto obtenido con el etanol al 96%. Para verificar la presencia de antocianinas, compuesto que genera la tonalidad característica de la mora, se lleva a cabo una caracterización del extracto realizando un ensayo ácido-base donde al modificar el pH de las muestras se verifica cualitativamente la presencia de antocianinas según el cambio en la tonalidad de los extractos y una cuantificación de las antocianinas monoméricas y totales por medio de espectrofotometría, una vez se obtuvo el extracto se realiza un desempeño del pigmento al incorporar el colorante natural en un producto alimenticio, se analiza la estabilidad del color, las condiciones que lo afectan y su tiempo de conservación.

Todos los datos experimentales que se obtienen para el desarrollo del colorante natural se utilizan para llevar a cabo un estudio de requerimientos técnicos de una planta piloto de extracción, donde se especifican los equipos utilizados y sus condiciones de operación, finalmente se evalúa financieramente el proyecto para determinar su viabilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad técnico financiera para la obtención de un colorante natural partiendo del residuo mora de castilla (*rubus glaucus benth*) para su uso en la industria de alimentos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las condiciones de extracción para la obtención y cuantificación de las antocianinas a nivel laboratorio.
- Establecer el desempeño del pigmento antociánico en un yogurt natural realizando la comparación con un colorante sintético.
- Especificar los requerimientos técnicos del proceso.
- Determinar la viabilidad financiera del proceso para la obtención del colorante natural.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MORA DE CASTILLA

La mora de Castilla es una fruta originaria de la zona andina tropical alta de América. Pertenece a la familia de las rosáceas, junto con otra gran variedad de especies, siendo la más cultivada en nuestro país por su adaptabilidad y características especiales, además tiene gran importancia comercial y es la más cultivada en regiones tropicales, se encuentran diseminadas en casi todo el mundo excepto en las zonas desérticas³

Económicamente la mora es una de las frutas más valiosas cultivadas en el mundo entero, la mora es una fruta perteneciente al grupo de las bayas es muy perecedera, rica en vitamina C y con un alto contenido de agua es de la familia rosaceae su nombre científico es *Rubus glaucus*.

1.1.1 Requerimientos agroclimatológicos. La mora se desarrolla a temperaturas comprendidas entre los 10 y 18 °C y puede crecer entre alturas de 1500 y 3000 msnm, presentando una buena producción de frutos desde los 1900 hasta los 2400 msnm, si se tiene en cuenta que la mora es susceptible a las heladas, no es recomendable sembrar a altitudes mayores cuando el cultivo es a la intemperie. La humedad relativa no debe sobrepasar el 90% para evitar problemas fitosanitarios y la precipitación anual debe estar entre 1400 y 2300 mm. La fruta presenta un buen desarrollo en suelos francos, profundos ya que las raíces pueden crecer hasta un metro, también se requiere que el suelo tenga una buena capacidad de retención de la humedad para que se dé un crecimiento constante de la planta. Los suelos apropiados deben tener un buen contenido de materia orgánica, además de un pH entre 5,5 y 6,5.⁴

1.1.2 Propiedades del fruto. Como se observa en la imagen 1, el fruto, es una baya elipsoidal de 15 a 25 mm en su diámetro más ancho, de 3 a 5 g de peso, verde cuando se forma, pasando a rojo luego a morado oscuro y brillante cuando madura.⁵

³Cultivo de mora [en línea].[Consultado 05 de diciembre de 2018].Disponible en: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm#inicio>

⁴ GRIJALBA, Carlos. Rendimiento y calidad de dos materiales de mora de castilla (*rubus glaucus* benth.): con espinas y sin espinas cultivadas a campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia) [en línea]. [Consultado 03 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/903/Grijalba%20Carlos2009.pdf;jsessionid=BA363A0E8964FB84CB01BCFA7BE3B2DE?sequence=1>

⁵ Ibíd., p. 14

Imagen 1. Mora de castilla o mora azul.



Fuente: DANE. Cultivo mora de castilla. [en línea]. [Consultado 15 de diciembre de 2018]. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf

La mora según Correa se define como una fruta nutritiva que contiene un 80% de agua, 10% de carbohidratos, además de vitaminas y minerales como se presenta en la imagen 2. También Castro y Cerdas la consideran medicinal, puesto que en sus semillas se han encontrado aceites oleicos, linoleico, linolénico y palmítico los cuales son benéficos, evitando enfermedades del corazón y cáncer. Adicionalmente, la ingesta de la mora optimiza el funcionamiento del sistema inmunológico, al igual que neutraliza la acción de los radicales libres debido a la producción de antioxidantes como las antocianinas y carotenoides.

Imagen 2. Contenido nutricional de la mora.

Energía	57kcal
Fibra dietética	5.30 g
Proteínas	1,2 g
Grasa	0.6 g
Carbohidratos	13.2 total
Cenizas	0.6 g
Calcio	34 mg
Magnesio	20mg
Potasio	196mg
Fósforo	36mg
Hierro	2.0 mg
Vitamina C	18 g
Vitamina B6	0.06mg
Ácido fólico	34mg

Fuente: AVILA, Carlos. Cosecha y poscosecha de la mora con destino a mercados especializados. [en línea]. [consultado el 02 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/carlosavilaama ya/cosecha-posco>

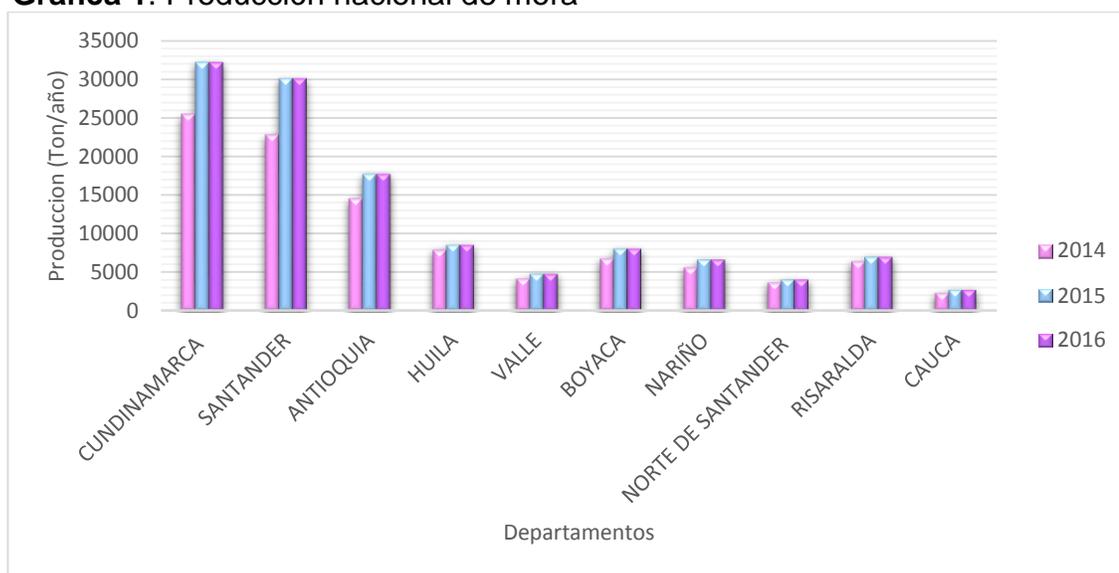
1.1.3 Producción nacional. La producción de mora en Colombia aumentó entre el periodo 2014-2015, así como el área de cosecha y su rendimiento, por el contrario, en el periodo 2015-2016 la producción de mora en el país se mantuvo constante, como se observa en la figura 3, estos reportes estadísticos son suministrados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. A partir de estos datos se puede deducir que el principal productor junto con la mayor área cultivada de mora en Colombia fue el departamento de Cundinamarca, donde la mayor parte de la producción de mora según los estudios de Castro y Cerdas se destina a la obtención de productos procesados como mermeladas, yogur, pulpas, vinos, entre otros.

Tabla 1. Producción de mora en Colombia.

Departamentos	Producción (Ton)			Área (Ha)			Rendimiento (Ton/Ha)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
CUNDINAMARCA	25431	32231	32231	4075	4127	4127	6,241	7,909	7,810
SANTANDER	22770	30126	30126	2589	2622	2622	8,795	11,636	11,490
ANTIOQUIA	14581	17789	17789	1461	1480	1480	9,980	12,176	12,020
HUILA	7927	8604	8604	1274	1290	1290	6,222	6,754	6,670
VALLE	4220	4853	4853	845	856	856	4,994	5,743	5,669
BOYACA	6832	8094	8094	926	938	938	7,378	8,741	8,629
NARIÑO	5695	6727	6727	1206	1221	1606	4,722	5,578	4,189
NORTE DE SANTANDER	3720	4117	4117	483	489	489	7,702	8,524	8,419
RISARALDA	6471	7059	7059	614	622	622	10,539	11,497	11,349
CAUCA	2391	2787	2787	512	519	519	4,670	5,443	5,370

Fuente: elaboración propia, con base en: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2016)

Grafica 1. Producción nacional de mora



Fuente: elaboración propia.

1.2 RESIDUO MORA DE CASTILLA

La mora de castilla es procesada en diversas industrias para obtener productos alimenticios, generando residuos orgánicos que no tienen un uso apropiado, la fruta procesada origina un desperdicio que se convierten en subproducto o material no comestible, que no son aprovechados. Sin embargo, pueden ser objeto de análisis, para la extracción de compuestos funcionales como antocianinas, vitaminas y minerales, el residuo proveniente de la mora de castilla contiene extractos con capacidad antioxidante. El doctor en Ingeniería de la línea de Investigación Automática. Javier Andrés Dávila afirma que los residuos de la mora contienen antioxidantes cercanos a los 126,41 mg/kg que se pueden extraer para ser utilizadas en industrias farmacéuticas y

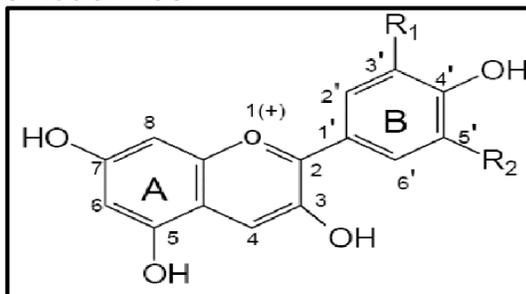
procesadoras de alimentos,⁶ además según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para el año 2016 la producción nacional de mora de castilla está destinada mayormente a las industrias procesadoras de alimentos como Casa Luker, Alpina, Pro jugos, entre otros.

1.3 ANTOCIANINAS

Las antocianinas contenidas en los frutos de mora, son un grupo de pigmentos de color rojo con beneficios potenciales para la salud por su actividad antioxidante se utilizan como colorantes naturales por su carácter no tóxico e hidrosolubles, se pueden incorporar como colorantes en productos alimenticios. Estos atributos de las antocianinas, colorantes y antioxidantes, resultan de interés a efectos de estudiar metodologías de extracción para poder utilizar posteriormente el producto en aplicaciones tecnológicas.⁷

1.3.1 Estructura química. Estos compuestos pertenecen a la familia de los flavonoides. Aguilera Ortiz explica que son glucósidos de antocianidinas, es decir, que están constituidos por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas se presenta en la imagen 4 y consiste en el ion flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio, que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); ambos unidos por una cadena de tres átomos de carbono.

Imagen 3. Estructura molecular de las antocianinas.



Fuente: QUINTERO. Estructura de las antocianinas [en línea]. [Consultado 08 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/capitulo4.pdf

⁶ AGENCIA DE NOTICIAS UNIVERSIDAD NACIONAL. Residuo de mora y aguacate una nueva alternativa para la industria [en línea]. [Consultado 13 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/residuos-de-mora-y-aguacate-con-potencial-para-la-industria-farmaceutica/35521>

⁷ ZAPATA, Marina. Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria [en línea]. [Consultado 07 de diciembre 2018]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20\(1\).PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20(1).PDF?sequence=21)

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. El incremento en la hidroxilación produce desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas.⁸

1.3.2 Antioxidantes presentes en las antocianinas. Según los aportes realizados por Sánchez Moreno los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. López y Denicola en su estudio denominan "antioxidante" a "cualquier sustancia que retarda, previene o elimina el daño oxidativo hacia una molécula" o bien, "a la capacidad que tienen determinados compuestos para neutralizar los radicales libres".

Las antocianinas se caracterizan por tener una deficiencia de electrones, debido a su particular estructura química, que las hace muy reactivas frente a los radicales libres presentes en el cuerpo, por consiguiente, pueden ser potentes antioxidantes naturales Bridgers. Según López y Denicola, las propiedades atribuidas a las antocianinas para mejorar la salud están asociadas a esta capacidad de actuar como antioxidantes y secuestrar radicales libres en sistemas biológicos.⁹

1.3.3 Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas. Existen factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas considerando que su estructura puede verse afectada en el proceso de extracción, por el tratamiento térmico o por las condiciones de almacenamiento del producto que las contiene, a continuación se describe cada uno de los factores externos.¹⁰

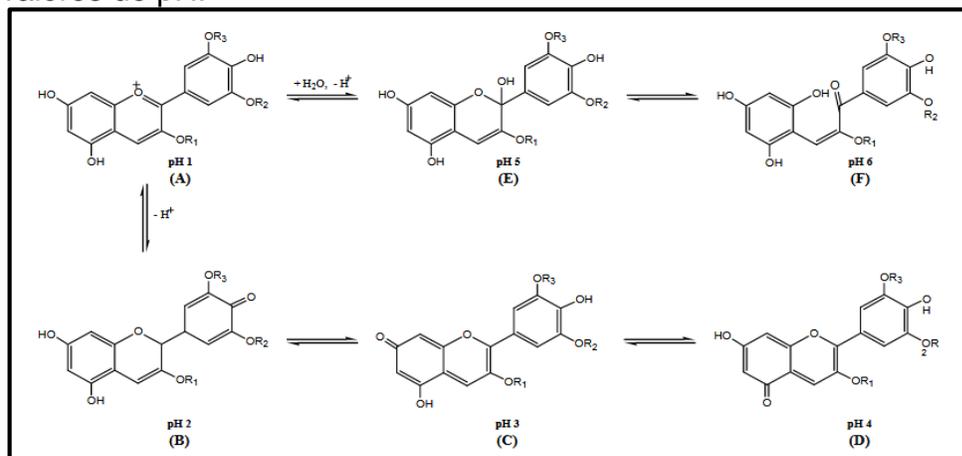
1.3.3.1 pH. El pH de las antocianinas determina su estructura y su estabilidad, a pH 1 predomina el catión flavilio que es de color rojo y es la forma más estable de las antocianinas, a valores de pH entre 2 y 4 ocurre la pérdida de un protón y adición de agua, encontrándose las antocianinas en formas quinodales de color azul. A pH entre 5 y 6 se observan las especies pseudobase carbinol de color amarillo e inestable. A pH superiores a 7 se produce la degradación rápida de las antocianinas por oxidación directa al contacto con el aire. En la siguiente imagen se ilustra el cambio en la estructura química debido al cambio de pH.

⁸GARZÓN, Gloria. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión alimentaria [en línea]. [Consultado 03 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>

⁹ LOPEZ, Camilo. DENICOLA, Ana. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays [en línea]. [Consultado 05 de diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000326701201728X?via%3Dihub>

¹⁰ ZAPATA. Op. Cit., p. 14-25

Imagen 4. Estructura molecular de las antocianinas a diferentes valores de pH.



Fuente: CONTRERAS, Liza. Variación en la estructura molecular de las antocianinas con el pH. [en línea]. [Consultado 12 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2968/Q05-H47-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

1.3.3.2 Temperatura. Las conversiones estructurales de las antocianinas son reacciones endotérmicas, resisten bien procesos térmicos a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo. Por efecto del calor, a temperaturas superiores a 60°C se degradan según cinética de primer orden. El incremento de temperatura provoca pérdidas del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo y como consecuencia se produce chalconas incoloras según lo mencionado por Garzón. Es decir, a temperaturas más elevadas provocan un efecto adverso sobre la estructura de las antocianinas, especialmente durante un tratamiento térmico o el almacenamiento. Por lo tanto es necesario establecer una temperatura de equilibrio que favorezca el proceso de extracción pero que no perjudique la calidad del extracto.

1.3.3.3 Oxígeno. Las antocianinas pueden oxidarse por reacción directa con oxígeno o a través de una oxidación indirecta en la que éstas reaccionan con compuestos que han sido previamente oxidados dando lugar a formación de productos de color marrón o incoloro. También, reaccionan con radicales de oxígeno actuando como antioxidantes, según Rein,¹¹ estos mecanismos de oxidación se ven favorecidos cuando se eleva la temperatura. Además se ha observado que el ácido ascórbico en presencia de oxígeno, destruye a las antocianinas, formando peróxido de hidrógeno. Esta reacción se acelera en presencia de cobre y es inhibida en presencia de flavonoles como la quercetina. El efecto del ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas produce efectos

¹¹ REIN, Maarit. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Academic dissertation. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division. 2005.

negativos, es explicado por Garzón como una posible reacción de condensación entre el ácido y los pigmentos.

1.3.3.4 Luz. Es un factor que acelera la degradación de las antocianinas. Sin embargo también acelera la biosíntesis de éstas. Las antocianinas que presentan sustituyentes en el hidroxilo del carbono cinco son más susceptibles a la degradación por luz. Sin embargo, la copigmentación retrasa la fotodegradación. La copigmentación refuerza la pigmentación de antocianinas, pueden ser flavonoides, polifenoles, alcaloides, aminoácidos, ácidos orgánicos y grupos acilos aromáticos, entre otros. Cuentan con un pH ácido y ocurren a través de una serie de interacciones; según lo recopilado por Zapata.

1.3.4 Propiedades de las antocianinas como colorantes naturales. La preocupación de los consumidores acerca de la seguridad de los colorantes sintéticos ha aumentado el interés por el uso de colorantes naturales como aditivos. A la hora de seleccionar un colorante surgen preguntas sobre las características tecnológicas, toxicológicas y legales acerca del uso del mismo. Si bien los colorantes sintéticos poseen mejores características funcionales y tecnológicas que los naturales, según lo mencionado por Restrepo existe una marcada tendencia hacia el consumo de productos más naturales, libres de compuestos químicos sintéticos con efectos que beneficien la salud.

Los colorantes naturales según Silva son menos tóxicos y menos nocivos para la salud,¹² además tienen un menor impacto sobre el medio ambiente. Sin embargo, son más costosos, menos potentes y menos estables. Las antocianinas son colorantes interesantes por su impacto sobre las características sensoriales de los alimentos, sus colores atractivos se las puede utilizar como colorantes alimentarios naturales, el interés por estos pigmentos antociánico ha aumentado debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas.¹³

1.3.5 Caracterización cualitativa y cuantitativa de antocianinas. La importancia cualitativa de las Antocianinas se basa en métodos cromatográficos como la cromatografía de capa fina, la cual requiere menos tiempo, y permite identificar la presencia de antioxidantes de interés. El análisis cuantitativo consiste en la lectura de la densidad óptica del extracto diluido con su respectivo solvente utilizando el espectrofotómetro, reconociendo la cantidad de antocianinas que se encuentran en la muestra.¹⁴

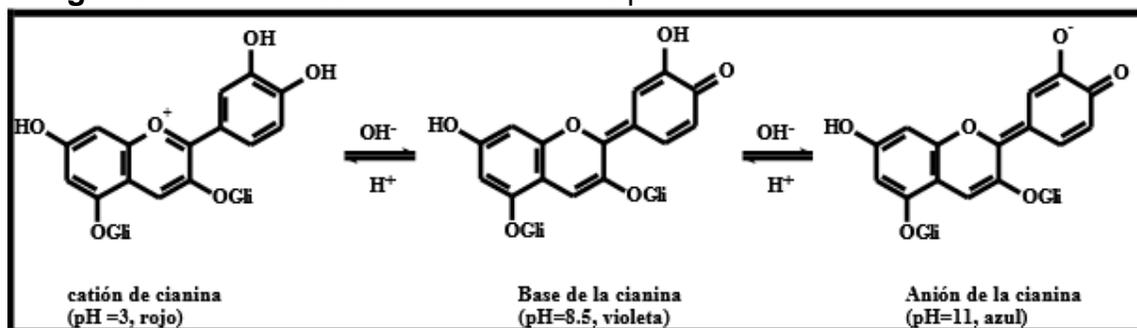
¹² SILVA, Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology [en línea]. [Consultado 05 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.01.008>

¹³ ZAPATA. Op. Cit., p. 25-29

¹⁴ MARTÍNEZ, Alejandro. Flavonoides [en línea]. [Consultado 06 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/3200170-Flavonoides-alejandro-martinez-m-quimico-m-sc-doctor-enciencias-facultad-de-quimica-farmaceutica-universidad-de-antioquia.html>

- **Ensayo acido-base.** Las antocianinas se comportan como indicadores ácido-base debido al proceso, en la imagen 6 se presenta que para la caracterización cualitativa de antocianinas, se puede realizar una prueba de pH, en donde a pH ácido presentan coloraciones rojas, violetas y/o moradas; mientras que a pH alcalino presentan coloraciones verdes.¹⁵ El cambio de color se debe al cambio en los radicales libres como se ilustra en la imagen 6.

Imagen 5. Antocianinas como indicador de pH.



Fuente: PEREZ, Gilberto. Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes [en línea]. [Consultado 17 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v22n1/ibi07103.pdf>

- **Espectrofotometría.** La caracterización cuantitativa se basa en la espectrofotometría, la técnica más usada para el cálculo de concentraciones de antocianinas, relacionando la absorción de luz con la concentración de los compuestos de interés. Para su cuantificación se usa el proceso de pH diferencial, es un método basado en el cambio a nivel estructural que sufren las antocianinas con respecto a la variación del pH, manifestado por un cambio en la absorbancia, para esto se preparan soluciones buffer que tienen como objetivo mostrar la forma oxonium que predomina a pH 1 (coloreadas) y la forma hemiacetal presente a pH 4.5 (incoloras).¹⁶ Donde el extracto es diluido en estas soluciones para su respectiva lectura de absorbancia (Herrera y Rodríguez). Aguilera afirma que el espectro de absorción de las antocianinas depende del pH, por lo que para medir el pH debería ajustarse a 2,8. También indica que la longitud de onda más común usada en la medición espectrofotométrica de antocianinas es de 520 a 540 nm porque es en la cual se presenta la absorción máxima en la región visible.
- **Método pH-diferencial.** Para la obtención de la concentración de antocianinas se utiliza el método de pH diferencial. La antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH manifestado por un llamativo cambio en la absorbancia. La forma oxonium predomina a pH 1 y el hemiacetal

¹⁵ *Ibíd.*, p. 21-23

¹⁶ CRUZ, Nieves; NIÑO, Katiushka; VERDE, Maria; RIVAS, Catalina; ORANDAY, Azucena; NÚÑEZ, Adriana y MORALES, Eufemia. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltldl (zarzamora) [en línea]. [Consultado 04 de julio de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a7.pdf>

a pH 4,5. El pH diferencial es un método basado en esta reacción, permitiendo una rápida y exacta medida de la antocianina total, incluso en la presencia de pigmentos degradados polimerizados y de otros compuestos diferentes.¹⁷

Este es un método espectrofotométrico que se basa en la transformación estructural de las antocianinas con el cambio de pH (pH 1 coloreadas y pH 4.5 incoloras). Se prepararon diluciones del extracto metanólico con solución buffer pH 1.0 de cloruro de potasio y con solución buffer pH 4.5 de acetato de sodio.¹⁸ La diferencia en la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción (540 nm) es proporcional al contenido de antocianinas, con el propósito de efectuar la corrección de la medida debido a la presencia de compuestos degradados o sustancias interferentes, se midió la absorbancia a 700 nm.¹⁹

1.3.6 Procesos de obtención de las antocianinas.

1.3.6.1 Método de secado. El secado en horno utilizando aire caliente sigue siendo ampliamente utilizado para producir productos secos, debido a sus bajos costos. Sin embargo, este método provoca la degradación de nutrientes importantes así como la alteración del color. Esta técnica se ha investigado en diferentes bayas, y es comúnmente usada por la industria alimentaria. Sin embargo, el inconveniente del secado es la disminución en el contenido de compuestos polifenólicos, antocianinas y la actividad antioxidante, el cual varía en algunos casos de 24 a 82,6%, la variación depende principalmente de la temperatura aplicada, que es normalmente entre 30 y 40 °C, y el tiempo de secado que podría ser de 10 horas dependiendo de la muestra que se va a someter a secado.²⁰

1.3.6.2 Extracción. La extracción es una operación de separación por transferencia de masa en la que al ponerse en contacto dos fases inmiscibles se transfieren uno o varios componentes de una fase a otra. En la industria de procesos biológicos y alimentarios, muchos productos se separan de su estructura natural original por medio de este tipo de procesos, consiste en extraer antocianinas a partir de componentes solubles de un sólido mediante el contacto de éste con un solvente líquido adecuado.

¹⁷QUINTERO. Extracción de la antocianina. [en línea]. [Consultado 13 de agosto 2018]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/capitulo6.pdf

¹⁸ CRUZ, Nieves; NIÑO, Katiushka; VERDE, Maria; RIVAS, Catalina; ORANDAY, Azucena; NÚÑEZ, Adriana y MORALES, Eufemia. Óp. Cit., p. 68

¹⁹ ZAPATA, Luz; HEREDIA, Ana; QUINTEROS, Carlos; MALLERET, Antonio; CLEMENTE, Gabriela y CÁRCEL, Juan. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos [en línea]. [Consultado 04 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14532635008.pdf>

²⁰ CEDEÑO, Silvana. Efecto de los diferentes procesos de secado en los compuestos bioactivos de murtilla (*Ugni molinae* Turcz) y su bioaccesibilidad [en línea]. [Consultado 04 de diciembre de 2018] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/egc389e/doc/egc389e.pdf>

La extracción se lleva a cabo en una sola o en múltiples etapas. Una etapa es una unidad de equipo en la que las fases permanecen en contacto durante un tiempo determinado, se realiza la transferencia de materia de los componentes entre las fases.

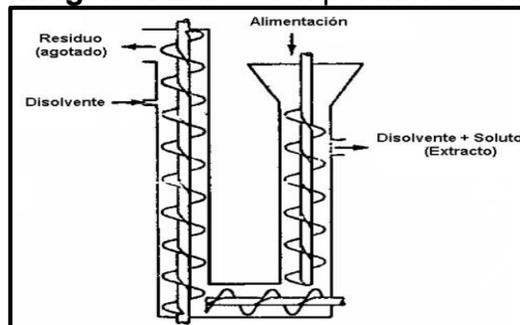
El proceso de extracción se lleva a cabo en tres etapas:²¹

- Transferencia de solvente, inicialmente el disolvente penetra y difunde en la matriz sólida llenando sus poros.
- Difusión del soluto en el disolvente contenido en los poros del sólido, mezcla soluto-disolvente hasta la superficie de la partícula
- Transferencia del soluto desde la superficie de las partículas hasta la disolución, esta transferencia de materia se realiza por transporte molecular y turbulento de forma simultánea.

A continuación se explican los métodos de extracción más utilizados comúnmente con solventes:

- **Inmersión.** La masa de las semillas va inmerso completamente en el disolvente, la velocidad de recambio del disolvente sobre la superficie de la partícula es lenta al encontrarse la semilla inmersa. El proceso de inmersión puede realizarse fácilmente aunque la semilla haya sido reducida a tamaños muy pequeños.²²

Imagen 6. Extracción por inmersión.



Fuente: MONRROY, Enrique. Lixiviación: aceite de linaza [en línea]. [Consultado 23 de junio de 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ArKhAm360/lixiviaci-on-aceite-de-linaza>

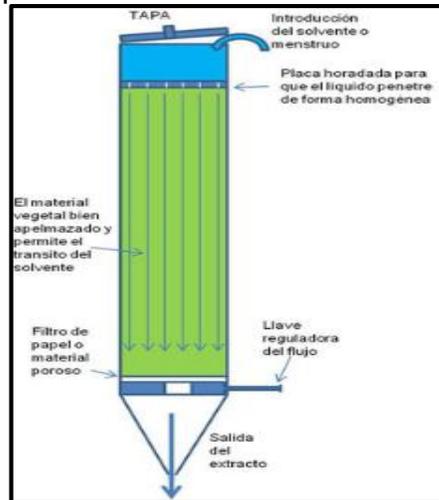
- **Percolación.** Se realiza mediante una lluvia de disolvente de manera que llegue a toda la masa, sin llenar todos los espacios vacíos que existen entre las

²¹ ZAPATA. Op. Cit., p. 30-35

²² EQUIPO DE PROFESORES DEL CENTRO DE DOCUMENTACION. Procesos en la industria alimentaria [en línea]. [Consultado 05 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/207/TEMA%20MUESTRA.pdf

semillas, la velocidad del disolvente en contacto con la superficie de la semilla es grande ya que el líquido escurre velozmente por efecto de la gravedad. Para poder realizar la operación de percolación es necesario que las partículas de las semillas tengan un tamaño que facilite el drenaje del disolvente a través de la masa.²³

Imagen 7. Extracción por percolación.



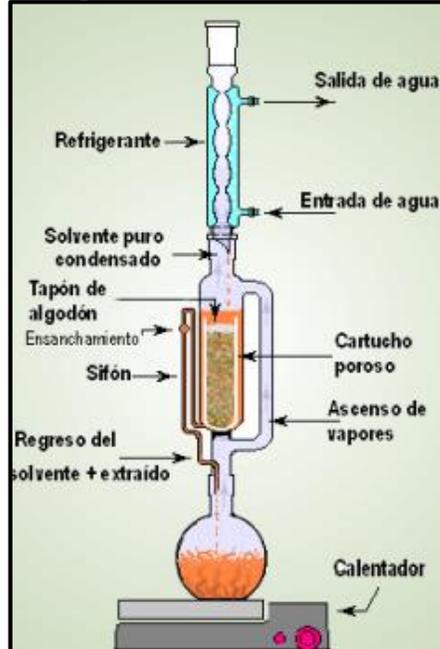
Fuente: PARDO, Amanda. Percolación [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019] Disponible en: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tecnofarma/wp-content/uploads/2013/02/Extracci%C3%B3n.pdf>

- **Soxhlet.** En este procedimiento la muestra sólida finamente pulverizada se coloca en un cartucho de material poroso que se sitúa en la cámara del extractor soxhlet; Se calienta el disolvente extractante (etanol), situado en el matraz, sus vapores se condensan y caen gota a gota sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los analitos solubles. Cuando el nivel del disolvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente con los analitos disueltos, asciende por el sifón y retorna al matraz de ebullición. Este proceso se repite hasta que se completa la extracción de la muestra y se concentran en el disolvente. La extracción Soxhlet ha sido y continúa siendo el método estándar de extracción de muestras sólidas más utilizado desde su diseño en el siglo pasado, actualmente es el principal método de referencia con el que se comparan otros métodos de extracción.²⁴

²³ *Ibíd.*, p. 22-23.

²⁴ CIENCIAS AMBIENTALES. Determinación del contenido graso de leche en polvo: extracción soxhlet [en línea]. [Consultado 05 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

Imagen 8. Extracción soxhlet.



Fuente: NÚÑEZ, Carlos. Soxhlet [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019] Disponible en: [http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccincon equi posoxhlet.pdf](http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccincon%20equipo%20soxhlet.pdf)

Para aumentar la velocidad global de transferencia de masa, se suele actuar sobre distintos factores como la reducción del tamaño de partícula, temperatura de extracción y el tipo de disolvente utilizado, a continuación se explican estos factores:²⁵

- **Tamaño de partícula sólida.** La velocidad de transferencia será mayor, cuantas más pequeñas sean las partículas por que a mayor superficie interfacial menor es la longitud de los poros, esto quiere decir que si el tamaño de partícula se reduce, la eficiencia en el proceso de extracción aumenta porque el tiempo requerido será menor, mientras que las dimensiones de las partículas son mayores la extracción se realizará a menor velocidad representando mayor tiempo de proceso.²⁶
- **Tipo de disolvente.** Debe ser selectivo y de baja viscosidad. Caldas (2012) considera además otros criterios como la solubilidad de la sustancia que se va a

²⁵ ZAPATA. Op. Cit., p. 34.

²⁶ FACULTAD CIENCIAS. Extracción sólido-líquido y recuperación del disolvente: obtención de aceite de girasol [en línea]. [Consultado 07 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://ciencias.ugr.es/practicadocentes/wp_content/uploads/guiones/ExtraccionSolidoLiquido.pdf

extraer, la insolubilidad de las sustancias restantes que no son de interés, la peligrosidad, el costo y disponibilidad comercial.²⁷

Generalmente se utiliza etanol para la extracción de los principios activos de las plantas. El etanol, cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, cuenta con un punto de ebullición de 78,3 °C, es un producto químico orgánico sintético empleado por el hombre y sus usos más comunes son industriales, domésticos y medicinales, la industria emplea mucho etanol como disolvente

- **Temperatura.** Al aumentar la temperatura se favorece la solubilidad y se aumentan los coeficientes de transferencia de masa, este incremento se presenta hasta cierta temperatura porque también se beneficia la solubilidad de otros compuestos presentes en la matriz original, por lo anterior, se debe conocer el efecto específico de la temperatura sobre el equilibrio químico, según la Universidad de Granada, el límite superior se fija atendiendo a criterios de calidad del producto, criterios económicos y de seguridad con respecto al solvente.²⁸

1.3.6.3 Rotaevaporación. Consiste en un sistema de destilación rotatorio asociado a un Baño María que es usado principalmente en laboratorios de síntesis química para análisis cualitativo y cuantitativo de extractos de naturaleza orgánica e inorgánica. Se utiliza principalmente para separar por medio de evaporación a presión reducida o vacío utilizando temperaturas bajas con el objetivo de separar el disolvente que acompaña al soluto de interés, estas condiciones de temperaturas baja y presión de vacío se utilizan para evitar desnaturalizar las antocianinas y separarlas del etanol que es utilizado en el proceso de extracción, para ser incorporadas como un colorante de origen natural.²⁹

1.4 COLORANTE

Un colorante se puede definir como un pigmento o sustancia que cuando se añade o se aplica a un alimento, fármaco o cosmético, o para el cuerpo humano, es capaz (solo o por medio de reacciones con otras sustancias) de impartir color. Los colorantes son pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, que son empleados para colorear productos que han perdido su color por el tratamiento industrial o para hacerlo más agradable a la vista y apetecible al consumidor.³⁰

1.4.1 Colorantes naturales. Son pigmentos derivados de fuentes naturales tales como vegetales, minerales o animales y productos derivados de sustancias

²⁷ *Ibíd.*, p. 23.

²⁸ *Ibíd.*, p. 23.

²⁹ Rotaevaporador. [en línea]. [Consultado 05 de diciembre de 2018] Disponible en: <https://avanzagroup.com.co/rotaevaporador-instrumento-de-destilacion-rotatorio-asociado-a-un-bano-maria-que-es-usado-principalmente-en-laboratorios-de-sintesis-quimicas/>

³⁰ MARIN, Silvia y MEJIA, Laura. Extracción de colorante a partir de la flor de Jamaica [en línea]. [Consultado 13 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://ribuni.uni.edu.ni/619/1/37975.pdf>

naturales. Actualmente hay un gran interés por los colorantes de origen natural, esto se debe a la necesidad de aumentar la gama de colores y en parte porque debido a su origen natural son seguros para el consumo.³¹

1.4.2 Colorantes artificiales. Son los obtenidos por síntesis química, de los que actualmente se conocen más de 3,000 aunque la lista de los utilizados en alimentación es muy reducida (menos del 10%), son solubles en agua y fáciles de utilizar, generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos

Los colorantes artificiales son utilizados por sus excelentes propiedades:

- Proporcionan un color persistente (resistente a tratamientos térmicos).
- Ofrecen colores variados y uniformes.
- Son de alta pureza y bajo costo.
- Soportan pH extremos.

Aunque la estructura química de estos colorantes, utilizados principalmente en los alimentos, ha ido cambiando con el tiempo de manera que no se descomponen en el organismo si no que son eliminados por completo, sin embargo aún generan cierto riesgo en la salud. Estos riesgos consisten básicamente en la aparición de reacciones alérgicas, especialmente en personas que sufren de asma o que son sensibles al ácido acetilsalicílico.³²

A continuación se presenta una descripción de algunos colorantes sintéticos que presentan tonalidades rojizas y que son permitidos para su uso en alimentos.

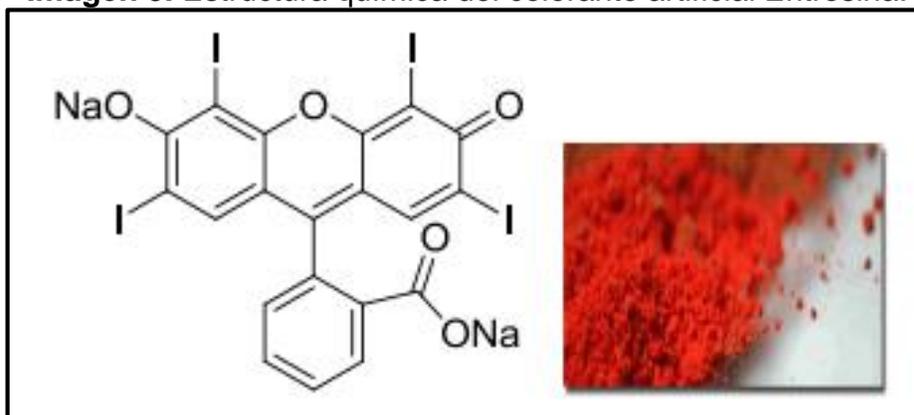
1.4.2.1 Eritrosina (E127). También conocido como Rojo 3, es un colorante comunmente utilizado en productos lácteos con sabor a fresa, mermeladas, carnes, caramelos, pasteles, helados y suplementos alimenticios. En los 90's la FDA había prohibido parcialmente el uso de Eritrosina al citar estudios donde se encontró que altas dosis del colorante en ratas causa cáncer. En 2011 la EFSA realizo una re-evaluación del colorante y se estableció una ingesta diaria aceptable de 0,1 mg por kg corporal al día, sin embargo Alemania y China prohibieron su uso como colorante en alimentos.³³

³¹ PARRA, Veronica. Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico [en línea]. [Consultado 13 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fap259e/pdf/fap259e.pdf>

³² SANCHEZ, Juan. La química del color en los alimentos [en línea]. [Consultado 22 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

³³ BELMONTE, Luis y ARROYO, Ismael. Colorantes artificiales en alimentos [en línea]. [Consultado 22 de julio 2019]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>

Imagen 9. Estructura química del colorante artificial Eritrosina.

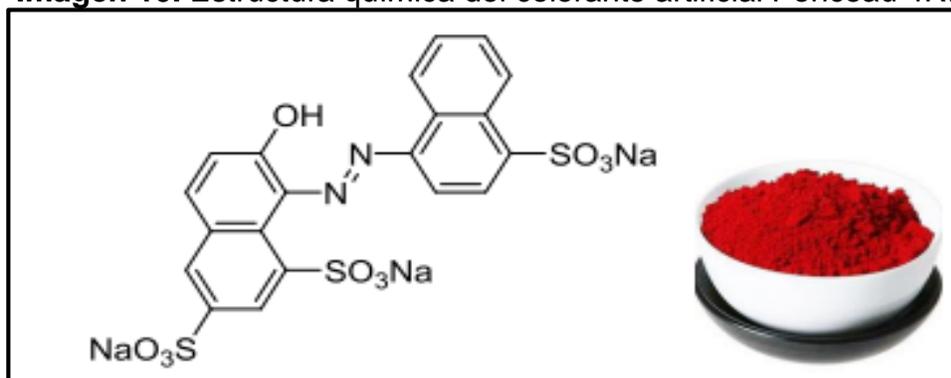


Fuente: VÁSQUEZ, José. Colorantes artificiales en los alimentos [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>

1.4.2.2 Ponceau 4R (E124). Forma parte de los colorantes azoicos, es utilizado principalmente para darle el color rojo a las mermeladas de fresa, salsa y salami. Es utilizado en Europa, Asia Australia y Estados unidos, hasta el momento no existen estudios que evidencien efectos carcinogénicos o adversos en el ser humano, sin embargo, puede generar reacciones alérgicas a las personas que son sensibles a la aspirina.

Debido al proceso de síntesis de este compuesto, es posible que las muestras comerciales de este colorante usadas en alimentos conlleven aluminio, este compuesto se acumula en el cerebro y se cree que aumenta el riesgo de padecer Alzheimer. Por lo tanto la ingesta del colorante debe ser limitada menor a 0,7 mg por kg de peso corporal al día.³⁴

Imagen 10. Estructura química del colorante artificial Ponceau 4R.



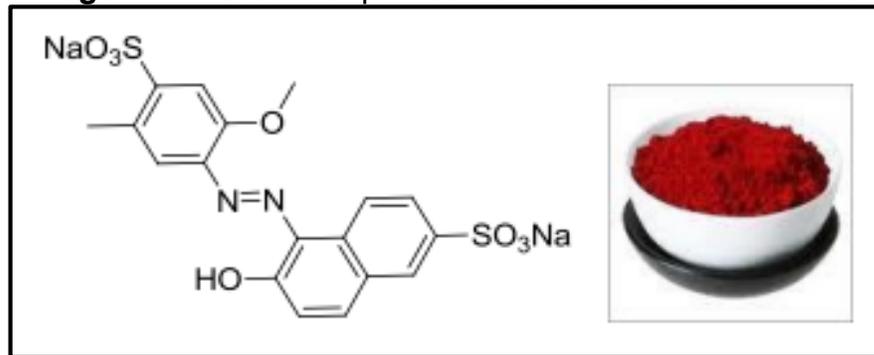
Fuente: VÁSQUEZ, José. Colorantes artificiales en los alimentos [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>

³⁴ Ibíd., p. 32

1.4.2.3 Rojo Allura (E129). Es conocido también como Rojo 17 y Rojo 40, clasifica en el grupo de los colorantes azoicos del tipo monoazo, su presentación comercial es en polvo o gránulos de color rojo oscuro, es soluble en agua e insoluble en etanol, y generalmente es usado en bebidas no alcohólicas aromatizadas, suplementos alimenticios líquidos, yogures, flanes, salsas, mermeladas, productos cárnicos y pastelería. La estabilidad de este colorante es buena, no se ve afectado al someterse a altas temperaturas, exposición a la luz y distintas condiciones de pH desde 3 a 8.

En 2009 se realizó la re-evaluación de este colorante por la EFSA, en la cual se concluye que la ingesta diaria aceptable es de 7 mg por kg al día. Sin embargo, en niños de 1 a 10 años la IDA puede ser de 1.2 a 8.5 mg por kg al día. Aun cuando se han reportado reacciones alérgicas como urticaria, asma y rinitis, no se logró concluir que estas alergias hayan sido causadas por este colorante.³⁵

Imagen 11. Estructura química del colorante artificial Allura.



Fuente: VÁSQUEZ, José. Colorantes artificiales en los alimentos [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>

³⁵ PARRA. Op. Cit., p. 33

2. EXTRACCIÓN DE LAS ANTOCIANINAS

Para la selección de los métodos de extracción se realizó una revisión bibliográfica, donde se identificó que los métodos más utilizados son inmersión, microondas, ultrasonido y soxhlet. A continuación, se presenta la tabla 2 donde se realiza la comparación de estos métodos.

Tabla 2. Comparación métodos de extracción de antocianinas.

Contenido de antocianinas	Materia prima	Inmersión	Soxhlet	Ultrasonido	Microondas
	Agraz ³⁶	-	3969,7	-	3837,4
Antocianinas totales mg cianidin-3-glucosido/100 g de fruta	Sachapapa morada	21,59 ³⁷	253,6 ³⁸	-	-
	Bayas de sauco ³⁹	-	-	481	696
	Zanahoria negra ⁴⁰	-	-	1758	-
	Mora de castilla ⁴¹	1,46	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

³⁶ HERRERA, Ximena. y RODRIGUEZ, Karen. Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (*vaccinium meridionale swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. [en línea]. (consultado el 05 de enero de 2019). Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

³⁷ ALBERCA, Diana. Condiciones favorables para la extracción de antocianinas a partir de la sachapapa morada (*dioscúrea trifida* L) mediante un equipo soxhlet [en línea]. [consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3003>

³⁸ MUÑOZ, Ana. Antocianinas, polifenoles, actividad anti-oxidante de sachapapa morada (*dioscúrea trifida* L.) y evaluación de lipoperoxidación en suero humano [en línea]. [consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100007

³⁹ FLORES, Edilberto. Extracción de Antioxidantes de las Bayas del Sauco (*Sambucus nigra* L. subsp. *peruviana*) con Ultrasonido, Microondas, Enzimas y Maceración para la obtención de Zumos Funcionales [en línea]. [consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100012

⁴⁰ GRAS, C. CARLE, R. Determination of anthocyanins from black carrots by UHPLC-PDA after ultrasound-assisted extraction. [en línea]. [consultado el 19 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.08.011>

⁴¹ MELOA, Laura. Evaluación de las propiedades antioxidantes y el perfil aromático durante la maduración de la mora (*Rubus glaucus* Benth) y el arándano (*Vaccinium meridionale* Swartz). [en línea]. [consultado el 19 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42649>

En la extracción por inmersión se identificó que para el caso de sachapapa morada no se extrae gran cantidad de antocianinas totales en comparación con la extracción soxhlet utilizando la misma materia prima, para el caso de la mora de castilla realizando extracción por inmersión se obtienen resultados deficientes, por esta razón y teniendo en cuenta que la materia prima (residuo de mora) proviene de esta fruta se descarta por completo este método de extracción para el desarrollo del proyecto. De esta manera se seleccionan los métodos soxhlet, ultrasonido y microondas, para la extracción de antocianinas.

2.1 EXTRACCIÓN SOXHLET

Para los métodos de extracción con solventes mencionados anteriormente el más utilizado para extraer antocianinas es la extracción solido-liquido o soxhlet.

2.1.1 Ventajas y desventajas de la extracción soxhlet.

El método de extracción soxhlet posee las siguientes ventajas:⁴²

- El disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido, mejorando el proceso de extracción por que siempre se está empleando solvente limpio.
- No se requiere filtración posterior.
- La extracción se realiza con el disolvente caliente, así se favorece la solubilidad de los analitos.
- Se obtienen excelentes recuperaciones, existiendo gran variedad de métodos oficiales cuya etapa de preparación de muestra se basa en la extracción con Soxhlet.

El método de extracción soxhlet posee las siguientes desventajas:⁴³

- Es un proceso lento que requiere un tiempo superior a 4 horas.
- Se requiere gran cantidad de solvente, aproximadamente 300 mL por cada 20g de muestra.
- No es posible la agitación del sistema, la cual podría acelerar el proceso de extracción.
- Es necesaria una etapa final de evaporación del disolvente para la concentración de los analitos.

2.2 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO

La extracción asistida por ultrasonido (EAU) se usa para aislar compuestos. Según Hussam, ciertos beneficios en términos de penetración del disolvente surgen del uso de EAU para extracción de componentes de los alimentos, dentro de lo cual

⁴² CALDAS, Adriana. Universidad de cuenca. [en línea]. [Consultado 05 de diciembre de 2018] Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>

⁴³ *Ibíd.*, p. 23-25.

se incluye la intensificación de transferencia de masa y efectos capilares. La extracción también podría mejorarse por el colapso de las burbujas formadoras de cavitación, cerca de las paredes celulares. La tasa de extracción y el rendimiento específicos dependen de la combinación de variables de ultrasonido, como son la intensidad y el tiempo según lo recopilado por Jiménez.⁴⁴

Imagen 12. Extracción asistida por ultrasonido.



Fuente: HIELSHER. Ultrasonido [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-extraction-of-cellular-matter.htm>

2.3 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS (MAE)

Es una técnica de extracción verde, automatizada que ofrece muchas ventajas, como reducción en el tiempo de extracción y la posibilidad de extraer simultáneamente (hasta 40) muestras, mejorando drásticamente el rendimiento, cumpliendo en gran medida con los criterios mínimos requeridos para las técnicas modernas de preparación de muestras, proporcionando una alternativa muy atractiva a los enfoques convencionales para la extracción de compuestos orgánicos y organometálicos.⁴⁵

⁴⁴ JIMÉNEZ, Edith; MARTÍNEZ, Nuria; ESPINOSA, Héctor y CARRANZA, José. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) y su actividad antioxidante cacao [en línea]. [Consultado 04 de diciembre 2018] vol.50 N°.4 México (2016) Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000400403

⁴⁵ GARCIA, Jares. Microwave-Assisted Extraction [en línea]. [Consultado 13 de marzo de 2019] Encyclopedia of Analytical Science, 2005., p. 584-591. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14442-7>

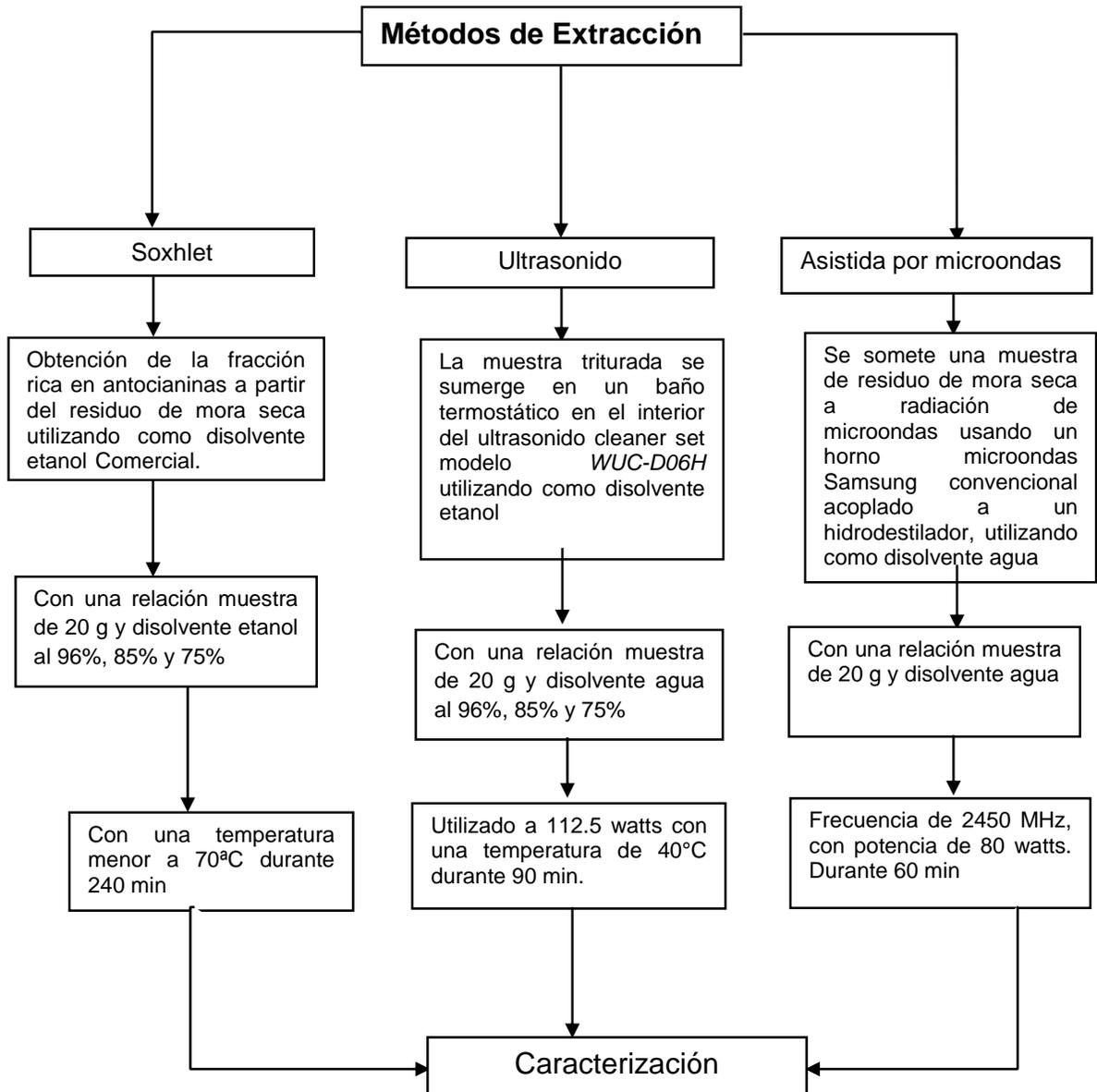
Imagen 13. Extracción asistida por microondas.



Fuente: LOPEZ, Nohemi. Pectina de mango: perspectiva para su extracción [en línea]. [Consultado 22 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC27/7.html>

El diagrama resume la descripción de los métodos de extracción que se van a analizar comparativamente en este proyecto.

Diagrama 1. Métodos de extracción.



Fuente: elaboración propia.

2.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A continuación, se describe el procedimiento realizado para la extracción:

2.4.1 Acondicionamiento de la materia prima. Antes del procesamiento de la fruta, es necesario verificar el estado de maduración del fruto, el color debe ser brillante e intenso, firmes al tacto y no presentar humedad. Estos parámetros evitan la degradación temprana de la mora y previenen la fermentación de la misma.⁴⁶ En el anexo A se especifican las condiciones de recolección del residuo.

Se realizó la recolección del residuo mora de castilla en el restaurante el Búho y posteriormente se almacenó a 2 °C en bolsas herméticas, teniendo en cuenta que la temperatura es una de las variables que más afecta la estabilidad de las antocianinas.

Imagen 14. Residuo mora de castilla.



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.1 Acidificación de la muestra. Se pesó la muestra en una balanza y se midió el pH de la misma con ayuda de un pH-metro, se preparó una solución de ácido cítrico y agua, donde se pesaron 10 g de ácido cítrico y se añadieron 50 mL de agua destilada. Se utiliza aproximadamente 2 mL de esta solución para acidificar la muestra y llevar el pH hasta 2,8.

⁴⁶AYALA, Leidy y VALENZUELA, Claudia. Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de castilla (*Rubus glaucus* BENTH) [en línea]. [Consultado 12 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/download/29/29>.

Imagen 15. Acidificación de la muestra.



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.2 Secado de la muestra. Se tomaron 500 g de muestra previamente acidificada y se ubicaron en una bandeja con papel absorbente, el proceso de secado se realizó en una mufla programada a una temperatura de 40 °C para evitar la degradación del compuesto de interés durante 48 h, según lo propuesto por Paes.⁴⁷

Imagen 16. Muestra húmeda.



Fuente: elaboración propia.

⁴⁷ PAES, Juliana; DOTTA, Raquel y MARTÍNEZ, Julián. Extraction of phenolic compounds from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO₂ and pressurized water. Campinas: Universidad de Campinas, 2013. p. 2

Imagen 17. Muestra seca.



Fuente: elaboración propia.

Para determinar el contenido de humedad presente en el residuo de mora se realiza una relación entre la diferencia del peso de la muestra húmeda con respecto al peso de la muestra seca, donde se realiza con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} * 100$$

Ecuación 1

Tabla 3. Contenido de humedad de las muestras.

N° de muestra	Peso residuo Húmedo (g)	Peso residuo Seco (g)	%Humedad
Muestra 1	613	90	85,31
Muestra 2	511	94,5	81,53
Muestra 3	703,5	120,5	82,87
Media			83,23±3,3

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar el proceso de secado, se tritura la muestra seca en una licuadora para alimentos, CBL 999 durante 2 min, este proceso se realiza para disminuir el diámetro de partícula, mejorando el proceso de extracción y posteriormente se empaca en bolsas herméticas para prevenir su oxidación.

Imagen 18. Muestra triturada.



Fuente: elaboración propia.

2.4.2 Extracción. El método de extracción es un factor que influye en el contenido final de antocianinas que se pueden obtener, a continuación se presentan los métodos utilizados en este proyecto y el procedimiento realizado para cada uno de ellos.

2.4.2.1 Extracción soxhlet (sólido-líquido). El montaje se observa en la imagen 20, el proceso de extracción se realizó según lo planteado por Paes y Martínez.⁴⁸ Se pesaron 20 g de muestra triturada, y se colocaron en papel filtro dentro del tubo extractor, en un balón esmerilado se adicionaron 300 mL de disolvente y posteriormente se realizó el montaje para la extracción soxhlet.⁴⁹ El calentamiento se realiza controlando la temperatura, para evitar la ebullición violenta del solvente, el proceso de extracción se lleva a cabo durante 4 h aproximadamente o hasta observar una tonalidad incolora en el interior del tubo extractor. Se utiliza etanol como disolvente en diferentes concentraciones en medio acuoso, se empleó etanol al 96% (v/v) y dos soluciones de diferente relación en volumen de etanol 96%(v/v): agua destilada de 85:15 y 75:25, además se utilizó el etanol recuperado 93,66%(v/v) de la destilación de extracto obtenido con el etanol al 96%.⁵⁰

⁴⁸ *Ibíd.*, p. 5

⁴⁹ HERRERA, RODRIGUEZ. *Op. Cit.*, p. 40

⁵⁰ ZAPATA. *Op. Cit.*, p. 66

Imagen 19. Extracción soxhlet.



Fuente: elaboración propia.

2.4.2.2 Extracción asistida por ultrasonido. El equipo se presenta en la imagen 21. Se pesaron 13,33 g de muestra triturada se colocaron en el interior de un beaker y se adicionaron 200 ml de disolvente, posteriormente se sumerge en un baño termostático en el interior del ultrasonido Cleaner set modelo *WUC-D06H* a 112.5 watts con una temperatura de 40°C durante 90 minutos.⁵¹ Una vez finalizado este procedimiento, la muestra se filtra a vacío para separar el sólido del extracto. Utilizando como disolvente etanol en diferentes concentraciones en medio acuoso, mencionadas anteriormente en la metodología de la extracción soxhlet.

⁵¹ GRAS. Op. Cit., p. 173

Imagen 20. Equipo utilizado en la extracción por ultrasonido.



Fuente: elaboración propia.

2.4.2.3 Extracción asistida por microondas. Se pesaron 66,6 g de muestra previamente seca y triturada, se adicionan a una solución etanol-agua que contiene 900 mL de etanol al 96% y 100 mL de agua, la mezcla resultante se somete a radiación de microondas usando un horno microondas Samsung convencional acoplado a un hidroddestilador, con una salida de frecuencia de 2450 MHz, a tiempos de exposición de radiación de 15 minutos a potencia de 80 watts.⁵² El extracto obtenido se filtró a vacío.

Imagen 21. Equipo utilizado en la extracción por microondas.



Fuente: elaboración propia.

El resultado obtenido por este método de extracción a partir de la cuantificación de antocianinas totales fue de $159,909 \pm 1,05$ obteniendo una concentración baja de antocianinas, esto se pudo originar al mal funcionamiento y mantenimiento del equipo para el momento de la extracción, por esta razón no se descarta del todo este método, porque según experimentaciones realizadas en otros documentos si se obtienen buenos resultados en la concentración de antocianinas. Según lo

⁵² HERRERA y RODRIGUEZ. Op. Cit., p. 41

reportado por Herrera y Rodríguez, donde realizaron extracción de antocianinas del Agraz, utilizando método soxhlet y microondas obteniendo 3969,7 y 3837,4 mg de cianidin-3- glucósido/100 g respectivamente.⁵³ En el artículo realizado por Puertas y Ríos para la extracción de antocianinas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se utilizaron el método convencional solido-líquido y extracción asistida por microondas donde se obtuvieron 5524,18 y 5108,58 mg de cianidin-3- glucósido/100 g respectivamente.⁵⁴ Por esta razón los resultados se reportan en el anexo B.

2.4.3 Purificación del extracto. Se realizó la rotaevaporación programando el rotaevaporador Heidolph (imagen 23) a una temperatura de 60 °C y una presión de vacío de 175 mbar, este proceso se realiza para purificar el extracto, obteniendo de esta forma el colorante natural, posteriormente se deja enfriar y se almacena de envases ámbar previamente esterilizados a una temperatura de 2 °C.

Imagen 22.
Rotaevaporador.



Fuente: elaboración propia.

2.4.4 Rendimiento de la extracción. Para cada uno de los extractos obtenidos, después de realizar el proceso rotaevaporación se determina la densidad por medio de un picnómetro, empleando la ecuación 2. Posteriormente con la densidad calculada y el volumen que resulta después de rotaevaporar el extracto,

⁵³ HERRERA, RODRIGUEZ. Op. Cit., p. 73

⁵⁴ PUERTAS, Miguel y RIOS, Yersica. Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia.

se obtiene el rendimiento para cada extracción, calculado con la ecuación 5 reportada por López realizando modificaciones.⁵⁵

$$\rho_{Ex} = \frac{m_{Ex}}{V} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$m_{Ex} = W_{P.Ex} - W_P \quad \text{Ecuación 3}$$

$$V = \frac{m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$m_{H_2O} = W_{P.H_2O} - W_P \quad \text{Ecuación 5}$$

$$m \text{ extracto seco} = \rho_{Ex} * V_{out} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{m \text{ extracto seco}}{m \text{ seca de harina de residuo}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

m_{Ex} = masa del extracto

ρ_{Ex} = densidad del extracto

V = volumen

V_{out} = volumen del extracto después de rotaevaporar

m_{H_2O} = masa del agua

$m_{P.Ex}$ = masa del picnómetro con el extracto

$m_{P.H_2O}$ = masa del picnómetro con agua

m_P = masa del picnómetro

En la tabla 4 se presentan los resultados para dos métodos de extracción realizados utilizando como disolvente etanol al 96 % y el etanol recuperado, para las soluciones etanol-agua del 85% y 75% no se reportan resultados porque en el proceso de purificación del extracto no se logra retirar la cantidad de agua que se empleó como solvente en relación con el etanol. En el anexo C se presenta una muestra de cálculo para el % de rendimiento de la extracción soxhlet con etanol al 96%.

⁵⁵ LOPEZ, Paula. Mejoramiento en el rendimiento de la extracción de café de la empresa de café S.A. [en línea] [Consultado 12 de abril de 2019]. Disponible en internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1153/1/paulaandrealopezcarmona.2003.pdf>

Tabla 4. Rendimiento de extracción.

Método de extracción	ρ_{Ex} (g/ml)	m extracto seco (g)	m seca de harina (g)	% rendimiento
Ultrasonido, E. 96%	1,023	18,919	26,600	71,124
Ultrasonido, E.R	1,010	18,189	26,600	68,378
Soxhlet, E. 96%	0,977	16,120	26,600	60,600
Soxhlet, E. R	0,845	7,609	13,300	57,212

Fuente: elaboración propia.

2.5 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS ANTOCIANINAS

Para verificar la presencia de antocianinas se realiza una prueba cualitativa (ensayo ácido-base) donde se identifica la tonalidad del colorante a pH ácido y básico, presentando coloración rojo y verde respectivamente, para la prueba cualitativa se realiza con ayuda de un espectrofotómetro UV y posteriormente se hace la cuantificación de las antocianinas monoméricas y totales utilizando la ecuación de Lambert Beer.

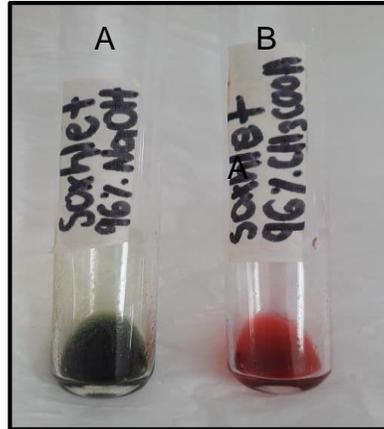
2.5.1 Ensayo ácido-base. En un tubo de ensayo se adicionaron 2 mL de extracto y 0,8 mL de ácido acético glacial al 99,6%, para hacer la prueba a pH alcalino en otro tubo de ensayo con 2 mL de extracto se adicionaron de 0,8 mL gotas de hidróxido de sodio 2N, según lo reportado por Herrera y Rodríguez.⁵⁶

A continuación se muestran las imágenes correspondientes de los extractos obtenidos con cada método de extracción dependiendo de la concentración de etanol utilizado, en cada imagen se evidencia la presencia de antocianinas por las tonalidades observadas a pH alcalino y ácido.

⁵⁶ HERRERA, RODRIGUEZ. Op. Cit., p. 42

- Soxhlet

Imagen 23. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 96%.



Fuente: elaboración propia.

A: Soxhlet con etanol al 96%, NaOH.

B: Soxhlet con etanol al 96%, CH₃COOH.

Imagen 24. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol recuperado.



Fuente: elaboración propia.

A: Soxhlet con etanol recuperado, NaOH.

B: Soxhlet con etanol recuperado, CH₃COOH.

Imagen 25. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 85%.



Fuente: elaboración propia.

- A: Soxhlet con etanol al 85%, NaOH.
- B: Soxhlet con etanol al 85%, CH₃COOH.

Imagen 26. Ensayo ácido-base, soxhlet con etanol 75%.



Fuente: elaboración propia.

- A: Soxhlet con etanol al 75%, NaOH.
- B: Soxhlet con etanol al 75%, CH₃COOH.

Las antocianinas cambian de tonalidad al modificar el pH, pasando por un rojo intenso a través de morado, azul y verde a amarillo a medida que aumenta el pH de 1 a 6, 8, 12 y 13 respectivamente. Estas tonalidades se perciben en las imágenes 24-27 donde al utilizar hidróxido de sodio la coloración del extracto se torna verde y al adicionar ácido acético glacial la tonalidad es de un rojo intenso. En el caso de los extractos obtenidos utilizando como disolvente relación etanol-agua al 85% y 75%, las tonalidades son diferentes donde en presencia de un medio alcalino se evidencia una tonalidad amarilla y a pH ácido el color rojo pierde intensidad esto se debe al contenido de agua que tiene el extracto analizado, como el pH del agua es neutro al adicionar el hidróxido de sodio y ácido acético la tonalidad cambia en comparación con los extractos obtenidos utilizando como disolvente etanol al 96% y etanol recuperado.

- **Ultrasonido**

Imagen 27. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 96%.

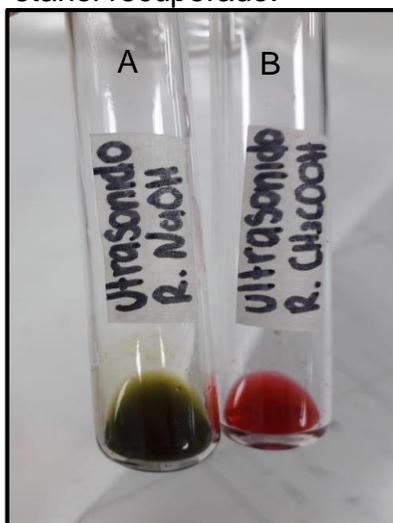


Fuente: elaboración propia.

A: Ultrasonido con etanol al 96%, NaOH.

B: Ultrasonido con etanol al 96%, CH₃COOH.

Imagen 28. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol recuperado.



Fuente: elaboración propia.

- A: Ultrasonido con etanol recuperado, NaOH.
- B: Ultrasonido con etanol recuperado, CH₃COOH.

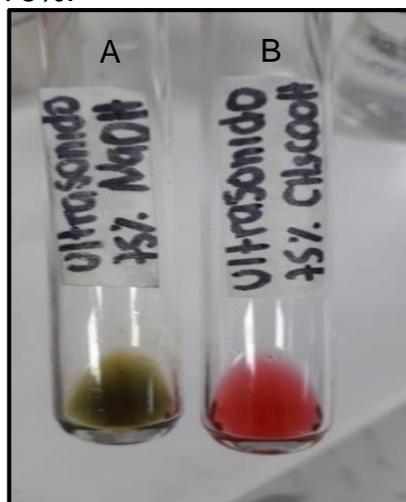
Imagen 29. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 85%.



Fuente: elaboración propia.

- A: Ultrasonido con etanol al 85%, NaOH.
- B: Ultrasonido con etanol al 85%, CH₃COOH.

Imagen 30. Ensayo ácido-base, ultrasonido con etanol 75%.



Fuente: elaboración propia.

A: Ultrasonido con etanol al 75%, NaOH.

B: Ultrasonido con etanol al 75%, CH₃COOH.

Para los dos métodos de extracción soxhlet y ultrasonido, utilizando como solvente las distintas relaciones etanol-agua, se verificó la presencia de antocianinas bajo el método cualitativo ensayo ácido-base, sin embargo, como se mencionó anteriormente para ambos métodos de extracción donde se utilizó como disolvente etanol-agua al 85% y 75% las tonalidades pierden intensidad, debido a la presencia de agua en los extractos. El cambio de tonalidad de las antocianinas al modificar su pH, se debe a su modificación en la estructura química como se visualiza en la imagen 5, donde en presencia de sustancias ácidas se produce una reacción de metoxilación, la cual se da cuando el grupo metilo se hace presente en el medio, generando una tonalidad roja. En presencia de medios básicos se da una reacción de hidroxilación por la presencia de grupos hidroxilos, provocando una tonalidad verde.

2.5.2 Espectrofotometría. Para cuantificar las antocianinas se utiliza espectrofotometría partiendo de soluciones buffer.

2.5.2.1 Soluciones buffer. Para su preparación se siguió con el procedimiento propuesto por Chávez y Ordoñez.⁵⁷

⁵⁷ CHÁVEZ, Ronald y ORDOÑEZ, Elizabeth. Polifenoles Totales, Antocianinas y Capacidad Antioxidante (DPPH y ABTS) durante el procesamiento del licor y polvo de cacao [en línea]. [Consultado 12 de abril de 2019]. No 1 (2013).

- Preparación de la solución buffer de cloruro de potasio (KCl) 0.025M/HCl pH=1. Se pesó 0.466 g de cloruro de potasio y se mezcló en 15 mL de agua destilada usando un agitador magnético. Posteriormente se ajustó el pH a 1 con ácido clorhídrico concentrado y finalmente se aforó a 250 mL con etanol al 96%.
- Preparación de la solución buffer de acetato de sodio (CH₃CO₂Na) 0.4M/HCl pH de 4,5. Se pesó 8.203 g de acetato de sodio y se mezcló en 30 mL de agua destilada; el pH se ajustó a 4.5 con ácido clorhídrico concentrado y se aforó a 250 mL con etanol al 96%.

2.5.2.2 Lectura de absorbancias. Las lecturas de absorbancias se realizan teniendo en cuenta la presencia de la antocianina cianidin-3-glucosido en un rango de longitud de onda ya establecida, se diluye la muestra 40 veces con las soluciones buffer pH=1 y pH=4.5 se realiza la lectura de absorbancias a partir de una longitud de onda de 500-600nm y 700nm, en un espectrofotómetro Jenway 6320D con una precisión de ± 2 nm.

Para la cuantificación de las antocianinas totales se empleó el método de pH diferencial descrito por Wrolstad, siguiendo la metodología de la investigación realizada por (Del Carpio Jiménez, 2009), dicho procedimiento calcula la absorbancia del colorante de manera diferencial a pH 1,0 y pH 4,5 y considerando su absorbancia máxima a 540 nm y la absorbancia a 700 nm.⁵⁸ La absorbancia total se obtiene usando la siguiente expresión:

$$A = (A_{\lambda_{\max}} - A_{\lambda 700})_{pH1} - (A_{\lambda_{\max}} - A_{\lambda 700})_{pH4,5} \quad \text{Ecuación 8}$$

El contenido total de antocianinas monoméricas expresadas como cianidina-3-glucósido se calcula con la siguiente expresión:

$$A. \text{ monomericas} = \frac{A * PM * FD * Wt}{\xi * L} \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

A = Absorbancia total.

PM = peso molecular de la cianidina-3-glucósido = 449,6 g/L.

FD = Factor de dilución.

Wt = peso de la muestra en mg

ξ = absortividad molar de la cianidina-3-glucósido = 26900.

L = grosor de la cubeta = 1 cm.

⁵⁸ NORIEGA, Paco; COBA, Pablo; NAIKIAI, Joselito y ABAD, Juan. Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenido a partir del exocarpo del fruto de Renealmia Alpinia [en línea]. [Consultado 05 de enero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318391747_Extraccion_pruebas_de_estabilidad_y_analisis_quimico_preliminar_de_la_fraccion_colorante_obtenido_a_partir_del_exocarpo_del_fruto_de_Renealmia_Alpinia

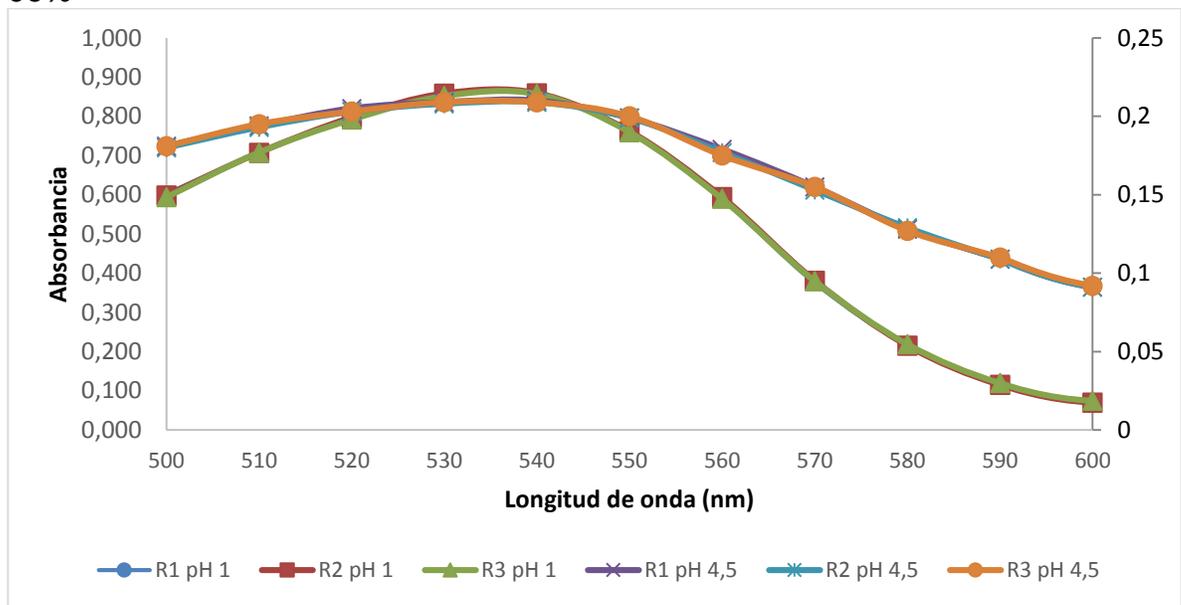
$$Antocianinas\ totales = \frac{(A_{\lambda_{max}} - A_{\lambda_{700}})_{pH1} * PM * FD * Wt}{\xi * L}$$

Ecuación 10

En el anexo D se muestran las tablas con las lecturas de absorbancia y a continuación se presentan los gráficos obtenidos, tanto para pH 1.0 como para pH 4.5, para las muestras previamente rotavaporadas, donde se realizaron tres repeticiones para cada una de las extracciones utilizando como solvente etanol 96%, etanol recuperado y dos relaciones etanol-agua 85% y 75% en concentración de etanol.

- **Extracción Soxhlet**

Gráfica 2. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 96%



Fuente: elaboración propia.

Según lo anterior, la lectura máxima se ve a los 540 nm y en la Gráfica 2, se muestra la máxima absorbancia de cada una de las repeticiones a pH 1 (eje principal) y pH 4,5 (eje secundario). A continuación, se presenta una muestra de cálculo para determinar el contenido de antocianinas monoméricas y totales.

- **Antocianinas monoméricas**

$$A = (1,305 - 0,016)_{pH1} - (0,21 - 0,013)_{pH4,5} = 0,650$$

$$A.\ monomericas = \frac{1,092 \times 449,2 \frac{g}{mol} \times 63 \times 1000mg}{26900 \times 1} = 1085,428 \frac{mg\ cianidin-3-glucosido}{100g\ de\ residuo}$$

• Antocianinas totales

$$A' = (0,857 - 0,010)_{pH1} = 0,847$$

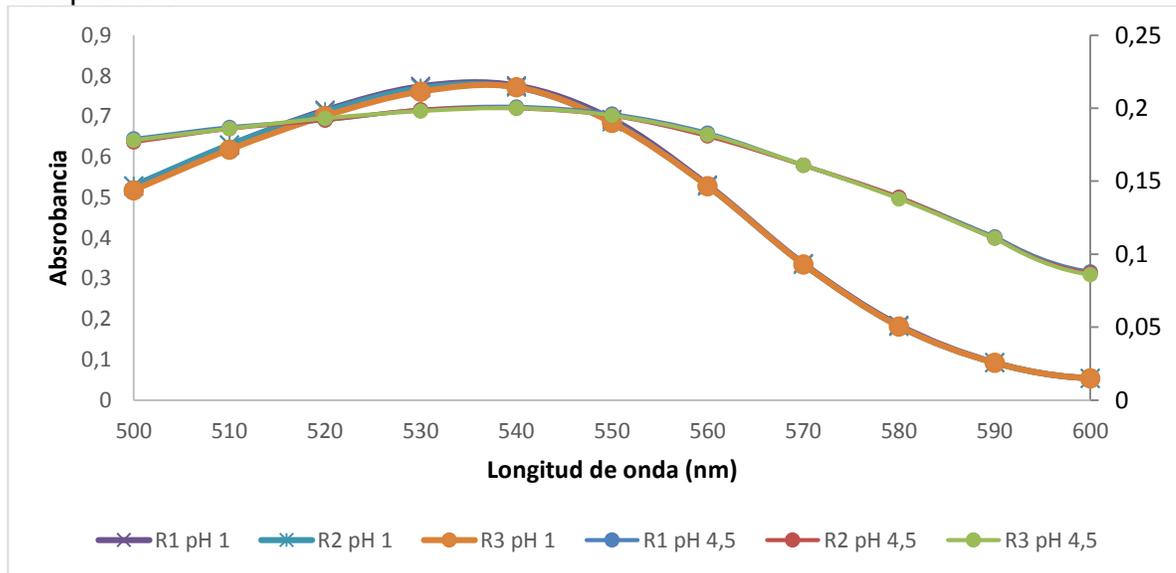
$$A. \text{ totales} = \frac{0,847 \times 449,2 \frac{g}{mol} \times 100 \times 1000mg}{26900 \times 1} = 1414,396 \frac{mg \text{ cianidin-3-glucosido}}{100g \text{ de residuo}}$$

Tabla 5. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 96%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	1085,428	1090,437	1082,088
A. totales	1414,396	1417,735	1409,386

Fuente: Elaboración propia.

Grafica 3. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol recuperado.



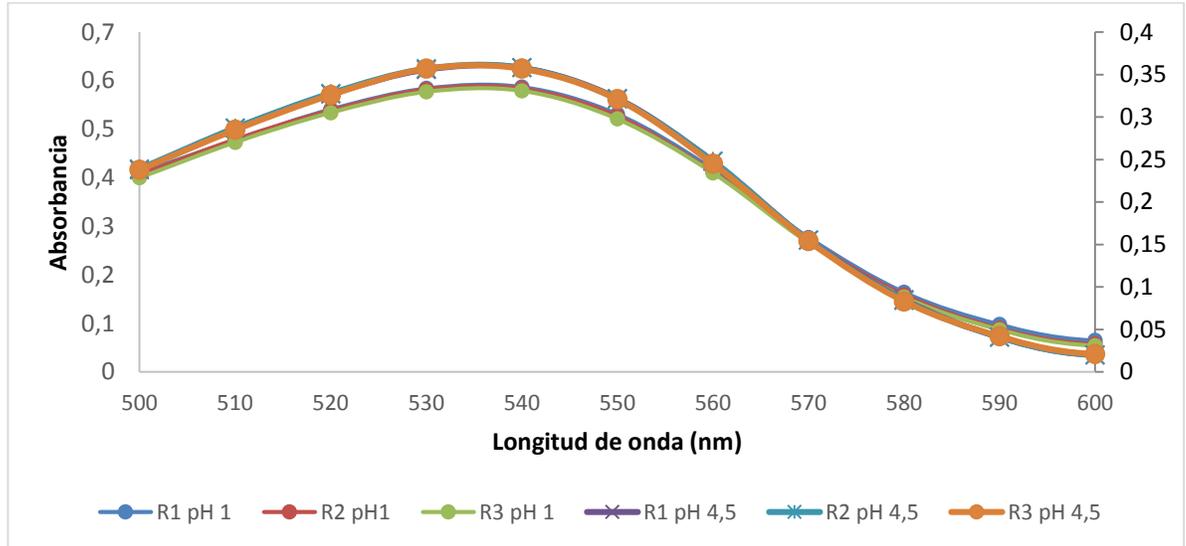
Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol recuperado.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	971,875	963,526	963,526
A. totales	1289,154	1279,135	1279,135

Fuente: elaboración propia.

Grafica 4. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 85%.



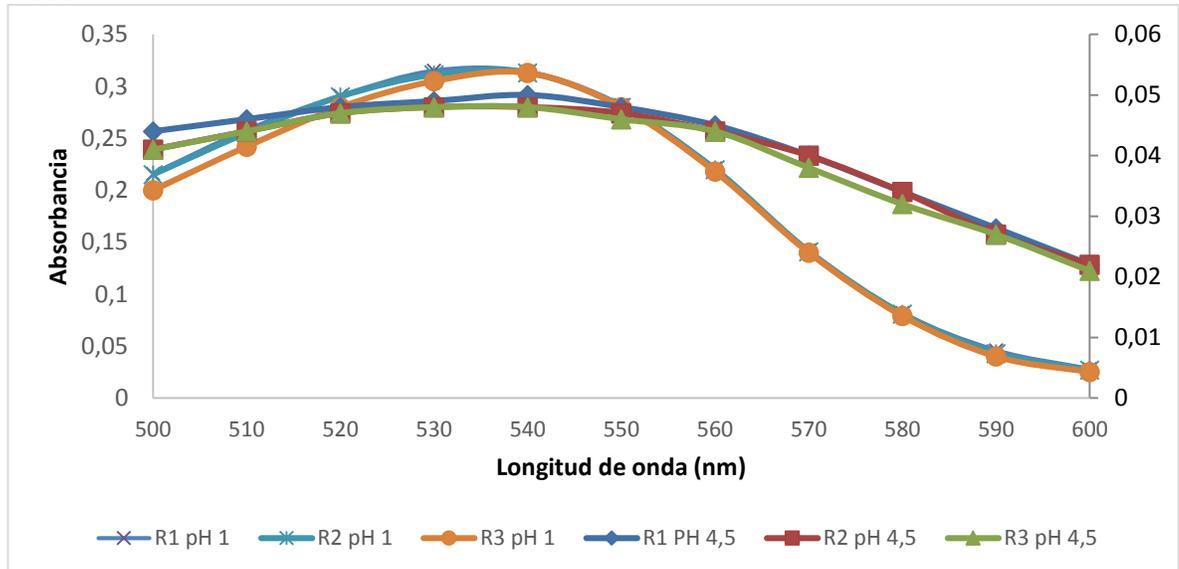
Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 85%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	213,562	217,770	216,718
A. totales	589,137	592,293	590,189

Fuente: elaboración propia.

Grafica 5. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5, extracción soxhlet con etanol al 75%.



Fuente: elaboración propia.

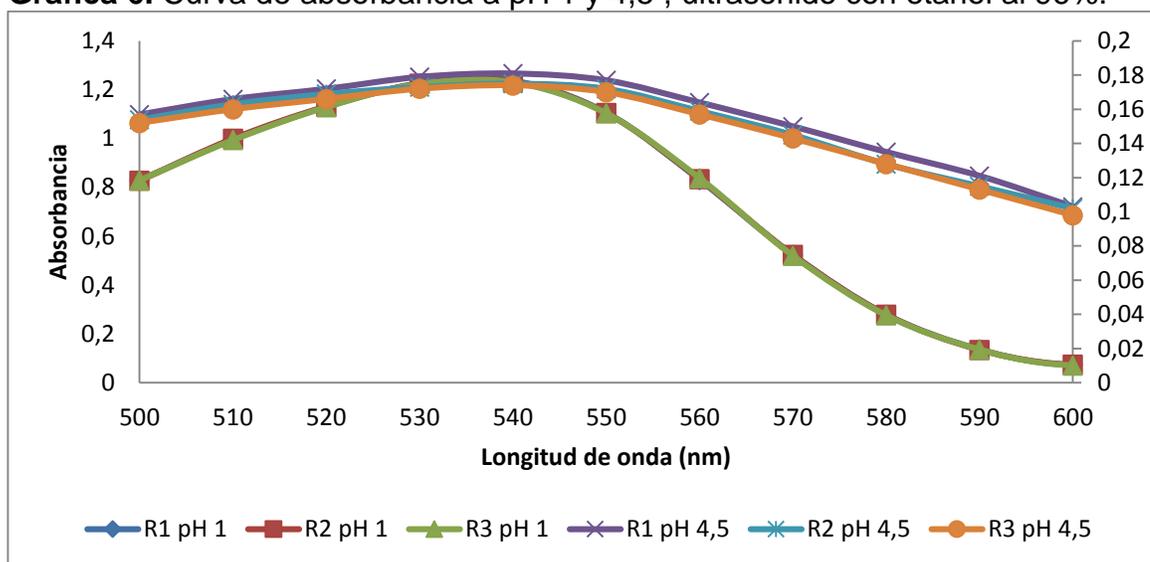
Tabla 8. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 75%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	271,424	271,424	273,528
A. totales	322,973	321,921	324,025

Fuente: elaboración propia.

- **Extracción por Ultrasonido.**

Grafica 6. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 96%.



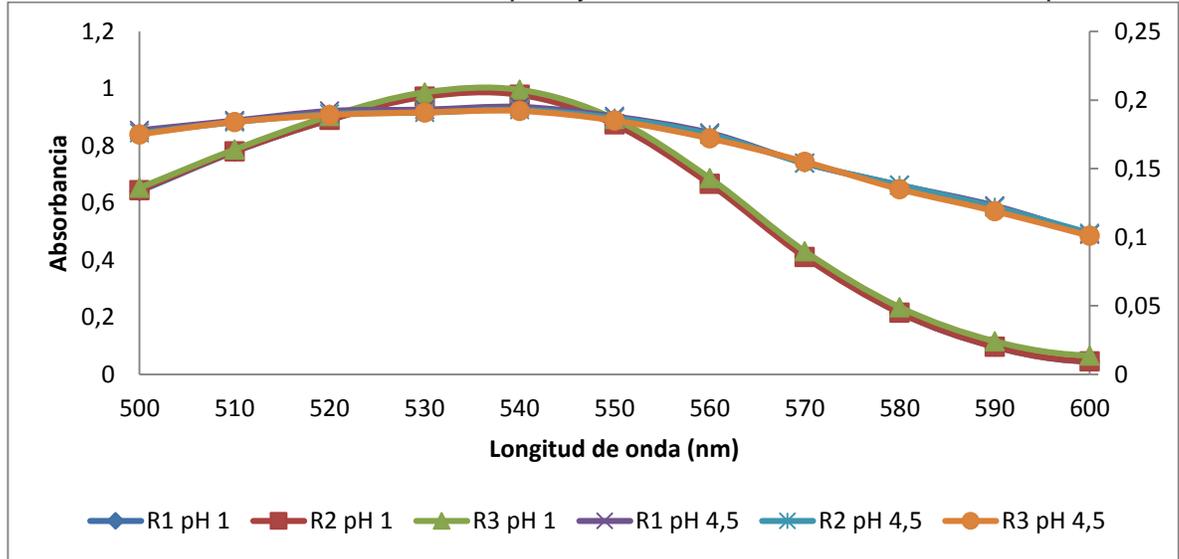
Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 96%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	1135,140	1136,192	1131,984
A. totales	1296,101	1292,945	1287,684

Fuente: elaboración propia.

Grafica 7. Curva de absorbancia a pH 1y 4,5, ultrasonido con etanol recuperado.



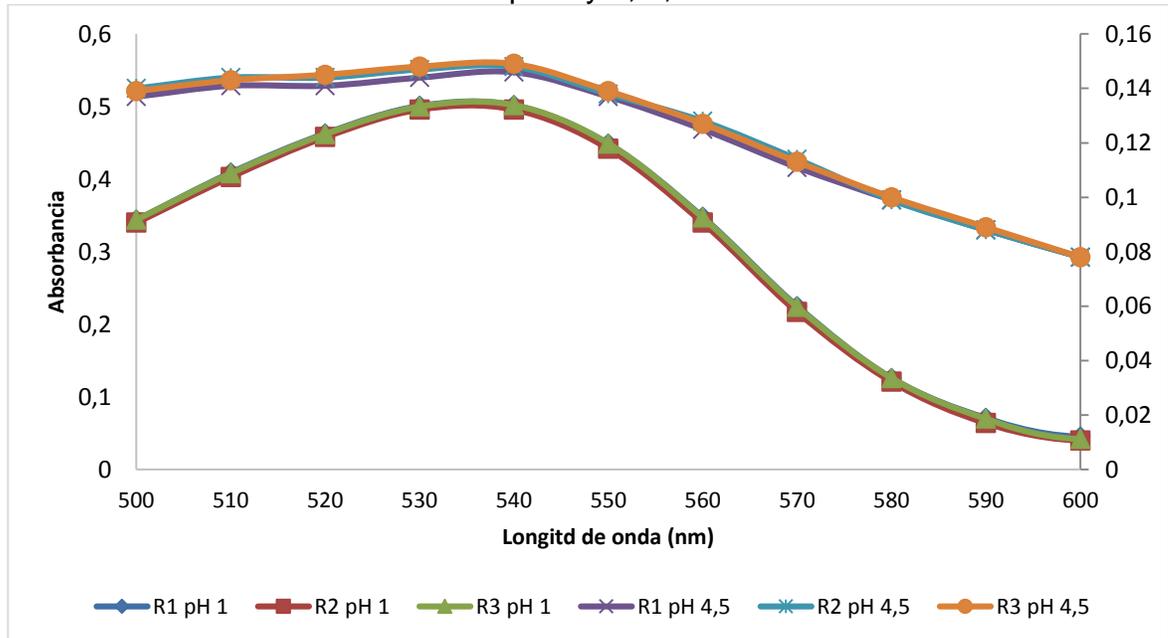
Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol recuperado.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	850,040	847,936	851,092
A. totales	1029,937	1025,729	1029,937

Fuente: elaboración propia.

Grafica 8. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 85%.



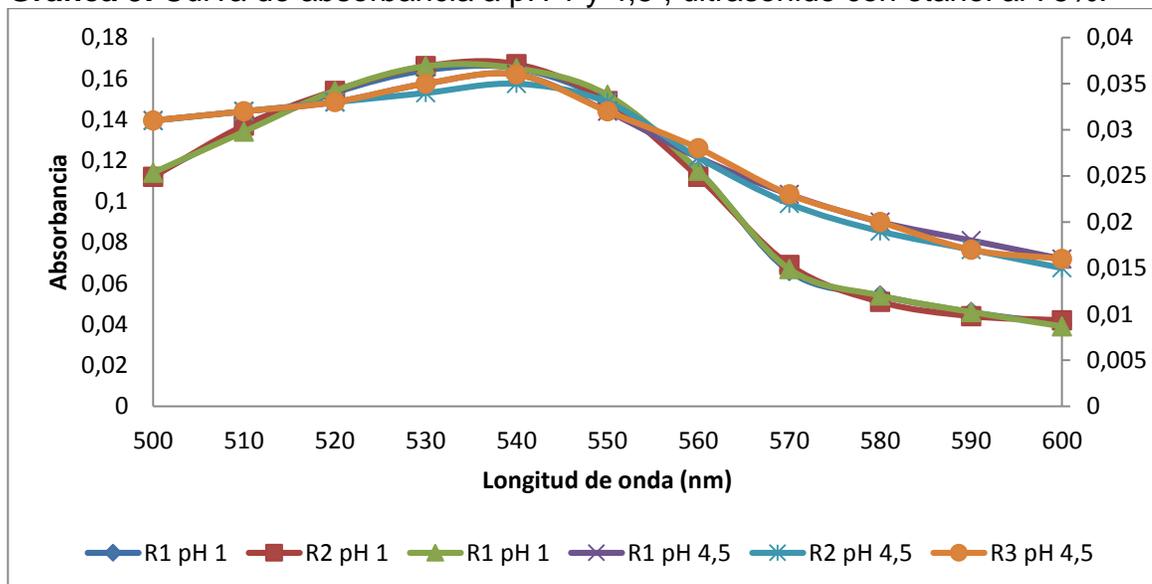
Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 85%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	365,054	366,106	364,002
A. totales	503,922	507,078	506,026

Fuente: elaboración propia.

Grafica 9. Curva de absorbancia a pH 1 y 4,5 , ultrasonido con etanol al 75%.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Contenido de antocianinas totales y monoméricas por ultrasonido con etanol al 75%.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	111,515	108,359	107,307
A. totales	169,377	165,169	165,169

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13 se presenta el resumen de los datos promedio con su respectiva desviación para los dos métodos de extracción, utilizando como solvente relaciones etanol-agua ya mencionadas anteriormente.

Tabla 13. Promedio de antocianinas totales para los dos métodos de extracción.

Método de extracción	Soxhlet	Ultrasonido
	<i>mg cianidin-3-glucosido</i> <i>100g de residuo</i>	<i>mg cianidin - 3 - glucosido</i> <i>100g de residuo</i>
Etanol al 96%	1413,839±4,20	1292,243 ± 4,25
Etanol recuperado	1282,474±5.78	1028,534 ± 2,43
Etanol al 85%	590,539 ± 1,61	505,676 ± 1,61
Etanol al 75%	322,973 ± 1,05	166,571 ± 2,43

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 13, se obtiene una mayor concentración de antocianinas utilizando el método soxhlet que el ultrasonido, sin importar las distintas relaciones etanol-agua que son utilizadas como solvente, así mismo es claro que entre más concentrado se encuentre el etanol mayor será la cantidad de antocianinas obtenidas, en donde todos los casos de experimentación la mayor longitud de onda se presenta a 540 nm. Como ya se dijo anteriormente con la extracción sólido-líquido utilizando como solvente etanol al 96% se obtiene una mayor concentración de antocianinas reportadas en cantidad de cianidin-3-glucósido que es la antocianina más representativa, sin embargo cabe resaltar que la extracción por ultrasonido requiere una menor cantidad de tiempo en comparación con la extracción soxhlet (sólido-líquido).

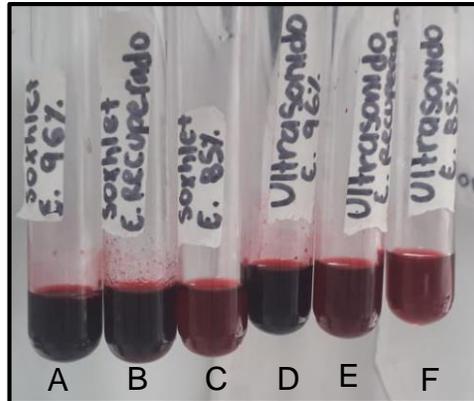
El solvente que genera el mayor rendimiento para la extracción del colorante es etanol al 96%, así como etanol recuperado y el etanol en combinación con el agua también permitió la extracción del colorante, a medida que se reduce la concentración de etanol la sustancia extraída pierde intensidad en el color. Para ambos métodos de extracción utilizando etanol al 75% la concentración del colorante no fue óptima debido a la intensidad de color que presenta y además se justifica con la cantidad de antocianinas obtenidas en la extracción por esta razón no se tiene en cuenta para el desarrollo del siguiente objetivo.

Para continuar con la experimentación se decide utilizar las extracciones realizadas con etanol, etanol recuperado y etanol al 85% del método soxhlet y ultrasonido, este criterio de decisión se lleva a cabo tanto por la intensidad de color que presentan estas muestras así como su análisis cualitativo y cuantitativo obtenido, con el objetivo de tener buenos resultados tanto en la parte financiera como en la estabilidad del producto final.

2.6 TONALIDAD DE LOS EXTRACTOS

En la imagen 31 se visualiza la tonalidad de los extractos obtenidos en la extracción soxhlet y ultrasonido utilizando como solvente etanol al 96%, etanol recuperado y relación etanol-agua del 85%.

Imagen 31. Tonalidad de los extractos obtenidos.



Fuente: elaboración propia.

- A: Soxhlet con etanol al 96%.
- B: Soxhlet con etanol recuperado.
- C: Soxhlet con etanol al 85%.
- D: Ultrasonido con etanol al 96%.
- E: Ultrasonido con etanol recuperado.
- F: Ultrasonido con etanol al 85%.

Como se puede verificar en la imagen la extracción soxhlet garantiza, la obtención de extractos con una tonalidad más fuerte que la extracción asistida por ultrasonido, además al utilizar el etanol recuperado en el método soxhlet la tonalidad del extracto se mantiene, mientras que en el ultrasonido el color si pierde intensidad notoriamente. Para el caso de la extracción con etanol al 85% se verifica que al disminuir la concentración del etanol se pierde intensidad en los extractos obtenidos. Estas características cualitativas analizadas se verifican con los resultados obtenidos en la cuantificación.

2.7 EXPERIMENTACIÓN CON EL RESIDIO TAMIZADO

Adicionalmente se decidió hacer una extracción soxhlet con el residuo de mora previamente seco, triturado y tamizado, utilizando como disolvente etanol al 96%. Se pesaron 128 g de residuo seco y triturado, se realizó el tamizado en el tamiz 20, 60 y 100 (serie taylor), en el tamiz 20 se recolectaron las semillas del residuo y en los tamices 60 y 100 un polvo fino que corresponde a la pulpa de mora que

aún queda retenida en el residuo. En la tabla 14 se reportan los resultados obtenidos del tamizado.

Tabla 14. Tamizado del residuo mora de castilla.

Tamiz	Abertura (μm)	Peso del residuo (g)
20	850	92
60	250	22
100	150	13

Fuente: elaboración propia.

Con el residuo obtenido en la malla 60 y 100 se realiza la extracción soxhlet, empleando el mismo procedimiento explicado en el numeral 2.2.1 los resultados se reportan en el Anexo E.

A pesar que los resultados obtenidos en cuanto a tinción y cantidad de antocianinas totales presentes en el extracto que se obtuvo con el tamizado del residuo son mejores que aquellos que se obtuvieron de la extracción soxhlet con etanol al 96% sin el residuo tamizado, no se tienen en cuenta para los siguientes análisis por que es necesario utilizar una mayor cantidad de residuo para poder realizar la extracción, esto se debe a que las semillas que se recolectan en el tamiz 20 no se utilizan para el proceso de extracción y por lo tanto se convierten en un desperdicio, por esta razón es necesario invertir en un equipo de secado más grande y además el proceso de extracción requiere más tiempo que la extracción con el residuo sin tamizar, como no se tiene conocimiento si el análisis financiero es positivo teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, por esta razón no se tiene en cuenta esta muestra para los siguientes análisis

3. CARACTERIZACIÓN Y DESEMPEÑO DEL PIGMENTO ANTOCIANICO

3.1 PRUEBAS DE ESTABILIDAD

Se realizaron ensayos para probar la estabilidad del colorante, donde se modifica la acidez y la basicidad del colorante también se varía la temperatura a la que se almacenaba la muestra y la cantidad de luz a la que se expondría durante el almacenamiento.

Estas pruebas se realizan para las muestras obtenidas utilizando como solvente etanol, etanol recuperado y etanol al 85% para ambos métodos de extracción, donde son sometidas a diferentes condiciones de temperatura, pH y luz, durante cuatro días según lo propuesto por Martínez y Aguilar⁵⁹, pasado este tiempo se realiza la lectura de absorbancias a 540 nm y 700 nm de los extractos, utilizando las soluciones buffer de acetato de sodio y cloruro de potasio, posteriormente se realiza la cuantificación de antocianinas.

3.1.1 pH. En tres envases ámbar se adicionaron 3 mL de muestra, donde se sometieron a diferentes condiciones de pH. Para el pH ácido se adicionaron gotas de ácido clorhídrico concentrado hasta obtener un pH de 2, para el pH alcalino se preparó una solución de bicarbonato de sodio y se adicionaron gotas hasta pH de 5.

3.1.2 Temperatura. En tres envases ámbar se adicionaron 3 mL de muestra y cada uno se llevó a diferentes condiciones de temperatura: congelación (-10°C), refrigeración (4°C) y ambiente (16°C).

3.1.3 Luz. Se adicionaron 3 mL de colorante en 3 envases translúcidos y se mantienen a una temperatura ambiente de 16 °C, el envase translúcido fue expuesto a luz fluorescente generada por un bombillo de 70 W a una distancia de 10 cm, mientras que el envase ámbar se almaceno en una caja sin presencia de luz, adicionalmente en un tercer envase se deja el extracto en luz ambiente.

Pasados los cuatro días se realizó espectrofotometría para calcular la cantidad de antocianinas totales y monoméricas, a continuación se presentan las tablas con los resultados obtenidos.

⁵⁹ RAMÍREZ, Martha; ROJAS, Norma y CORREA, Lady. Obtención de un colorante natural alimentario de mora de castilla. Diciembre 2006 Vol 2, No 2, p.115-130 [en línea]. [Consultado 03 de mayo de 2019]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/260

- Luz

Tabla 15. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a luz directa.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	0,167	0,010	0,094	0,006
EAU, E. 96%	0,154	0,015	0,080	0,007
Soxhlet, E.R	0,142	0,010	0,075	0,003
EAU, E.R	0,138	0,014	0,046	0,009
Soxhlet, E. 85%	0,114	0,012	0,041	0,010
EAU, E. 85%	0,096	0,013	0,039	0,009

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a luz directa.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	57,611	55,106	50,097	72,640	59,281	44,252
Totales	131,086	116,057	110,213	103,533	85,164	69,300

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a oscuridad.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	1,209	0,006	0,296	0,069
EAU, E. 96%	1,044	0,024	0,167	0,012
Soxhlet, E.R	0,943	0,018	0,139	0,046
EAU, E.R	0,852	0,015	0,124	0,034
Soxhlet, E. 85%	0,351	0,090	0,115	0,035
EAU, E. 85%	0,279	0,029	0,067	0,014

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a oscuridad.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet E.	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	85%	E. 85%
Monoméricas	814,906	722,227	694,674	623,703	151,125	164,484
Totales	1004,438	851,643	772,323	698,848	217,920	208,736

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a luz ambiente.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	1,152	0,004	0,280	0,019
EAU, E. 96%	1,002	0,018	0,173	0,014
Soxhlet, E.R	0,899	0,040	0,147	0,016
EAU, E.R	0,812	0,025	0,139	0,009
Soxhlet, E. 85%	0,262	0,011	0,118	0,017
EAU, E. 85%	0,249	0,015	0,099	0,021

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a luz ambiente.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet E.	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	85%	E. 85%
Monoméricas	740,596	688,829	607,839	548,558	125,242	130,251
Totales	958,516	821,585	717,217	657,101	209,571	195,377

Fuente: elaboración propia.

En las tablas de resultados obtenidas, se analiza que la luz directa si afecta la estabilidad de las antocianinas como se había mencionado en el marco teórico, donde en presencia de luz hay una degradación del compuesto hasta un 87% en comparación con los resultados obtenidos en completa oscuridad y por ende se pierde intensidad en el color, los mejores resultados se obtienen manteniendo las muestras en completa oscuridad, sin embargo, si se almacenan los extractos en envases translucidos a luz ambiente se conserva la tinción del pigmento, pero hay una degradación de las antocianinas totales en un 5%.

- **Temperatura**

Tabla 21. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a refrigeración.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	1,293	0,020	0,297	0,059
EAU, E. 96%	1,248	0,021	0,254	0,021
Soxhlet, E.R	1,145	0,018	0,168	0,018
EAU, E.R	0,903	0,018	0,126	0,011
Soxhlet, E. 85%	0,421	0,048	0,091	0,080
EAU, E. 85%	0,361	0,052	0,084	0,070

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a refrigeración.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	864,167	829,935	815,741	642,907	302,250	246,309
Totales	1062,884	1024,477	940,982	738,926	311,434	257,998

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a congelación.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	0,758	0,011	0,132	0,015
EAU, E. 96%	0,737	0,023	0,127	0,008
Soxhlet, E.R	0,699	0,060	0,112	0,011
EAU, E.R	0,441	0,010	0,099	0,009
Soxhlet, E. 85%	0,447	0,088	0,076	0,006
EAU, E. 85%	0,358	0,135	0,045	0,019

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a congelación.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	526,015	496,792	449,200	284,716	241,299	164,484
Totales	623,703	596,150	533,529	359,861	299,745	186,193

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a temperatura ambiente.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	0,993	0,009	0,193	0,013
EAU, E. 96%	0,981	0,003	0,189	0,011
Soxhlet, E.R	0,941	0,039	0,154	0,007
EAU, E.R	0,595	0,029	0,119	0,007
Soxhlet, E. 85%	0,398	0,016	0,084	0,003
EAU, E. 85%	0,294	0,041	0,057	0,001

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a temperatura ambiente.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	671,295	667,955	630,383	379,065	251,318	164,484
Totales	821,585	816,575	753,120	472,578	318,949	211,241

Fuente: elaboración propia.

Se analiza que la temperatura tiene un efecto negativo en la estabilidad de las antocianinas, donde se ven mayormente afectadas a temperaturas de congelación, ocasionando una degradación de las antocianinas totales hasta un 41% en comparación a temperatura de refrigeración y a temperatura ambiente se degrada un 23% de las antocianinas, por esta razón las muestras presentan un mejor comportamiento manteniendo los extractos a una temperatura de 4 °C almacenadas en envases ámbar.

- **pH**

Tabla 27. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a pH 2.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	0,783	0,006	0,208	0,041
EAU, E. 96%	0,766	0,017	0,203	0,068
Soxhlet, E.R	0,673	0,039	0,237	0,027
EAU, E.R	0,571	0,033	0,210	0,010
Soxhlet, E. 85%	0,385	0,028	0,189	0,016
EAU, E. 85%	0,349	0,037	0,175	0,012

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a pH 2.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	509,316	512,656	354,016	282,211	153,630	124,407
Totales	648,752	625,373	529,355	449,200	298,075	260,503

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29. Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5, de las muestras sometidas a pH 5.

Método, solvente	λ (nm) pH = 1		λ (nm) pH = 4,5	
	540	700	540	700
Soxhlet, E. 96%	0,366	0,009	0,081	0,012
EAU, E. 96%	0,293	0,030	0,079	0,015
Soxhlet, E.R	0,168	0,037	0,067	0,013
EAU, E.R	0,151	0,053	0,070	0,019
Soxhlet, E. 85%	0,119	0,041	0,043	0,010
EAU, E. 85%	0,111	0,045	0,035	0,026

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. Contenido de antocianinas monoméricas y totales de las muestras sometidas a pH 5.

Antocianinas	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU.	Soxhlet	EAU
	E. 96%	E.96%	E.R	E.R	E. 85%	E. 85%
Monoméricas	240,464	166,154	64,291	39,242	37,572	47,592
Totales	298,075	219,590	109,378	81,825	65,126	55,106

Fuente: elaboración propia.

Sobre el efecto del pH en la estabilidad de las antocianinas, se logró comprobar que a pH ácido se conservan las antocianinas, por el contrario, a pH 5 hay degradación del compuesto hasta un 54% y el color del extracto cambia.

Los resultados indican que la mayor retención de pigmento se obtiene cuando el colorante está a un pH ácido, en refrigeración y en total oscuridad, sin embargo, al incorporar el colorante natural en un alimento no es posible mantener esta condición, por esta razón se recomienda almacenar a la luz ambiente, donde también se presentan resultados favorables.

3.2 DESEMPEÑO DEL PIGMENTO ANTOCIANICO

Para verificar el poder de tinción que presentan las muestras obtenidas utilizando como solvente etanol, etanol recuperado y relación etanol agua al 85% para ambos métodos de extracción se adicionaron 0,3 mL de extracto en 10 ml de yogurt de Pasco natural según lo propuesto por Ramírez,⁶⁰ para homogenizar se realizó agitación magnética durante 2 min a 500 rpm, este proceso se llevó a cabo para las 6 muestras, donde el poder de tinción de cada una se visualiza en la imagen 33. El desempeño del pigmento se evalúa en el yogurt natural, para observar cómo se comporta en un producto alimenticio con un pH poco favorable para el colorante, donde el yogurt tiene un pH de 4,5 factor que afecta la estabilidad del pigmento, esto quiere decir que, si el colorante natural presenta un

⁶⁰ RAMÍREZ. Op. Cit., p. 119

desempeño favorable en el yogurt, en productos alimenticios con pH inferior a 4,5 presentara un mejor desempeño.

Imagen 32. Poder de tinción de las muestras en el yogurt.



Fuente: elaboración propia.

- A: Soxhlet con etanol al 96%.
- B: Soxhlet con etanol recuperado.
- C: Soxhlet con etanol al 85%.
- D: Ultrasonido con etanol al 96%.
- E: Ultrasonido con etanol recuperado.
- F: Ultrasonido con etanol al 85%.

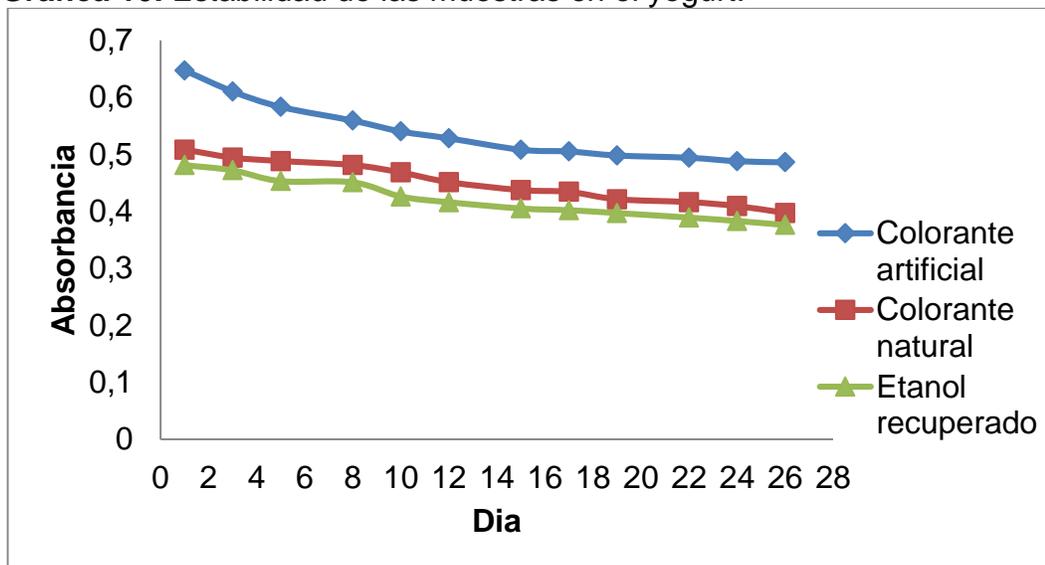
En la imagen 33 se observa que el extracto o colorante obtenido por soxhlet con etanol al 96% es el que tiene un mayor poder de tinción en el yogurt, por lo tanto es el colorante natural obtenido a nivel laboratorio que se utilizara para el siguiente análisis, además se verifica que utilizando como solvente etanol recuperado bajo el mismo método de extracción se obtiene una pigmentación similar a la mencionada anteriormente, por lo tanto la estabilidad del pigmento en el yogurt se realizara para estas dos muestras y para el colorante artificial.

3.2.1 Preparación del colorante artificial. Se realiza la preparación del colorante artificial Rojo Allura (R 40), el cual es el más utilizado en la industria de alimentos para mejorar las propiedades organolépticas de jugos, yogures, mermeladas entre otros, el colorante se encuentra en estado sólido como lo verifica su ficha técnica especificada en el anexo F, por esta razón es necesario preparar la solución del pigmento artificial, donde se adicionan 0,3 g del colorante en 10 mL de agua destilada y se compara la tinción con el colorante natural, posteriormente se realiza una lectura de absorbancia de la solución del colorante artificial y del

colorante natural a 540 nm para verificar que no hay variación en la tinción de los pigmentos. Se adicionan 0,3 mL de la solución colorante artificial en 10 mL de yogurt y se compara con el colorante natural.

3.2.2 Estabilidad del colorante en el yogurt. La estabilidad del colorante se realiza haciendo una comparación del colorante natural con el colorante sintético durante un mes, donde cada dos días se hizo lectura de absorbancia para cada una de las muestras a una longitud de onda de 540 nm,⁶¹ verificando si hay degradación del pigmento, para este proceso también se tiene en cuenta el colorante natural que se obtiene por medio de la extracción soxhlet utilizando como solvente el etanol recuperado de la extracción bajo el mismo método con etanol al 96%.

Grafica 10. Estabilidad de las muestras en el yogurt.

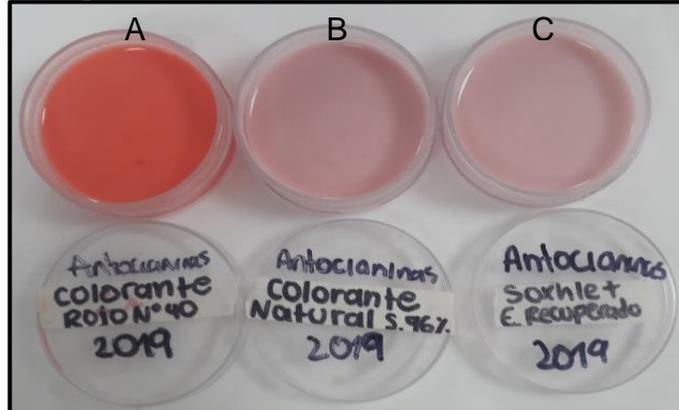


Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestran las imágenes tomadas de las muestras para el día 1 y el día 26.

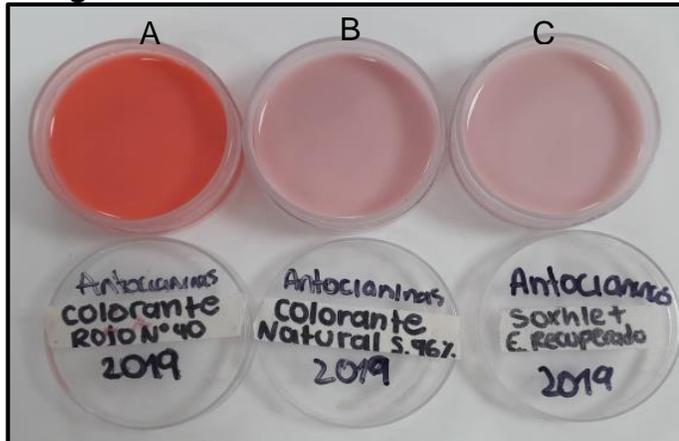
⁶¹ *Ibíd.*, p. 21-23

Imagen 33. Estabilidad de las muestras día 1.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 34. Estabilidad de las muestras día 26.



Fuente: elaboración propia.

A: Colorante artificial (rojo 40).

B: Colorante natural, soxhlet con etanol al 96%.

C: Colorante natural, soxhlet con etanol recuperado.

En la gráfica 10 se puede visualizar que hay degradación del colorante natural, sin embargo se observa que después de la primera semana las absorbancias se mantienen más constantes, analizando la imagen 34 y 35 se observa una pérdida de tonalidad poco visible. Por otro lado la tonalidad de la muestra nombrada como colorante natural, soxhlet con etanol al 96% es similar a la muestra colorante natural, soxhlet con etanol recuperado, esta comparación se realiza para garantizar que la reutilización del solvente recuperado no afectara el poder de tinción del producto final.

La degradación del pigmento incorporado en el yogurt se debe al pH del mismo que es aproximadamente de 4,5 mientras que el pH del colorante natural es de 2,8 y como ya se había mencionado anteriormente uno de los factores que afecta la

estabilidad de las antocianinas es el pH, esta información se comprobó también con las pruebas de estabilidad que se realizaron a pH 5, datos reportados en la tabla 30.

3.3 COLORANTE NATURAL

En la tabla 31 se presentan las propiedades físicas y químicas del colorante natural, obtenido a partir de la extracción soxhlet utilizando como disolvente etanol al 96% a partir del residuo de mora previamente seco y triturado.

Tabla 31. Propiedades físicas y químicas del colorante.

Propiedad	Resultado
pH	2,76
Viscosidad	4,4 cps
Densidad	1,22 g/ml
Olor	Dulce
Estado	Líquido
Textura	Pegajosa
Color	Morado intenso

Fuente: elaboración propia.

Imagen 35. Colorante natural.



Fuente: elaboración propia.

4. REQUERIMIENTOS TECNICOS

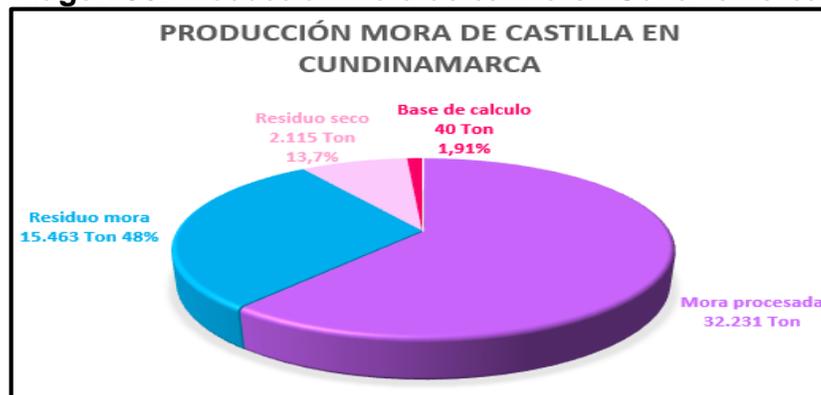
Los resultados que se adquirieron en la experimentación, se emplean para realizar los requerimientos técnicos en el procesamiento para la obtención del colorante natural líquido. En este capítulo se propone un diagrama general del proceso, al igual que un diagrama PFD teniendo en cuenta el método de extracción seleccionado en el segundo objetivo, en este caso extracción soxhlet (solido-liquido), así como las condiciones de operación, se desarrolló un balance de masa que proporcionara la capacidad de los equipos a utilizar y por ultimo un balance de energía con los equipos seleccionados.

4.1 BASE DE CÁLCULO

Para adquirir la base de cálculo se utiliza la producción de mora de castilla en Cundinamarca de 32.231 toneladas/año según EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL reportado en la tabla 1 para el año 2016, con los datos obtenidos a nivel experimental sabemos que el 48% de la producción se convierte en residuo, al secarlo se obtiene un 13,70% de residuo seco, por último se toma el 1,91% el cual es un estimado anual de 40,320 Ton/año.

El 1,91% corresponde a una empresa dedicada a la elaboración de jugos naturales la cual procesa 4 kg de pulpa diaria, cuenta con 34 puntos de venta cercanos a la industria procesadora de colorante natural, los cuales mensualmente se recoge 3360 kg de residuo mora de castilla,⁶² esto significa que por lote se logra procesar 420 kg, esta será la base de cálculo para cumplir con los requerimientos técnicos del proyecto obteniendo como resultado un colorante de origen natural.

Imagen 36. Producción mora de cartilla en Cundinamarca.



Fuente: elaboración propia.

⁶² *NOTA: Datos suministrados por la empresa productora de jugos naturales.

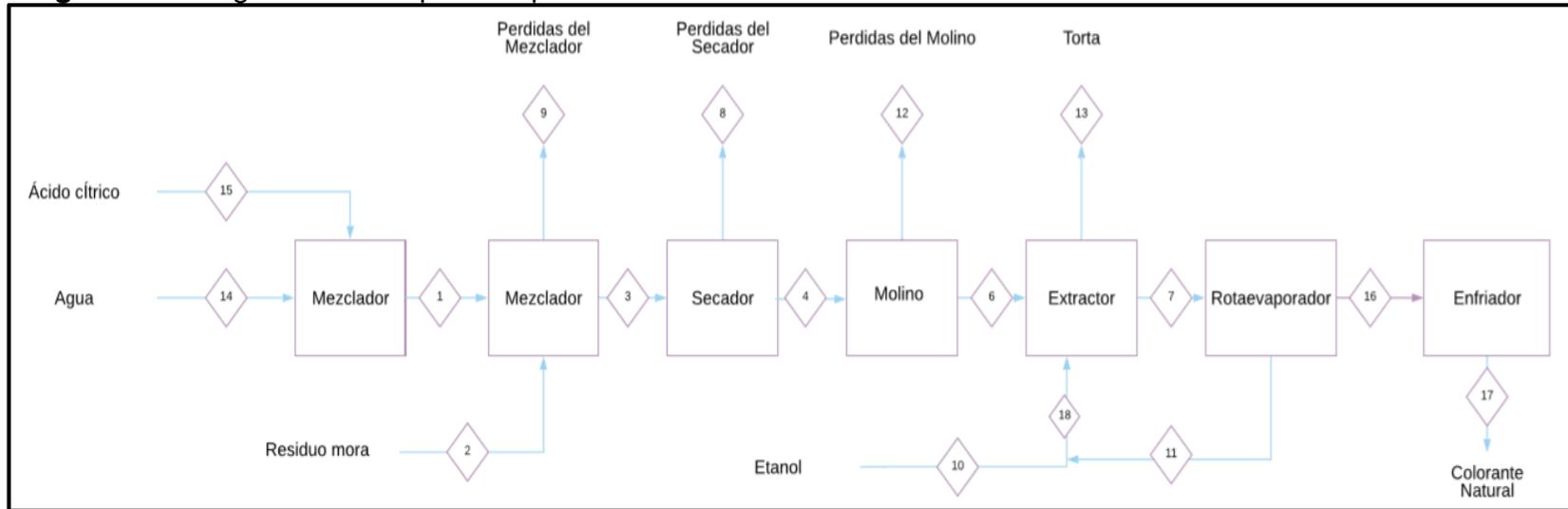
4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

- Acondicionamiento de la materia prima residuo mora de castilla.
- Secado.
- Molienda.
- Extracción de antocianinas.
- Separación del producto.
- Recuperación del etanol.

4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques introduce de manera general el funcionamiento interno de un sistema de producción de colorante natural a partir del residuo mora de castilla, se pretende realizar una representación gráfica, relaciones y definición de la organización de todo el proceso interno, sus entradas y salidas para llevar a cabo la producción de un colorante proporcionándole de esta manera un valor agregado.

Diagrama 2. Diagrama de bloques del proceso.



Fuente: elaboración propia.

4.4 DIAGRAMA PFD

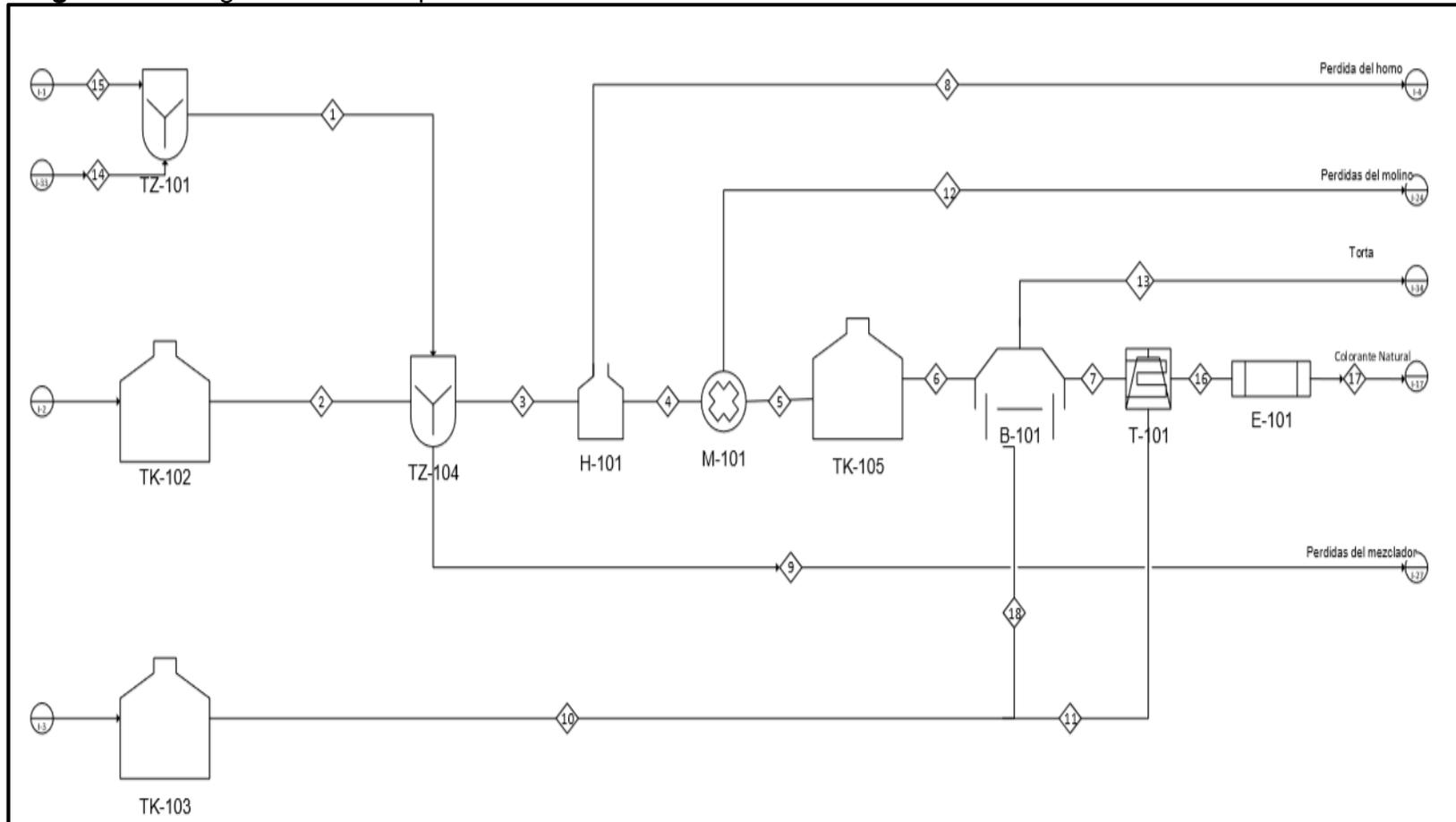
En este diagrama de flujo se representa el proceso por medio de simbología para cada equipo, se enumeran las corrientes de proceso, se describe una tabla de equipos, tabla de corrientes, así mismo va acompañada de una descripción detallada del proceso.

La operación propuesta es por lotes, partiendo de 420 kg de residuo de mora, en cada equipo se especifica el tiempo estimado de procesamiento de materia prima lo que daría un tiempo total por lote de cinco días.

4.4.1 Descripción del proceso. El Proceso de obtención del colorante natural inicia al descargar el tanque de almacenamiento TK-102. Los residuos son transportados por medio de vagones al tanque mezclador TZ-104 a través de la corriente 2, en donde se mezcla con la solución de agua y ácido cítrico proveniente del tanque mezclador TZ-101. La mezcla perteneciente a la corriente 3 es llevada a un Secador H-101, dando origen a la corriente 4 que corresponde al residuo deshidratado, el equipo utilizado opera a una temperatura de 40°C, el tiempo de contacto es de 48 horas, una vez concluido el tiempo se obtiene una mezcla con un porcentaje de humedad bajo y con un tamaño de partícula grande, generando una pérdida que sale por la corriente 8. Como consecuencia del tamaño de partícula, es necesario llevar la mezcla proveniente de la corriente 4 al molino de martillos MM-101, dando origen a la corriente 5 que cuenta con un tamaño de partícula fino. De esta forma se mejora el área de contacto con el solvente (etanol al 96%) al momento de realizar la extracción. En el molino se considera una corriente de pérdida perteneciente a la corriente 12.

Una vez efectuada la reducción de tamaño, se lleva al tanque TK-105 para ser almacenado dos días, posteriormente el residuo triturado ingresa por medio de la corriente 5 al extractor B-101, de tipo Rotocell®, en el extractor también se alimenta etanol al 96% por medio de la corriente 10, proveniente del TK-103 y una corriente 11 que hace parte de una recirculación que tiene origen en el rotaevaporador el cual contiene etanol recuperado. Una vez la solución está en circulación se enciende el motor que hace girar el cuerpo del Rotocell® y las celdas que contienen la mezcla. Esta etapa del proceso produce una torta de residuos orgánicos que sale por la corriente 13, debido a las celdas filtrantes que contiene el Rotocell®, es liberada manualmente por parte de los operarios al finalizar el proceso de extracción. Al transcurrir el tiempo de extracción, se obtiene una corriente 6 que contiene etanol y extracto antocianico, para concentrar el extracto se realiza una etapa que consta de un rotaevaporador CB-101, donde se obtiene el colorante de origen natural en la corriente 7, en este equipo se adiciona vacío para recuperar el etanol y recircularlo al extractor controlando temperatura y presión evitando la degradar el colorante;este colorante natural se dirige a un enfriador hasta una temperatura de almacenamiento de 3°C.

Diagrama 3. Diagrama PFD del proceso.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. Convenciones de equipos

TZ-101	Tanque mezclador Ácido cítrico y agua
TZ-104	Tanque mezclador solución ácido cítrico y residuo
TK-102	Tanque de almacenamiento Residuo mora de Castilla
TK-103	Tanque de almacenamiento Etanol
TK-105	Tanque de almacenamiento Residuo molido
H-101	Horno de secado a 40°C
M-101	Molino de martillo
B-101	Extractor Antocianinas
T-101	Rotaevaporador
E-101	Enfriador Colorante Natural

Fuente: Norma ISA S5.1. (18 de September de 2009). ANSI/ISA-5.1-2009. Instrumentation Symbols and Identification. ISA

Tabla 33. Condiciones de las corrientes del diagrama PFD.

Corrientes	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión (mbar)	827	827	827	827	827	827	827	827
Temperatura °C	22	22	40	40	22	60	60	22
Residuo (kg)	0	0	420	70,09	69,74	139,49	0	0
Colorante (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0
Etanol	0	0	0	0	0	0	0	0
Etanol recuperado	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0	0	0	0	349,91
Mezcla	0	0	0	0	0	0	1648,71	0

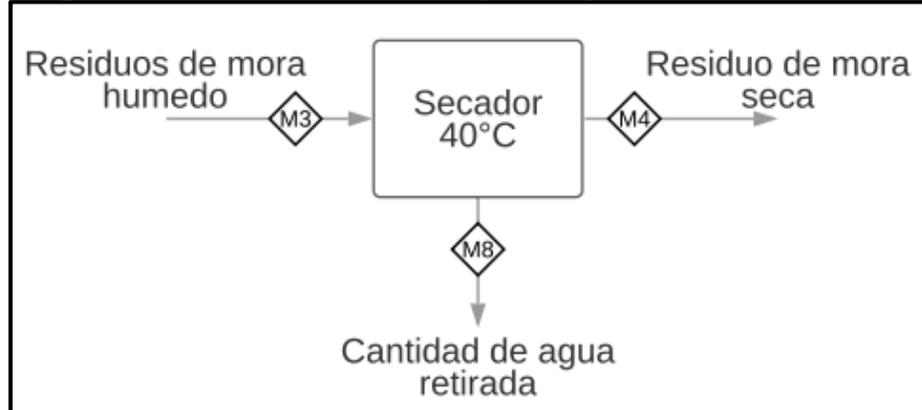
Corrientes	9	10	11	12	13	14	15	16
Presión (mbar)	827	827	175	827	827	827	827	827
Temperatura °C	22	22	22	22	22	22	22	22
Residuo (Kg)	0	0	0	0,35	82	0	0	0
Colorante (kg)	0	0	0	0	0	0	0	189
Etanol	0	292,36	0	0	0	0	0	0
Etanol recuperado	0	0	1459,71	0	0	0	0	0
Agua	2,78	0	0	0	0	1	0	0
Mezcla	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

4.4.2 Balance de masa. A continuación se presentan los balances de masa para calcular la capacidad de los equipos que se van a seleccionar.

4.4.2.1 Secado. Se realiza el secado de forma indirecta de la materia prima a una temperatura de 40°C para evitar la degradación de las antocianinas responsables de la coloración, este proceso se realiza durante 48 h.

Diagrama 4. Volumen de control para el proceso de secado.



Fuente: elaboración propia.

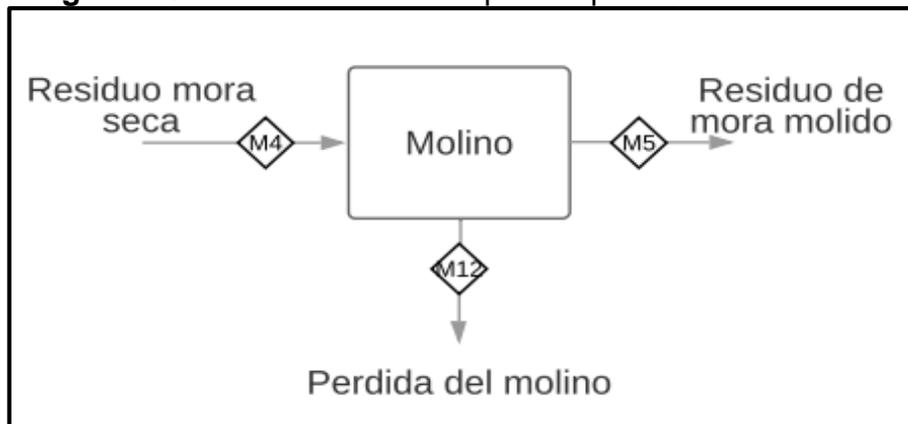
$$M_3 = M_4 + M_8$$

$$420 \text{ kg} = 70,09 \text{ kg} + M_8$$

$$M_8 = 349,91 \text{ kg}$$

4.4.2.2 Molienda. Se reduce el tamaño de la partícula para obtener una mejor extracción facilitando la integración entre el soluto y el solvente.

Diagrama 5. Volumen de control para el proceso de molienda.



Fuente: elaboración propia.

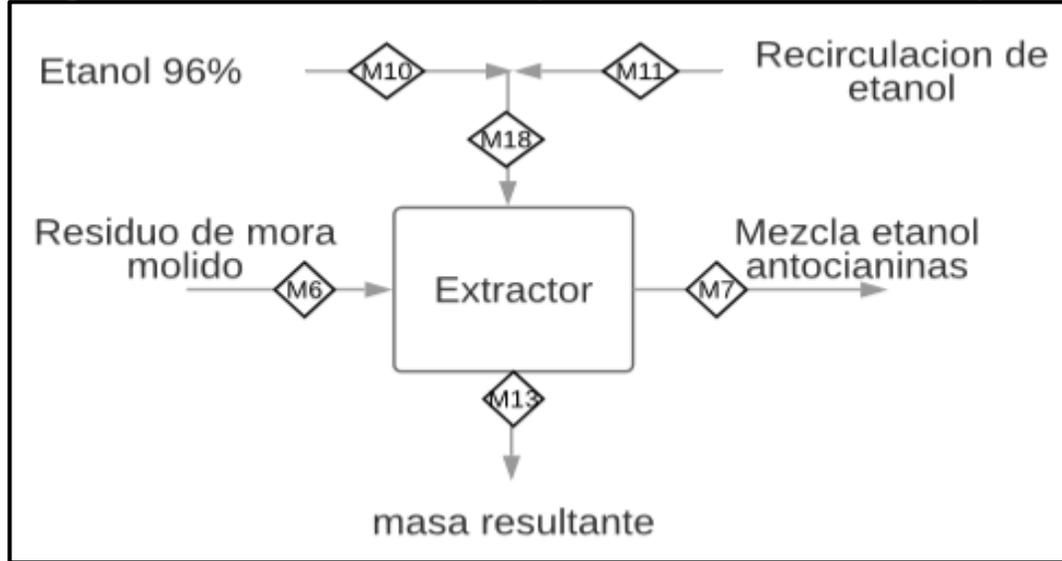
$$M_4 = M_5 + M_{12}$$

$$70,09 \text{ kg} = 69,74 \text{ kg} + M_{12}$$

$$M_{12} = 0,35 \text{ kg}$$

4.4.2.3 Extracción. La mayor cantidad de antocianinas se obtiene controlando la temperatura a 60 °C, por medio de la extracción sólido-líquido utilizando como solvente una mezcla de etanol al 96% y etanol recuperado, ingresando al extractor 139,49 kg de residuo molido.

Diagrama 6. Volumen de control del proceso de extracción sólido-líquido.



Fuente: elaboración propia.

Para realizar el balance del extractor es necesario hacer un balance por componente del etanol que ingresa al proceso de extracción, teniendo en cuenta el punto de mezcla entre etanol fresco del 96% y etanol recuperado 93,66%.

• **Balance punto de mezcla.**

$$M_{10} + M_{11} = M_{18}$$

$$X_{11} * M_{11} + X_{10} * M_{10} = X_{18} * M_{18}$$

Para calcular las fracciones másicas de cada corriente se utiliza una base de cálculo de 100 ml de solución y las densidades del etanol al 96%, etanol recuperado y agua.

Tabla 34. Densidad de las sustancias.

Sustancia	Densidad (kg/L)
Etanol al 96%	0,8170
Etanol al 93,66%	0,8187
Agua	0,9980
Mezcla etanol antocianinas	0,822
Colorante natural	1,22

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. Fracción molar.

Concentración	Volumen	Masa	Fracción
Etanol al 96%	96 ml etanol	78,43 g	0,952
	4 ml agua	3,93 g	0,048
Etanol al 93,66%	93,66 ml etanol	76,68 g	0,927
	6,34 ml agua	6,23 g	0,073

Fuente: elaboración propia.

$$1782,96 L * 0,8187 \frac{kg}{L} + M_{10} = 2097,60 L * 0,8170 \frac{kg}{L}$$

$$0,927 * 1459,71 kg + 0,952 * M_{10} = 0,952 * 1713,74 kg$$

$$M_{10} = 292,36 kg$$

$$V = 357,85 L$$

$$M_6 + M_{18} = M_7 + M_{13}$$

Para continuar el manejo de unidades en kg utilizamos la densidad del etanol al 96%, etanol recuperado y la mezcla de etanol antocianinas, para realizar la respectiva conversión manejando todas las corrientes en unidades másicas.

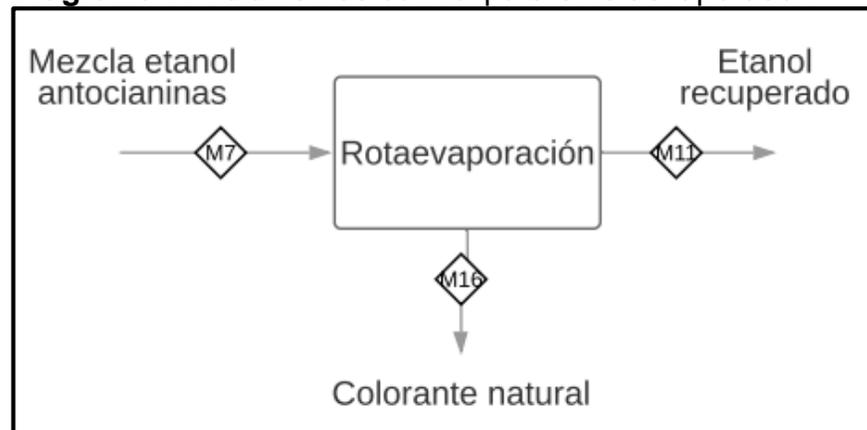
$$139,49 kg + 1713,74 kg = 204,52 kg + M_7$$

$$M_7 = 1648,71 kg$$

$$M_7 = 2005,73 L$$

4.4.2.4 Rotaevaporador. Se realiza la separación del etanol del producto final y a su vez la recuperación de este solvente para realizar una recirculación teniendo en cuenta que las condiciones de operación son 60°C y presión de vacío de 175 mbar asegurando de esta manera el poder de tinción del producto final.

Diagrama 7. Volumen de control para el rotaevaporador.



Fuente: elaboración propia.

$$M_7 = M_{11} + M_{16}$$

$$1648,71 \text{ kg} = 1459,71 \text{ kg} + M_{16}$$

$$M_{16} = 189 \text{ kg}$$

$$M_{16} = 154,92 \text{ L}$$

Para realizar los balances de masa calculados anteriormente se utilizaron factores multiplicadores aplicados a las condiciones registradas a nivel laboratorio, en la tabla 37 se da a conocer los datos experimentales.

Tabla 36. Condiciones registradas a nivel laboratorio

Equipos	Función	Cantidad	Unidades
MUFLA	Entrada a la mufla	0,609	kg
	Salida de la mufla	0,102	kg
	Perdidas del mufla	0,507	kg
MOLINO	Entrada del molino	0,102	kg
	Salida del molino	0,101	kg
	Perdidas del molino	0,0005	kg
SOXHLET	Residuo de mora molido	0,101	kg
	Entrada de etanol	1,521	L
	Torta	0,148	kg
ROTAVAEPORADOR	Entrada rotaevaporador	1,388	L
	Recuperación de etanol	1,293	L
	Colorante	0,703	L

Fuente: elaboración propia.

4.5 EQUIPOS

Utilizando los balances de masa realizados, se consultan equipos a escala industrial y se determinan las características del diseño.

4.5.1 Tanques de almacenamiento. En la etapa de almacenamiento de materia prima se requiere una tolva alimentadora que permita la descarga de las mismas a los vagones que transportaran la materia prima al tanque de mezclado, se selecciona una tolva cilíndrica por ser una tecnología conocida y económica, La pared interna del tanque debe ser de acero inoxidable AISI 316 pulido, mientras que la pared externa puede variar en su construcción, puede ser construida también en acero inoxidable o bien se construye con un acero de menor calidad cubierto con pintura anticorrosiva. El tanque de almacenamiento está equipado de un control del nivel y de temperatura, para garantizar su estado de conservación.⁶³

⁶³ ALIBABA. Tanque de agua de acero inoxidable [en línea] [Consultado 05 junio de 2019]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Vertical-Type-1000-Liter-6206067_1212.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.10.14c0733eB0KOYEys=p

Imagen 37. Tanque de almacenamiento.



Fuente: ALIBABA. Tanque de almacenamiento. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Vertical-Type-1000-Liter-62060671212.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.10.14c0733eB0KOYEys=p>

Para el almacenamiento del etanol también es necesario un tanque de acero inoxidable, según las normas de control de proceso las tuberías deben tener una conducción siempre conectados a tierra, Construir alrededor muros de contención que retengan un 110% del volumen total del tanque, para contener los posibles derrames. El suelo y los muros de contención deben ser impermeables. El tanque utilizado para estos procesos se describe a continuación.

Tabla 37. Datos técnicos del tanque de almacenamiento.

Capacidad	L	1000
Volumen	m ³	3,59
Área	m ²	2,99
Material	Acero inoxidable 304/316L	

Fuente: ALIBABA. Tanque de almacenamiento. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Vertical-Type-1000-Liter-62060671212.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.10.14c0733eB0KOYEys=p>

4.5.2 Tanque mezclador. Para el almacenamiento y mezclado de la solución de agua y ácido cítrico se selecciona un tanque mezclador de acero inoxidable este material presenta una excelente resistencia a la corrosión que se podría presentar por las condiciones ambientales. Además, este material está avalado para uso en procesos alimenticios. El tanque de almacenamiento es cilíndrico y de orientación vertical para un mejor aprovechamiento del espacio, presenta alta velocidad de agitación por que tarda 1 hora en equilibrar la mezcla, proporcionando una eficiencia y calidad en el proceso de homogenización, un tanque mezclador similar se utiliza para llevar a cabo la unión de la materia prima y la solución ácido cítrico y agua, a continuación se describen sus características.⁶⁴

Imagen 38. Tanque mezclador.



Fuente: ALIBABA. Tanque mezclador. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000L-Stainless-steel-steam-heating-agitation-60781798605.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.41.6edb5d68qXMGdiys=p>

⁶⁴ ALIBABA. Tanque mezclador [en línea] [Consultado 19 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000L-Stainless-steel-steam-heating-agitation-60781798605.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.41.6edb5d68qXMGdiys=p>

Tabla 38. Datos técnicos del tanque mezclador.

Capacidad	L	1000
Volumen	m ³	1,32
Área	m ²	1,2
Consumo	KW	3
Material	Acero inoxidable	

Fuente: ALIBABA. Tanque mezclador. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000L-Stainless-steel-steam-heating-agitation-60781798605.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.41.6edb5d68qXMGdiys=p>

4.5.3 Deshidratador. El deshidratador tarda 48 horas en secar la materia prima, este equipo hace parte esencial del proceso, esto debido a que la temperatura a la cual va a ser secada la materia prima tiene que estar entre 40 y 45 grados centígrados, el énfasis de esta temperatura es necesario para evitar la degradación de antocianinas, lo que garantizara la perduración de estas propiedades durante no solo la operación de deshidratación sino en todo el transcurso del proceso de obtención de un colorante natural.

A su vez el libro “Operaciones básicas de ingeniería química” de McCabe/Smith aconseja que la velocidad de aire caliente en un secador de bandejas debe estar entre 2 a 5 m/s. Además, nombra que la bandeja debe tener de lado entre 75-100 centímetros, mientras que de profundidad debe estar entre 1 o 10 centímetros (profundidad según Geankolis y lado según McCabe).

El secador industrial de la bandeja de aire caliente de la serie CT-C es un secador de la Cámara de convección ampliamente utilizado fabricado en acero inoxidable. En proceso de secado, el aire fresco frío es succionado a la cámara de secado por el ventilador de circulación y fluye a través del radiador de vapor interno o tubos de calefacción eléctrica en el canal de aire para obtener la temperatura requerida. Con la ayuda del distribuidor de aire, el aire caliente fluye uniformemente a través de cada capa de bandejas para la transferencia de calor y transportar la humedad evaporada.⁶⁵

⁶⁵ ALIBABA. Deshidratador de bandejas. [en línea]. [Consultado 18 de mayo de 2019]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-hot-air-tray-dryer-60429893034.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.37f82c3bH8BNDV

Imagen 39. Deshidratador CT-C.



Fuente: ALIBABA. Deshidratador de bandejas. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-hot-air-tray-dryer-60429893034.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.37f82c3bH8BNDV

Tabla 39. Datos técnicos del deshidratador CT-C.

Capacidad	Kg	480
Consumo	KW	1,8
Volumen total	m ³	5,4
Área total	m ²	4,5

Fuente: ALIBABA. Deshidratador de bandejas. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-hot-air-tray-dryer-60429893034.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.37f82c3bH8BNDV

4.5.4 Molino de martillos. Es necesario la utilización de un molino de martillos modelo XPE, con una capacidad de 80 kg y un consumo energético de 1,50 KW, para reducir el tamaño de la partícula con el objetivo de aumentar la eficiencia en el proceso de extracción con un tiempo de 10 minutos. El motor acciona el rotor rápidamente en la cavidad de trituración. Las materias primas ingresan a la trituradora a través de la entrada de alimentación y son impactadas, cortadas y molidas por cabezas de martillo de alta velocidad. Hay una rejilla debajo del conjunto del rotor, de modo que los materiales con un tamaño más pequeño

abandonaran el proceso y otros se dejarán martillar hasta que alcancen el tamaño estándar. El tamaño del producto final se puede ajustar cambiando la rejilla.⁶⁶

Imagen 40. Molino de martillos XPE.



Fuente: ALIBABA. Molino de martillo. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/good-price-high-efficiency-molino-de_60766929946.html?spm=a2700.7724838.2017121.5.40d82490QqcGBj

4.5.5 Extractor. Para la etapa de extracción sólido-líquido se seleccionó un extractor tipo Rotocell® modelo 6YL-100 en el cual los tanques de lixiviación se mueven continuamente de forma que permiten la fácil introducción y descarga de sólidos. (TREYBAL. R.2003). La máquina extractora cuenta con un control automático de calentamiento, presionando y filtrando la materia prima simultáneamente. La prensa comienza su funcionamiento antes de que el sistema se calibre y caliente esta forma de funcionamiento se utiliza para mejorar el rendimiento del colorante. La extracción debe llevarse a 60°C para evitar la degradación del colorante no debe superar esta temperatura. El vapor usado es de baja presión, además se calcula un tiempo de operación de 4 horas.⁶⁷

⁶⁶ ALIBABA. Molino de martillo. [en línea] [Consultado 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/good-price-high-efficiency-molino-de_60766929946.html?spm=a2700.7724838.2017121.5.40d82490QqcGBj

⁶⁷ ALIBABA. Extractor de aceite [en línea] [Consultado 15 de mayo de 2019]. Disponible en internet: https://www.alibaba.com/product-detail/soybean-extractor-manual-oil-extractor-rotocel_60765406568.html?spm=a2700.7724838.2017115.31.586b36d55BLbfQ

Imagen 41. Extractor Rotocell 6YL-100.



Fuente. ALIBABA. Extractor de aceite. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/soybean-extractor-manual-oil-extractor-rotocel_60765406568.html?spm=a2700.7724838.2017115.31.586b36d55BLbfQ

Tabla 40. Datos técnicos del extractor Rotocell 6YL-100.

Capacidad	Kg	150
Consumo	kW	3
Volumen total	m ³	4,81
Área total	m ²	2,47
Material	Acero inoxidable	

Fuente. ALIBABA. Extractor de aceite. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/soybean-extractor-manual-oil-extractor-rotocel_60765406568.html?spm=a2700.7724838.2017115.31.586b36d55BLbfQ

4.5.6 Rotaevaporador. El concentrador de vacío RVC2000 utiliza los métodos de evaporación al vacío o separación mecánica para concentrar los materiales. El concentrador de vacío se compone de calentador, cámara de evaporación, removedor de espuma, condensador, enfriador y receptor de líquido, etc. Todas las partes que entran en contacto con los materiales están hechas de SUS304 / 316L. Es adecuado para la evaporación y concentración de líquidos en las industrias de alimentos. Este equipo presenta un corto tiempo de concentración, un rápido tiempo de evaporación y puede proteger bien los materiales de

sensibilidad térmica, este equipo cuenta con una capacidad de 2000 L y consumo energético de 24,6 KW.

El concentrador adopta ampliamente el proceso de concentración al vacío. Por lo general, bajo un estado de baja presión de 175mbares, calienta los materiales líquidos mediante calentamiento por vapor indirecto para que se evapore a baja temperatura aproximadamente 40°C. Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre el vapor de calentamiento y los materiales líquidos es mayor, el tiempo que se demora en separar el etanol del extracto es de 2 horas.⁶⁸

Imagen 42. Rotaevaporador RVC2000.



Fuente. ALIBABA. High quality vacuum evaporator alcohol. [en línea]. [Consultado 05 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-vacuum-evaporator-alcohol_62087290189.html?spm=a2700.7724838.2017115.140.5280354ft429g

4.5.7 Enfriador. Es un intercambiador de calor para enfriamiento de líquidos, este sistema consiste en un enfriador evaporativo, a partir del cual se logran temperaturas de salida del líquido enfriado a 3°C, este enfriador es de Marca challenger referencia CH226 tipo de congelador horizontal, cuenta con una puerta y su control de temperatura es externa, sus bandejas están hechas de polipropileno.

⁶⁸ ALIBABA. High quality vacuum evaporator alcohol [en línea] [Consultado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-vacuum-evaporator-alcohol_62087290189.html?spm=a2700.7724838.2017115.140.5280354ft429g

Imagen 43. Enfriador CH226.



Fuente. ALKOSTO. Congelador horizontal challenger. [en línea]. [Consultado 05 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.alkosto.com/congelador-horizontal-challenger-152-lt-ch226-blanco?gclid=EAlaIqobChMI86-FotuD5AIVD1uGCh1aug3hEAYYAiABEgLvtfD_BwE

Tabla 41. Datos técnicos de enfriador CH226.

Capacidad	L	152
Consumo	KWh/mes	18,6
Volumen total	m ³	0.33
Área total	m ²	0.64

Fuente: ALKOSTO. Congelador horizontal challenger. [en línea]. [Consultado 05 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.alkosto.com/congelador-horizontal-challenger-152-lt-ch226-blanco?gclid=EAlaIqobChMI86-FotuD5AIVD1uGCh1aug3hEAYYAiABEgLvtfD_BwE

Es importante aclarar que se asume las horas de operación de cada equipo similares a las horas experimentadas a nivel laboratorio.

4.6 CONSUMO ENERGETICO

Se realiza a partir del consumo energético de los equipos elegidos para la producción de un colorante natural, este consumo energético se realiza teniendo en cuenta las horas de funcionamiento de los equipos utilizados en el proceso.

4.6.1 Consumo energético para el proceso de secado. para el proceso de secado se utiliza una deshidratador modelo CT-C el cual tiene un consumo energético de 73,21 KW para llevar a cabo el proceso de secado de la materia prima se requiere de 2 días, el cálculo del consumo de energía se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$1,8 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * 48 \text{ horas} = 311.040 \text{ KJ}$$

4.6.2 Consumo energético para el proceso de molienda. De igual forma se calcula el consumo energético de un molino modelo XPE que cuenta con un consumo de 1,50 KW, utilizando una ecuación similar a la anterior, con el objetivo de calcular la energía total consumida por el equipo en el proceso de transformación de la materia prima.

$$1,50 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * 0,16 \text{ horas} = 864 \text{ KJ}$$

4.6.3 Consumo energético para el proceso de extracción. Como se puede observar en las características técnicas del equipo modelo Rotocell utiliza un consumo de y el total de energía necesaria para la extracción de antocianinas se halla utilizando la siguiente ecuación

$$3 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * 4 \text{ horas} = 43.200 \text{ KJ}$$

4.6.4 Consumo energético para el proceso de rotaevaporación. Utilizando los requerimientos técnicos del equipo RVC2000 y teniendo en cuenta su consumo energético 24,6 KW se calcula el consumo total para llevar a cabo la producción del colorante y recuperación del etanol

$$24,6 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * 2 \text{ horas} = 177.120 \text{ KJ}$$

4.6.5 Consumo energético para el enfriador. El enfriador de referencia CH226 se encarga de recolectar el colorante natural y almacenarlo a una temperatura de 3°C.

$$0,62 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * 6 \text{ horas} = 13.392 \text{ KJ}$$

5. EVALUACIÓN FINANCIERA

El objetivo de este capítulo es identificar costos y beneficios asociados al procesos de extracción de un colorante de origen natural el cual utiliza como materia prima el residuo mora de castilla, incursionando en un producto innovador que beneficia la salud y además genera un valor agregado, también se realizara un estudio de viabilidad financiera y su proyección a 5 años.

Se conocerá el capital inicial para la creación de una planta piloto y si resulta rentable o no dicha producción, para ello se tiene en cuenta los ingresos y egresos utilizando como criterio de decisión la tasa interna de oportunidad (TIO), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) con el fin de evaluar la rentabilidad del proyecto.

5.1 COSTOS E INVERSIONES

Para ejecutar dicho proyecto es necesario definir cuáles serán los activos fijos, activos diferidos costos variables y capital de trabajo⁶⁹

5.1.1 Activo fijo. hace referencia a un bien de la empresa, pueden ser tangible los cuales hace referencia a elementos tales como los terrenos y maquinaria que normalmente son necesarios para el funcionamiento de la empresa o Intangible que incluye cosas que no pueden ser tocadas materialmente, como son los derechos de patente y capacitaciones a empleados. Estos activos fijos no se destinan a la venta.

5.1.1.1 Activos fijos tangibles.

- La maquinaria y equipos utilizados en el proceso de extracción de un colorante natural.
- Lote para la instalación de la planta piloto se debe adquirir un inmueble que tenga la capacidad de instalación de toda la planta física, se establece un lote de 420 m² presenta buena iluminación, accesibilidad para los vehículo destinado a la distribución garantiza la operatividad de las distintas áreas destinadas a la producción. Su costo de arrendamiento es \$4.000.000 COP

⁶⁹ AGROPROYECTOS. Activos fijos, diferidos y capital de trabajo [citado 2019-07-15]. (2013).[En línea]. Disponible en: <https://www.agroproyectos.org/activo-fijo-diferido-y-capital-de-trabajo/>

Imagen 44. Bodega.



Fuente: Bodega [en línea]. [Consultado 05 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.fincaraiz.com.co/bodega-en-arriendo/bogota/san_jorge_sur-det-3129011.aspx

- Vehículos para transportar la materia prima, el vehículo cuesta \$28.500.000 COP debe tener una capacidad de 420 kg, se utilizarán dos vehículos uno de ellos se encargará de la recolección de materia prima de distintos establecimientos para llevarla a las instalaciones de la empresa donde se almacenarán y el otro de repartir el colorante natural (producto terminado).

Imagen 45. Furgón refrigerado.



Fuente: Furgón refrigerado. Disponible en https://carro.mercadolibre.com.co/MCO-517100235-dfmdfsk-furgon-dfm-_JM#reco_item_pos=1yreco_backend=machinalis-classiyreco_backend_type=low_levelyreco_client=classi-motors-vip-seller_items_yreco_id=b41d77d0-be75-4163-8e93-99d88bf581fe

La mayoría de los equipos son tecnificados por lo cual su cotización se realiza a partir de páginas web de fabricantes y empresas dedicadas a su distribución a nivel internacional, para obtener un precio real del posible valor del equipo en Colombia, es decir su exportación es necesario tener en cuenta aspectos tales como el flete el cual se consulta en PROEXPORT Colombia tarifa de transporte marítimo también es necesario reconocer el % de gravamen consultado en el decreto 4589 del 27 de diciembre de 2006 arancel de aduanas.

Tabla 42. Costos activos fijos tangibles equipos internacionales.

Equipos	Costo (COP)	% Seguro	Flete (COP)	% Gravamen	Total (COP)
Molino	\$ 3.279.317	0,25	\$ 5.580.420	10	\$ 9.195.867,43
Rotaevaporador	\$ 6.565.200	0,25	\$ 5.580.420	10	\$ 12.818.553
Extractor Rotocell®	\$ 9.847.800	0,25	\$ 5.580.420	10	\$ 16.437.620
Deshidratador	\$ 48.268.500	0,25	\$ 5.580.420	10	\$ 58.796.441
Total					\$ 97.248.481

Fuente: elaboración propia.

Otros equipos se encuentran en el mercado nacional, se tabulan en la tabla 44

Tabla 43. Costos activos fijos tangibles equipos nacionales.

Equipos	Cantidad	Costos (COP)	Total (COP)
Tanque almacenamiento	3	\$1.750.000	\$5.250.000
Tanque mezclador	2	\$6.500.000	\$13.000.000
Enfriador	1	\$766.900	\$766.900
Total			\$19.016.900

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo como resultado que la inversión inicial destinada para los activos fijos tanto tangibles como intangibles es de \$ 231.769.419 (COP).

5.1.1.2 Activos fijos intangibles.

Capacitación al personal encargado del área de producción en el manejo de maquinaria y equipo así como el cuidado personal al usar elemento de protección tales como guantes, cofia, tapabocas. Gastos notariales, para el registro de la empresa. Registro invima con el fin de asegurar un colorante que beneficie la salud colectiva mediante el cumplimiento de normas sanitarias.

Tabla 44. Costos activos fijos intangibles.

Descripción	Precio (COP)	Precio con IVA (COP)	Total (COP)
Capacitación	\$ 1.000.000	\$ 1.190.000	\$ 1.190.000
Gastos notariales	\$ 2.703.613	\$ 3.337.794	\$ 3.337.794
Registro INVIMA	\$ 5.022.054	\$ 5.976.244	\$ 5.976.244
Total			\$ 11.423.387

Fuente: elaboración propia.

5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Hace referencia a los costos de materia prima que en este caso no representa una cantidad monetaria por qué parte del residuo mora de castilla, mano de obra se tiene en cuenta el organigrama de la empresa tanto su área productiva, administrativa y comercial, por último los insumos necesarios para la producción de colorante natural.

5.2.1 Mano de obra.

Tabla 45. Porcentajes de aportes y prestaciones

Costo	%
Salario	
Salud	8,5
Pensión	12,5
ARL	0,522
Parafiscales	9,0
Prima	8,33
Cesantías	8,33
Intereses cesantías	1
Vacaciones	4,17

Fuente: elaboración propia.

A partir de los porcentajes suministrados por la tabla 46 se obtiene los sueldos de los empleados que trabajan en la empresa.

Tabla 46. Costos mano de obra

Cargos	Cantidad	Sueldo (COP)	Total mes (COP)	Total anual (COP)
Cargos administrativos				
Gerente general	1	\$ 1.468.540	\$1.468.540	\$ 17.622.484
Contabilidad	1	\$ 928.116	\$ 928.116	\$ 11.137.392
Cargos comerciales				
Marketing y publicidad	2	\$ 828.116	\$1.656.232	\$ 19.874.784
Cargos de producción				
Jefe de producción	1	\$ 998.654	\$ 998.654	\$ 11.983.848
Operarios	3	\$ 828.116	\$2.484.348	\$ 29.812.176
Total			\$7.535.890	\$ 90.430.684

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 48 se observa la proyección del costo total de la nómina a 5 años con una tasa de aumento anual de salario mínimo legal vigente del 5%

Tabla 47. Proyección nomina 5 años.

Año	Nomina (COP)
2020	\$ 94.952.218
2021	\$ 99.699.829
2022	\$ 104.684.820
2023	\$ 109.919.061
2024	\$ 115.415.014

Fuente: elaboración propia.

5.2.2 Insumos. Para la producción del colorante natural es necesario los reactivos mencionados en la tabla 49. Consultados en la empresa elementos químicos Ltda. Ubicada en Bogotá –Cundinamarca.

Tabla 48. Insumos necesarios para la producción

Reactivos	Cantidad	Costo (COP)
Etanol	3.500 L	\$ 8.750.000
Ácido cítrico	1 kg	\$ 138.000
Hidróxido de sodio	5 L	\$ 48.000
Ácido acético glacial	5 L	\$ 63.000
Cloruro de potasio	1 kg	\$ 141.198
Acetato de sodio	1 kg	\$ 150.000
	Total	\$ 9.290.198

Fuente: elaboración propia.

5.3 GASTOS ENERGÉTICOS

Se calcula el gasto energético de cada equipo utilizando la ecuación, su valor corresponde a pesos de KW/día, para este cálculo se tiene en cuenta el estrato que depende de la ubicación de la empresa en esta caso es dos lo cual equivale en \$/KWh a 479,964 ⁷⁰ catalogada en la modalidad industrial y comercial no residencial.

$$\frac{COP}{KWh} = Q(kw)/h * horas * 479,964 \frac{COP}{KWh} \quad \text{Ecuación 11}$$

⁷⁰ CODENSA. Tarifa de energía. [en línea]. [Consultado 22 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/es/personas/tarifas-energia-enel-codensa.html>

Tabla 49. Gastos energéticos asociado a equipos.

Equipos	Energía (KW)/h	Horas	Gasto energético diario(COP)	Gasto energético mensual (COP)
Deshidratador	1,8	48	\$ 41.469	\$ 663.502
Molino	1,5	0,16	\$ 115	\$ 230
Extracción	3	4	\$ 5.760	\$ 11.519
Rotaevaporador	24,6	2	\$ 23.614	\$ 47.228
Enfriador	18,6	-	-	\$ 8.927
Total			\$ 70.958	\$ 731.406

Fuente: elaboración propia.

La proyección de precios relacionados con el gasto energético de la empresa se estima con un incremento del 3,31% en el gasto energético anual, basando en el índice de precios al consumidor (IPC).

Tabla 50. Proyecciones de gasto energético.

Años	Gasto energético (COP)
2020	\$ 8.929.855
2021	\$ 9.197.751
2022	\$ 9.473.684
2023	\$ 9.757.894
2024	\$ 10.050.631

Fuente: elaboración propia.

5.4 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

La depreciación de los equipos se tiene en cuenta más adelante para el flujo de caja. Esta depreciación total de los equipos se estableció mediante un modelo lineal en el cual se determinó un tiempo de depreciación de 5 años, tiempo al cual está especificado el proyecto.

Tabla 51. Depreciación total anual de los equipos.

Equipos	Depreciación anual (COP)
Molino	\$ 1.839.173
Rotaevaporador	\$ 2.563.711
Extractor Rotocell®	\$ 3.287.524
Tanque almacenamiento	\$ 700.000
Tanque mezclador	\$ 2.600.000
Deshidratador	\$ 11.759.288
Vehículo	\$ 5.700.000
Enfriador	\$ 153.380
Total	\$ 28.603.076

Fuente: elaboración propia.

5.5 PRECIO COMERCIAL

Se estima que el precio de un lote de colorante natural producido a partir de la extracción de antocianinas obtenidos del residuo mora de castilla tendrá un costo de \$ 67.872.950 (COP) en el mes se producen 4 lotes, en total se tendría \$ 271.491.800 (COP) nuestra cantidad mínima de venta será 1L con un valor de \$ 437.890 (COP) obteniendo una ganancia de \$ 12.601.390(COP) para el año 2020.

5.6 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Se realizara una planificación de los costes del proyecto, se analizar su viabilidad desde el punto de vista económico, lo que significa la capacidad que tendrá la empresa para hacer frente a los pagos. Esto se realiza mediante el cálculo y análisis del flujo de caja, su proyección se realiza a 5 años (2020-2024).

5.6.1 Flujo de caja. Proyecta los resultados obtenidos en cuanto a las inversiones en activos fijos tangibles e intangibles, capital de trabajo, impuestos, ingresos, etc. Esta es la herramienta más importante de la evaluación financiera puesto que determina la viabilidad del proyecto.

- Para determinar el incremento en el precio de venta del producto se fijan una metas es por ello que su aumento anual será del 15%.
- El incremento anual en el gasto de reactivos utilizados en la producción de colorante natural a base de antocianinas tendrá en cuenta el (IPC) este valor es de 3.31%.
- El incremento anual en el costo de arrendamiento bodega para las respectivas proyecciones será del 3,31% según el IPC.

- Para las proyecciones es necesario tener en cuenta el impuesto de renta y complementarios que es del 33% ⁷¹

Tabla 52. Flujo de caja

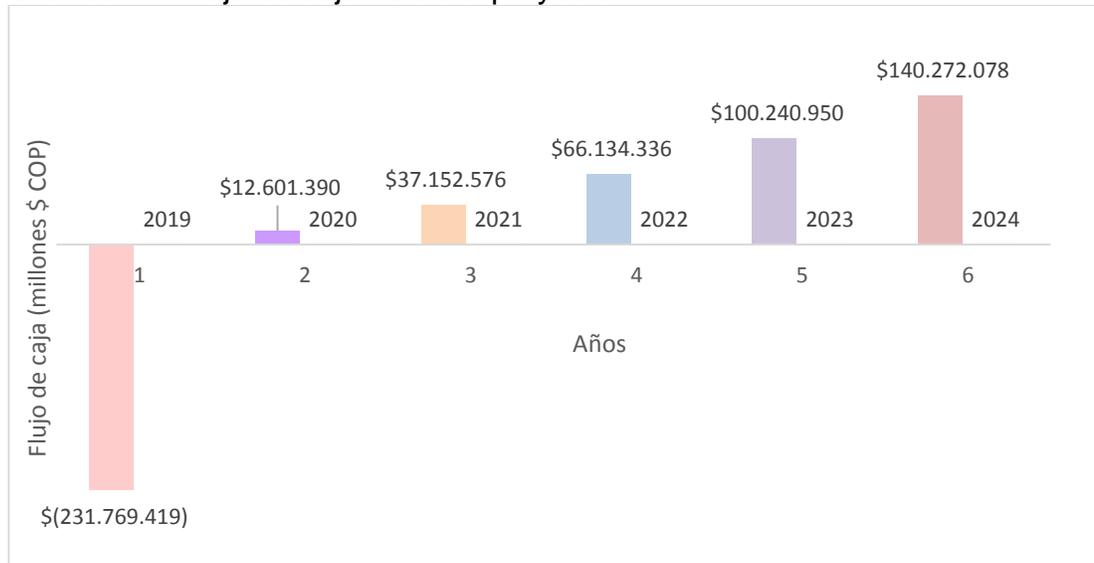
Descripción	Años					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos operacionales						
Ventas (COP)		\$312.215.570	\$359.047.906	\$412.905.091	\$474.840.855	\$546.066.983
Total de ingresos(COP)		\$312.215.570	\$359.047.906	\$412.905.091	\$474.840.855	\$546.066.983
Costos operacionales						
Gastos de capital						
Activos fijos tangibles						
Máquinas y equipos	\$116.265.311					
Vehículos	\$57.000.000					
Bodega	\$48.000.000	\$49.440.000	\$50.923.200	\$52.450.896	\$54.024.423	\$55.645.156
Total de costos	\$221.265.311	\$49.440.000	\$50.923.200	\$52.450.896	\$54.024.423	\$55.645.156
Activos fijos intangibles						
Capacitaciones	\$1.190.000					
Gastos notariales	3.337.794					
Registro INVIMA	\$5.976.244					
Total gastos capital(COP)	\$10.504.038					
Gastos operativos						
Materia prima (COP)		\$111.482.376	\$115.172.443	\$118.984.650	\$122.923.042	\$126.991.795
Servicios (COP)		\$8.929.855	\$9.197.751	\$9.473.684	\$9.757.894	\$10.050.631
Nomina (COP)		\$94.952.218	\$99.699.829	\$104.684.820	\$109.919.061	\$115.415.014
Depreciación (COP)		\$28.603.076	\$28.603.076	\$28.603.076	\$28.603.076	\$28.603.076
Total gastos operativos (COP)		\$243.967.526	\$252.673.099	\$261.746.231	\$271.203.074	\$281.060.517
Impuesto renta y complementarios 33%		\$6.206.655	\$18.299.030	\$32.573.628	\$49.372.408	\$69.089.233
	\$231.769.419					
Flujo neto (COP)	-\$231.769.419	\$12.601.390	\$37.152.576	\$66.134.336	\$100.240.950	\$140.272.078

Fuente: elaboración propia.

⁷¹ CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1819. (29, diciembre, 2016). Por la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D. C., 2016. Art. 100.

A continuación, se presenta una gráfica con los datos obtenidos del flujo de caja neto.

Grafica 11. Flujo de caja neto del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

Para calcular el periodo de recuperación de la inversión, es decir, el tiempo que se demore en recuperar el dinero invertido o “*Período de Payback*”, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Periodo de payback} = \frac{\text{Periodo ultimo con flujo acumulado negativo}}{\text{valor absoluto del ultimo flujo acumulado negativo}} + \frac{\text{valor absoluto del ultimo flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del flujo de caja en el siguiente periodo}}$$

A partir de esto podemos afirmar que nuestro periodo de payback es de 4,16 lo que indica que la inversión será recuperada después del sexto año, es importante su cálculo porque de esto dependerá su rentabilidad y qué tan riesgoso será llevarlo a cabo, entre menor sea el periodo de recuperación, menos riesgoso será el proyecto.⁷²

5.7 CRITERIOS DE EVALUACION DEL PROYECTO

Son herramientas que nos permite aceptar o rechazar un proyecto, se busca calcular si los ingresos que se obtienen son adecuados teniendo en consideración la inversión realizada.

Se evaluarán herramientas como la TIO (tasa interna de oportunidad), TIR (tasa interna de retorno), VPN (valor presente neto) con el objetivo de observar la

⁷² MONCAYO, Carolina. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback. [Citado 2019-07-23]. Disponible en: <https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-derecuperacion-de-la-inversion-o-payback/>

rentabilidad del proyecto, se intenta conocer que tanto se ha logrado cumplir los objetivos, también optar por cambios que se puedan realizar o bien su capacidad de cumplimiento.

5.7.1 Tasa interna de oportunidad (TIO). Hace referencia a la tasa de interés mínima a la que el inversor, está dispuesto a ganar al invertir en el proyecto. En un proyecto nuevo el cual se va a financiar con aportes de socios, la TIO, será la tasa de interés que se está ganando en el sitio donde se tiene depositado el capital. Para el cálculo de la TIO es necesario calcular un promedio de los indicadores económicos como el Crédito de Depósito a Término (CDT al año inmediatamente anterior de iniciar el proyecto), la Tasa Promedio de Captación del CDT conocida como DTF, además, se debe tener en cuenta una tasa subjetiva del inversor y la tasa de inflación reportada por el Banco de la república de Colombia. Por medio de la siguiente ecuación es posible calcular el valor de la Tasa Interna de Oportunidad⁷³

$$TIO = \frac{[CDT] + [DTF] + [Tasa\ inversor]}{3} \quad \text{Ecuación 12}$$

Se tienen en cuenta diferentes indicadores económicos, los cuales son: CDT (Crédito de depósito a Término), DTF (Tasa promedio de Captación del CDT), una tasa subjetiva del inversor y por último la tasa de inflación reportada por el Banco de la República de Colombia. Se calcula un promedio de CDT, un promedio de DTF y un promedio de inflación, después de esto se hace un ajuste para el CDT y el DTF el cual consiste en sumar el promedio del CDT al promedio de Inflación y para el DTF se hace exactamente lo mismo. Cabe aclarar que los promedios se sacan de un periodo de un año, en este caso del 1ro de enero del 2017 al 1ro de enero del 2018.⁷⁴

Tabla 53. Indicadores ajustados para la TIO.

Indicador	Promedio	Indicador ajustado
CDT(360)	6,73%	11,05%EA
DTF	6,01%	10,33%EA
Inflación	4,23%	4,32%EA

Fuente: elaboración propia.

⁷³ CHIVATA, Daniel y DUARTE, Camilo. Diseño Conceptual De Una Planta Para El Aprovechamiento De Caucho Molido De Neumáticos Usados a Partir De Pirólisis. Fundación universidad de América, 2018. p. 145

⁷⁴ MELO. Andrés y MORA, Andrés. Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (persea americana) variedad Lorena. Fundación universidad de América, 2018.p. 149

$$TIO = \frac{[11,05] + [10,33] + [15,37]}{3} = 12,25\%EA$$

5.7.2 Tasa interna de retorno (TIR). Mide la rentabilidad en porcentaje (%) del proyecto de inversión considerando la inversión, beneficios o ganancias del proyecto. Se presentan los criterios de evaluación de la TIR y su respectiva ecuación.⁷⁵

Criterios TIR: TIR > TIO es viable, se acepta en proyecto
 TIR < TIO no es viable, se rechaza el proyecto
 TIR = TIO es indiferente

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{BNt}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

BN= Beneficio neto del flujo en el periodo t.

TIR= Tasa interna de retorno.

I₀ = Inversión en el periodo 0.

$$0 = \frac{\$ 12.601.390}{(1 + TIR)^1} + \frac{\$ 37.152.576}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$ 66.134.336}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$ 100.240.950}{(1 + TIR)^4} + \frac{\$ 140.272.078}{(1 + TIR)^5} - \$ 231.769.419$$

$$TIR = 11,93\%$$

5.7.3 Valor presente neto (VPN). Fórmula financiera que nos permite determinar ganancias, perdidas del proyecto en algún momento, evaluado a una tasa de descuento (tasa de interés oportuno). Permite decidir si realizar la inversión durante un tiempo y a un costo de oportunidad estimado. A continuación se presentan criterios de evaluación y la ecuación para calcularlo.⁷⁶

Criterios VPN: VPN > 0 viable, se acepta el proyecto
 VPN < 0 no viable, se rechaza el proyecto
 VPN = 0 indiferente

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1 + TIO)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1 + TIO)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

Y_t = Flujo de ingresos del proyecto.

E_t = Flujo de egresos del proyecto.

⁷⁵ GONZÁLEZ, Oscar. Estudio Económico LI - Apuntes De La Materia Formulación Y Evaluación Proyectos / Ingeniería Financiera. Colombia: 2018

⁷⁶ Ibid

I_0 = Inversión inicial del proyecto.
TIO = Tasa interna de oportunidad.

$$VPN = \frac{\$ 12.601.390}{(1 + 12,25)^1} + \frac{\$ 37.152.576}{(1 + 12,25)^2} + \frac{\$ 66.134.336}{(1 + 12,25)^3} + \frac{\$ 100.240.950}{(1 + 12,25)^4} + \frac{\$ 140.272.078}{(1 + 12,25)^5} - \$ 231.769.419$$

$$VPN = -\$ 2.446.880$$

A partir de los datos obtenidos en los criterios de evaluación financiera el proyecto no resulta rentable, $TIR < TIO$ y $VPN < 0$, es por esto que decidimos realizar un análisis de sensibilidad para calcular un valor aproximado que deberá tener el colorante natural para que el proyecto sea viable.

5.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para que este proyecto sea viable es necesario aumentar los precios de venta del colorante natural en un 3% con el fin de que los criterios de evaluación del proyecto financiero arrojen un resultado aceptable.

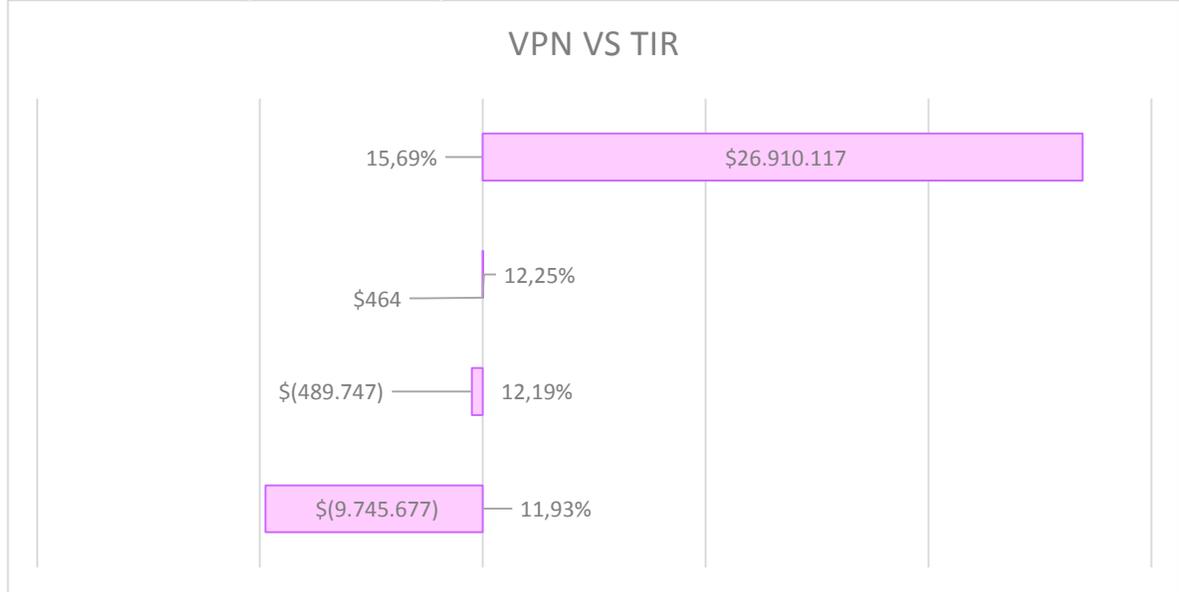
En la tabla 55 se presentan las iteraciones de precios del colorante natural con su respectivo TIR y VPN (COP)

Tabla 54. Variación criterios financieros de acuerdo al precio.

Venta lote	TIR	VPN (COP)
\$ 67.872.950	11,93%	-\$ 9.745.677
\$ 68.008.696	12,19%	-\$ 489.747
\$ 68.042.632	12,25%	\$ 464
\$ 69.909.139	15,69%	\$ 26.910.117

Fuente: elaboración propia.

Grafica 12. Comparación TIR y VPN.



Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos proporcionado por la tabla y la gráfica podemos afirmar que el precio de venta del colorante natural por lote es de \$ 69.909.139 (COP), el litro tendrá un costo de \$ 451.027 (COP) el valor de la TIR es de 15,69 % mayor al 12,25% del TIO, para confirmar esta información se obtiene el valor de VPN el cual es \$ 26.910.117(COP) mayor a cero, es decir, el proyecto es viable financieramente.

Tabla 55. Resumen evaluación financiera.

Costo del lote	\$ 69.909.139
Costo del litro	\$ 451.027
Ganancia	\$ 18.876.923
TIR	15,69%
TIO	12,25%
VPN	\$ 26.910.117
PR	3,86

Fuente: elaboración propia.

La evaluación económica de proyectos a pesar de requerir de una extensa recopilación de información, manejo y análisis de la misma, ofrece resultados simples y de fácil interpretación, tales como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y rendimiento sobre la inversión, los cuales fueron empleados en este capítulo; estos indicadores facilitan en gran medida la toma de decisiones, que para nuestro caso se enfocan en la factibilidad financiera de un

proyecto enfocado en la producción de un colorante natural a partir del residuo mora de castilla.

Esta idea de negocios es factible de acuerdo a lo mencionado en los criterios de evaluación financiera, no existe un competidor potencial productor y distribuidos de este colorante natural, el precio es elevado en comparación al colorante sintético sin embargo, brinda beneficios a la salud, proporciona valor agregado al residuo de mora y proporciona color agradable al alimento en el cual fue incorporado. Cabe resaltar que las ganancias generadas son atractivas y su periodo de recuperación es mínimo.

6. CONCLUSIONES

- Para los tres métodos de extracción empleados en este proyecto, se identificó que la extracción soxhlet es el más adecuado, porque proporciona un extracto con mayor cantidad de antocianinas totales y además su rendimiento es mejor en comparación con el ultrasonido, teniendo en cuenta que el etanol al 96% que se recuperó de esta extracción puede ser reutilizado para posteriores extracciones. Es importante controlar la temperatura durante el proceso de extracción y purificación, además de garantizar un pH del residuo inferior a 3.
- El colorante natural se debe almacenar en envases ámbar a una temperatura de 4 °C, mantener un pH inferior a 3 y no exponer a luz directa, esto con el fin de garantizar la calidad del colorante evitando la degradación de las antocianinas componente principal que genera el color característico del pigmento. Se logró identificar la pigmentación del colorante en un producto alimenticio como lo es el yogurt natural, pasado un mes en análisis de estabilidad del color, hay degradación del pigmento que se verifica cualitativamente por espectrofotometría, esto se debe al pH del yogurt de 4,5 factor que no favorece la estabilidad del colorante natural.
- Fueron seleccionados los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de extracción de antocianinas para la producción de un colorante natural mediante el método soxhlet (sólido - líquido), para su escalamiento a nivel industrial se utiliza tres tanques de almacenamiento, dos tanques mezcladores, deshidratador, molino, extractor rotocell, rotaevaporador y enfriador.
- Para que el proyecto sea viable financieramente fue necesario realizar un análisis de sensibilidad y darle un precio de venta al colorante natural de \$451.027(COP) por litro, a partir de este valor la Tasa Interna de Retorno (15,69%) es mayor a la Tasa Interna de Oportunidad (12,25%). Teniendo en cuenta la importación de equipos, insumos, mano de obra, gastos energéticos proyectados a 5 años. La ganancia obtenida anualmente será de \$18.876.923(COP).
- Se obtuvo un colorante antociánico de origen natural con poder de tinción comprobado a partir de la incorporación del mismo en un producto alimenticio, donde se realizó un escalamiento a nivel industrial, seleccionando los equipos adecuados para su producción y se lleva a cabo una evaluación financiera que determina la aceptación del proyecto.

7. RECOMENDACIONES

- Para garantizar la calidad del colorante natural es necesario hacer pruebas microbiológicas y toxicológicas, cómo está destinado a productos alimenticios este proceso es de vital importancia, también es necesario realizar una última operación unitaria de secado para pulverizar el colorante, con el fin de mejorar su calidad y presentación.
- Validar la aplicación del proceso de extracción asistida por microondas, debido a que en este proyecto no se obtuvieron los mejores resultados pero según la revisión bibliográfica este es un método efectivo para la extracción de antocianinas.
- Realizar la evaluación técnico-financiera para el proceso de extracción soxhlet con etanol al 96% de la muestra residuo de mora previamente secada, triturada y tamizada, para realizar una comparación con los resultados presentados en este proyecto.
- Realizar un estudio de mercado del colorante natural antociánico en Colombia con el fin de obtener datos de oferta y demanda del producto.
- Evaluar la pigmentación del colorante natural en otros productos alimenticios con un pH inferior al yogurt natural y realizar pruebas de estabilidad, para revisar el comportamiento del pigmento.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE NOTICIAS UNIVERSIDAD NACIONAL, Residuo de mora y aguacate una nueva alternativa para la industria [en línea]. [Consultado el 13 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/residuos-de-mora-y-aguacate-con-potencial-para-la-industria-farmaceutica/35521>

AGROPROYECTOS. Activos fijos, diferidos y capital de trabajo [en línea]. [Consultado el 07 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.agroproyectos.org/activo-fijo-diferido-y-capital-de-trabajo/>

ALBERCA, Diana. Condiciones favorables para la extracción de antocianinas a partir de la sachapapa morada {dioscérea trifida l) mediante un equipo soxhlet [en línea]. [Consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3003>

ALIBABA. Deshidratador de bandejas [en línea]. [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-hot-air-tray-dryer-60429893034.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.37f82c3bH8BNDV

ALIBABA. Extractor de aceite [en línea] [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/soybean-extractor-manual-oil-extractor-rotocel_60765406568.html?spm=a2700.7724838.2017115.31.586b36d55BLbfQ

ALIBABA. High quality vacuum evaporator alcohol [en línea] [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-vacuum-evaporator-alcohol_62087290189.html?spm=a2700.7724838.2017115.14.0.5280354fvt429g

ALIBABA. Molino de martillo [en línea] [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/good-price-high-efficiency-molino-de_60766929946.html?spm=a2700.7724838.2017121.5.40d82490QqcGBj

ALIBABA. Tanque mezclador [en línea]. [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000L-Stainless-steel-steam-heating-agitation-6-078-1798605.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.41.6edb5d68qXMGdi&s=p>

ALIBABA. Tanque de agua de acero inoxidable [en línea]. [Consultado el 06 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Vertical-Type-1000-Liter-62-060671-212.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.10.14c0733eB0KOYE&s=p>

ALKOSTO. Congelador horizontal challenger [en línea]. [Consultado el 13 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.alkosto.com/congelador-horizontal-challenger-152-lt->

AYALA, Leidy. VALENZUELA, Claudia. Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de castilla (*Rubus glaucus* BENTH) [en línea]. [Consultado el 12 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/download/29/29>.

BELMONTE, Luis. ARROYO, Ismael. Colorantes artificiales en alimentos [en línea]. [Consultado el 22 de julio de 2019]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>

CALDAS, Adriana. Universidad de cuenca [en línea]. [Consultado el 18 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>

CATARINA. Extracción de la antocianina [en línea] [Consultado el 13 de diciembre de 2018]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/capitulo6.pdf

CEDEÑO, Silvana. Efecto de los diferentes procesos de secado en los compuestos bioactivos de murtila (*Ugni molinae* Turcz) y su bioaccesibilidad [en línea]. [Consultado el 15 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/egc389e/doc/egc389e.pdf>

CHÁVEZ, Ronald y ORDOÑEZ, Elizabeth. Polifenoles Totales, Antocianinas y Capacidad Antioxidante (DPPH y ABTS) durante el procesamiento del licor y polvo de cacao [en línea]. [Consultado el 12 de abril de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4814490>

CHIVATA, Daniel; DUARTE, Camilo. Diseño Conceptual De Una Planta Para El Aprovechamiento De Caucho Molido De Neumáticos Usados a Partir De Pirólisis. Fundación universidad de América, 2018. p. 145

CIENCIAS AMBIENTALES. Determinación del contenido graso de leche en polvo: extracción soxhlet. 2004 [en línea]. [Consultado el 05 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

CODENSA. Tarifa de energía [en línea]. [Consultado el 12 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/es/personas/tarifas-energia-enel-codensa.html>

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1819. (29, diciembre, 2016). Por la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D. C., 2016. Art. 100.

CRUZ, Nieves. NIÑO, Katiushka. VERDE, Maria. RIVAS, Catalina. ORANDAY, Azucena. NÚÑEZ, Adriana. MORALES, Eufemia. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schldl (zarzamora) [en línea]. [Consultado el 13 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a7.pdf>

CULTIVO DE MORA [en línea]. [Consultado el 15 de noviembre de 2018]. Disponible en: internet: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm#inicio>

DANE, El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glucus* Benth) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana [en línea]. [Consultado 25 de julio de 2019]. disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf

EQUIPO DE PROFESORES DEL CENTRO DE DOCUMENTACION. Procesos en la industria alimentaria [en línea]. [Consultado el 12 de marzo de 2018]. Disponible en: https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/207/TEMA%20MUESTRA.pdf

FACULTAD CIENCIAS. Extracción sólido-líquido y recuperación del disolvente: obtención de aceite de girasol [en línea]. [Consultado el 07 de febrero de 2019]. Disponible en http://fciencias.ugr.es/practicasdcentes/wp_content/uploads/guiones/ExtraccionSolidoLiquido.pdf

FLORES, Edilberto. Extracción de Antioxidantes de las Bayas del Sauco (*Sambucus nigra* L. subsp. *peruviana*) con Ultrasonido, Microondas, Enzimas y Maceración para la obtención de Zumos Funcionales [en línea]. [Consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100012

GARCIA, Jares. Microwave-Assisted Extraction [en línea]. [Consultado el 13 de marzo de 2019]. Encyclopedia of Analytical Science, 2005, Pages 584-591 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14442-7>

GARZÓN, Gloria. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión alimentaria [en línea]. [Consultado el 03 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>

GONZÁLEZ, Oscar. Estudio Económico LI - Apuntes De La Materia Formulación Y Evaluación Proyectos / Ingeniería Financiera. Colombia: 2018

GRAS, Claudia. CARLE, Reinhold. Determination of anthocyanins from black carrots by UHPLC-PDA after ultrasound-assisted extraction. [En línea]. [Consultado el 19 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.08.011>

GRIJALBA, Carlos. Rendimiento y calidad de dos materiales de mora de castilla (*rubus glaucus benth.*): con espinas y sin espinas cultivadas a campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia) [en línea]. [Consultado el 03 de diciembre de 2018] (2009). Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/903/Grijalba%20Carlos2009.pdf;jsessionid=BA363A0E8964FB84CB01BCFA7BE3B2DE?sequence=1>

HERRERA, Ximena. RODRIGUEZ, Karen. Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (*vaccinium meridionale swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. [en línea]. [Consultado el 05 de enero de 2019]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN9789588585673 153 p.

JIMÉNEZ, Edith. MARTÍNEZ, Nuria. ESPINOSA, Héctor. CARRANZA, José. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) y su actividad antioxidante cacao. [en línea]. [Consultado el 04 de diciembre de 2018] vol.50 no.4 México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000400403

LOPEZ, Camilo. DENICOLA, Ana. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. [en línea] [Consultado el 05 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000326701201728X?via%3Dihub>

LOPEZ, Paula. Mejoramiento en el rendimiento de la extracción de café de la empresa de café S.A. [en línea]. [Consultado el 12 de abril de 2019] (2003). Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/1153/1/paulaandrea_lopez_carmona.2003.pdf

MARIN, Silvia. MEJIA, Laura. Extracción de colorante a partir de la flor de Jamaica [en línea]. [Consultado el 13 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://ribuni.uni.edu.ni/619/1/37975.pdf>

MARTÍNEZ, Alejandro. Flavonoides [en línea]. [Consultado el 06 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/3200170-Flavonoides-alejandro-martinez-m-quimico-m-sc-doctor-en-ciencias-facultad-de-quimica-farmaceutica-universidad-de-antioquia.html>

MARTINEZ, Nieves. AREVALO, Katiushka. VERDE, Maria. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl (zarzamora) [en línea]. [Consultado el 05 de diciembre de 2018]. Volumen: 42. Numero: 4. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a7.pdf>

MELO, Andrés; MORA, Andrés. Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (persea americana) variedad Lorena. Fundación universidad de América, 2018.p. 149

MELOA, Laura. BERNAL, Luisa. Evaluación de las propiedades antioxidantes y el perfil aromático durante la maduración de la mora (*Rubus glaucus* Benth) y el arándano (*Vaccinium meridionale* Swartz) [en línea]. [consultado el 19 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42649>

MONCAYO, Carolina. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback [en línea]. [Consultado el 15 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-derecuperacion-de-la-inversion-o-payback/>

MUÑOZ, Ana. RAMOS, Fernando. YAÑEZ, Jaime. Antocianinas, polifenoles, actividad anti-oxidante de sachapapa morada (*dioscorea trifida* L.) y evaluación de lipoperoxidación en suero humano [en línea]. [Consultado el 17 de febrero de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100007

NORIEGA, Paco. COBA, Pablo. NAIKIAI, Joselito. ABAD, Juan. Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenido a partir del exocarpo del fruto de *Renealmia Alpinia* [en línea]. [Consultado el 15 de enero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318391747Extraccion_pruebas_de_estabilidad_y_analisis_quimico_preliminar_de_la_fraccion_colorante_obtenido_a_partir_del_exocarpo_del_fruto_de_Renealmia_Alpinia

PAES, Juliana; DOTTA, Raquel. MARTÍNEZ, Julián. Extraction of phenolic compounds from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO₂ and pressurized water [en línea]. [Consultado el 22 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.nupeg.ufrn.br/prosciba/prosciba2013/Papers/T2-22.pdf>

PARRA, Veronica. Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico [en línea].

[Consultado el 13 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fap259e/pdf/fap259e.pdf>

PUERTAS, Miguel. RIOS, Yersica. Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia [en línea]. [Consultado el 01 de abril de 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200012

RAMÍREZ, Martha, ROJAS, Norma y CORREA, Lady. Obtención de un colorante natural alimentario de mora de castilla. Diciembre 2006 Volumen 2, Número 2, p.115-130 [en línea]. [Consultado el 05 de marzo de 2019]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/260

REIN, Maarit. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Academic dissertation. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division [en línea]. [Consultado el 08 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/39b5/0e7a118ade7e5553f50e243443b18f6aa728.pdf>

ROTAEVAPORADOR [en línea] [Consultado el 13 de enero de 2019]. Disponible en: <https://avanzagroup.com.co/rotaevaporador-instrumento-de-destilacion-rotatorio-asociado-a-un-bano-maria-que-es-usado-principalmente-en-laboratorios-de-sintesis-quimicas/>

SANCHEZ, Juan. La química del color en los alimentos. [en línea]. [Consultado el 22 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

SILVA, Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology [en línea]. [Consultado el 05 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2007.01.008>

ULLOA, María. El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería. [en línea]. [Consultado el 25 de julio de 2019] disponible en: http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUA_EXCOMESC001-2018.pdf

ZA, Fernanda. Línea base de la calidad de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en su cadena alimentaria. [en línea]. [Consultado el 16 de julio de 2019]. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00082.pdf>

ZAPATA, Luz. HEREDIA, Ana. QUINTEROS, Carlos. MALLERET, Antonio. CLEMENTE, Gabriela. CÁRCEL, Juan. Optimización de la extracción de

antocianinas de arándanos. [en línea]. [Consultado el 07 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14532635008.pdf>

ZAPATA, Marina. Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria [en línea]. [Consultado el 13 de diciembre de 2018]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20\(1\).PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20(1).PDF?sequence=21)

ANEXOS

ANEXO A. CONDICIONES DE RECOLECCIÓN DEL RESIDUO.

El residuo de mora se recolecta en las instalaciones del restaurante el búho, establecimiento localizado en el occidente de la ciudad, la recolección se realiza semanalmente durante un mes, en donde se procesan 2 kg de mora de castilla, esto quiere decir que se obtiene aproximadamente 1 kg de residuo cada semana. Antes de realizar el procesamiento del fruto se verifica en el restaurante el estado de madurez del mismo, ya que este es un factor que interviene en la calidad del residuo, además las industrias procesadoras de mora procesan el fruto en grado de madurez 5 y 6 para mejorar el rendimiento en la producción, evitando la fermentación temprana del mismo.⁷⁷

Estado de madurez de la mora de castilla.



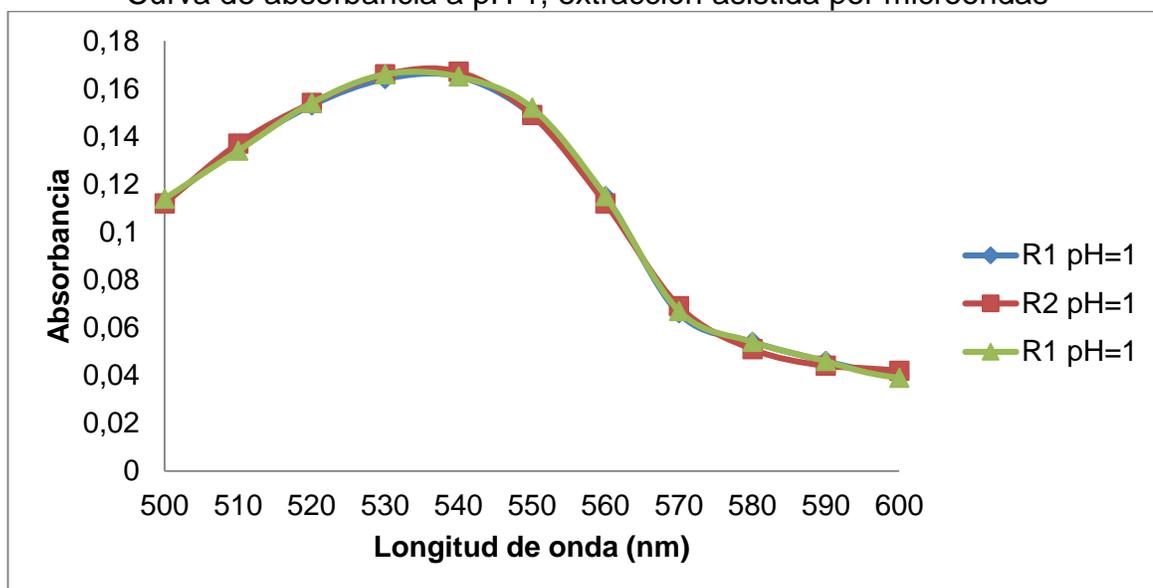
⁷⁷ IZA, Fernanda. Línea base de la calidad de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en su cadena alimentaria. [en línea]. (2016). Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00082.pdf>

ANEXO B.
RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS.

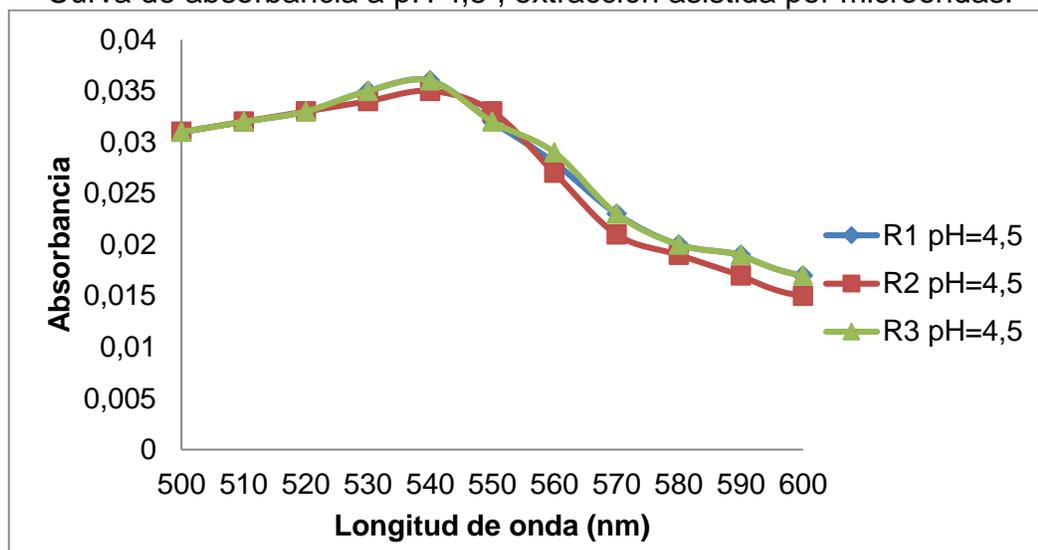
Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto concentrado, por microondas.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,113	0,031	0,112	0,031	0,114	0,031
510	0,135	0,032	0,137	0,032	0,134	0,032
520	0,153	0,033	0,154	0,033	0,154	0,033
530	0,164	0,035	0,166	0,034	0,166	0,034
540	0,165	0,036	0,167	0,035	0,165	0,035
550	0,149	0,032	0,149	0,033	0,152	0,033
560	0,115	0,028	0,112	0,027	0,115	0,027
570	0,066	0,023	0,069	0,021	0,067	0,021
580	0,054	0,020	0,051	0,019	0,054	0,019
590	0,046	0,019	0,044	0,017	0,046	0,017
600	0,040	0,017	0,042	0,015	0,039	0,015
700	0,014	0,009	0,014	0,009	0,012	0,009

Curva de absorbancia a pH 1, extracción asistida por microondas



Curva de absorbancia a pH 4,5 , extracción asistida por microondas.



Contenido de antocianinas totales y monoméricas, extracción asistida por microondas.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	130,452	132,556	132,556
A. totales	158,856	159,909	160,961

ANEXO C.
MUESTRA DE CÁLCULO PARA EL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN.

$$\rho_{Ex} = \frac{5,084 \text{ g}}{4,971 \text{ ml}} = 1,023 \text{ g/ml}$$

$$m_{Ex} = 15,054 - 9,969 = 5,084 \text{ g}$$

$$V = \frac{4,971 \text{ g}}{1 \text{ g/ml}} = 4,971 \text{ ml}$$

$$m_{H_2O} = 14,941 - 9,969 = 4,971 \text{ g}$$

$$m \text{ extracto seco} = 1,023 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * 18,5 \text{ ml} = 18,919 \text{ g}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{18,919 \text{ g}}{26,6 \text{ g}} * 100\% = 71,124\%$$

ANEXO D.
TABLAS DE ABSORBANCIAS A PH 1 Y PH 4,5

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto concentrado por extracción soxhlet con etanol al 96%.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,602	0,181	0,598	0,180	0,594	0,181
510	0,708	0,194	0,707	0,193	0,708	0,195
520	0,795	0,205	0,797	0,203	0,792	0,203
530	0,856	0,209	0,858	0,208	0,852	0,209
540	0,857	0,210	0,859	0,209	0,857	0,209
550	0,761	0,199	0,762	0,199	0,760	0,200
560	0,588	0,179	0,594	0,177	0,590	0,175
570	0,375	0,155	0,381	0,153	0,380	0,155
580	0,215	0,128	0,215	0,129	0,219	0,127
590	0,117	0,109	0,115	0,109	0,120	0,11
600	0,071	0,091	0,070	0,091	0,075	0,092
700	0,010	0,013	0,010	0,013	0,013	0,013

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antocianico, por extracción soxhlet con etanol recuperado.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,529	0,179	0,529	0,177	0,518	0,178
510	0,629	0,187	0,630	0,186	0,618	0,186
520	0,715	0,192	0,712	0,192	0,701	0,193
530	0,774	0,199	0,770	0,199	0,761	0,198
540	0,776	0,201	0,772	0,200	0,772	0,200
550	0,693	0,196	0,686	0,195	0,684	0,195
560	0,531	0,183	0,528	0,181	0,528	0,182
570	0,337	0,161	0,335	0,161	0,335	0,161
580	0,185	0,139	0,182	0,139	0,182	0,138
590	0,093	0,112	0,092	0,111	0,092	0,111
600	0,054	0,088	0,054	0,087	0,054	0,086
700	0,004	0,011	0,006	0,011	0,006	0,011

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por extracción soxhlet con etanol al 85%.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,410	0,238	0,406	0,239	0,400	0,238
510	0,478	0,287	0,479	0,287	0,473	0,285
520	0,541	0,327	0,539	0,328	0,534	0,326
530	0,584	0,356	0,582	0,357	0,577	0,357
540	0,587	0,358	0,584	0,358	0,579	0,357
550	0,531	0,322	0,527	0,321	0,521	0,321
560	0,418	0,248	0,412	0,248	0,410	0,245
570	0,277	0,155	0,272	0,155	0,266	0,154
580	0,164	0,085	0,159	0,084	0,154	0,083
590	0,098	0,041	0,090	0,041	0,087	0,042
600	0,065	0,020	0,058	0,020	0,054	0,021
700	0,027	0,001	0,021	0,002	0,018	0,002

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por extracción soxhlet con etanol al 75%.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,216	0,044	0,215	0,041	0,200	0,041
510	0,258	0,046	0,255	0,044	0,242	0,044
520	0,291	0,048	0,290	0,047	0,280	0,047
530	0,315	0,049	0,311	0,048	0,305	0,048
540	0,314	0,050	0,313	0,048	0,313	0,048
550	0,282	0,048	0,280	0,047	0,280	0,046
560	0,221	0,045	0,220	0,044	0,218	0,044
570	0,142	0,040	0,141	0,040	0,140	0,038
580	0,082	0,034	0,081	0,034	0,079	0,032
590	0,046	0,028	0,043	0,027	0,040	0,027
600	0,028	0,022	0,027	0,022	0,025	0,021
700	0,007	0,001	0,007	0	0,005	0

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por ultrasonido con etanol al 96%.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,829	0,157	0,828	0,154	0,829	0,152
510	0,997	0,166	1,000	0,163	0,994	0,160
520	1,130	0,172	1,132	0,169	1,129	0,166
530	1,226	0,179	1,225	0,173	1,224	0,172
540	1,237	0,181	1,235	0,175	1,231	0,174
550	1,106	0,177	1,105	0,172	1,104	0,170
560	0,831	0,164	0,834	0,159	0,838	0,157
570	0,524	0,150	0,524	0,145	0,520	0,143
580	0,279	0,135	0,279	0,128	0,276	0,128
590	0,137	0,121	0,135	0,115	0,136	0,113
600	0,073	0,103	0,074	0,102	0,071	0,098
700	0,005	0,028	0,006	0,026	0,007	0,026

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por ultrasonido con etanol recuperado.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,641	0,178	0,645	0,178	0,653	0,175
510	0,779	0,185	0,781	0,185	0,787	0,184
520	0,891	0,192	0,891	0,192	0,904	0,189
530	0,975	0,193	0,972	0,193	0,987	0,191
540	0,982	0,195	0,979	0,195	0,996	0,192
550	0,880	0,188	0,875	0,188	0,894	0,185
560	0,671	0,176	0,667	0,176	0,687	0,172
570	0,414	0,154	0,411	0,154	0,431	0,155
580	0,216	0,138	0,216	0,138	0,235	0,135
590	0,097	0,123	0,097	0,123	0,116	0,119
600	0,045	0,102	0,046	0,102	0,066	0,101
700	0,003	0,024	0,004	0,024	0,017	0,022

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por ultrasonido con etanol al 85%.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,344	0,137	0,340	0,138	0,344	0,139
510	0,409	0,141	0,403	0,144	0,408	0,143
520	0,463	0,141	0,458	0,144	0,462	0,145
530	0,501	0,144	0,496	0,147	0,500	0,148
540	0,502	0,146	0,496	0,148	0,502	0,149
550	0,449	0,137	0,442	0,138	0,449	0,139
560	0,348	0,125	0,340	0,128	0,347	0,127
570	0,225	0,111	0,217	0,114	0,224	0,113
580	0,126	0,099	0,121	0,099	0,126	0,100
590	0,071	0,088	0,064	0,088	0,070	0,089
600	0,045	0,078	0,040	0,078	0,042	0,078
700	0,023	0,014	0,014	0,014	0,021	0,014

Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto antociánico, por ultrasonido con etanol al 75%.

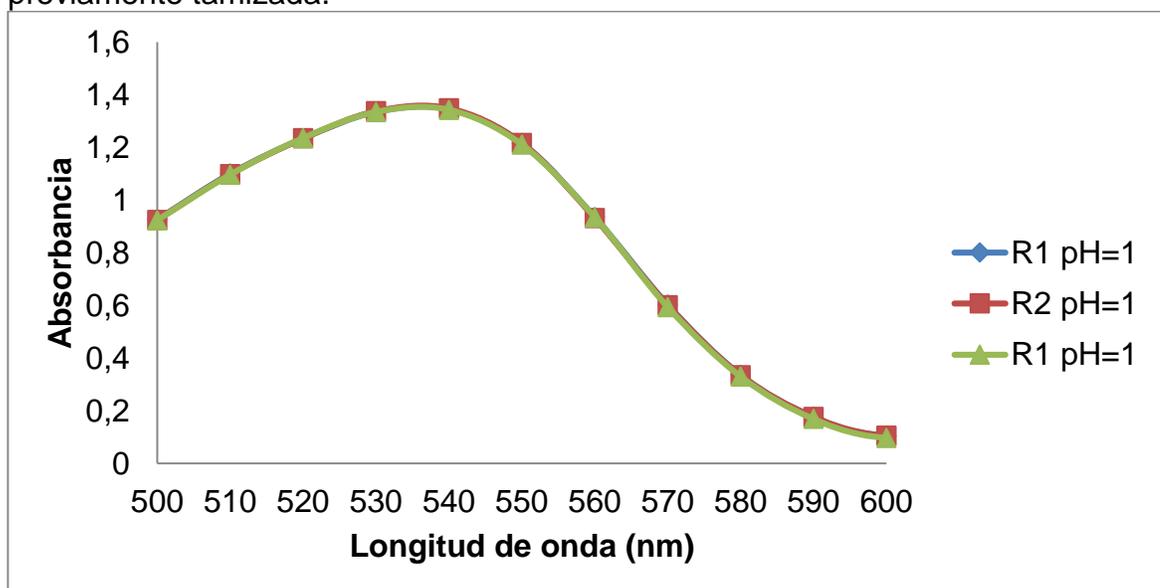
λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,123	0,042	0,107	0,040	0,106	0,040
510	0,145	0,047	0,131	0,045	0,131	0,046
520	0,163	0,054	0,153	0,051	0,152	0,052
530	0,174	0,059	0,167	0,058	0,166	0,058
540	0,175	0,060	0,169	0,059	0,168	0,059
550	0,154	0,055	0,149	0,055	0,149	0,056
560	0,115	0,049	0,112	0,049	0,110	0,048
570	0,066	0,040	0,064	0,041	0,062	0,041
580	0,054	0,030	0,052	0,029	0,053	0,028
590	0,046	0,026	0,045	0,025	0,043	0,024
600	0,040	0,022	0,038	0,022	0,037	0,020
700	0,014	0,005	0,012	0,005	0,011	0,004

ANEXO E.
RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN SOXHLET CON EL RESIDUO TAMIZADO.

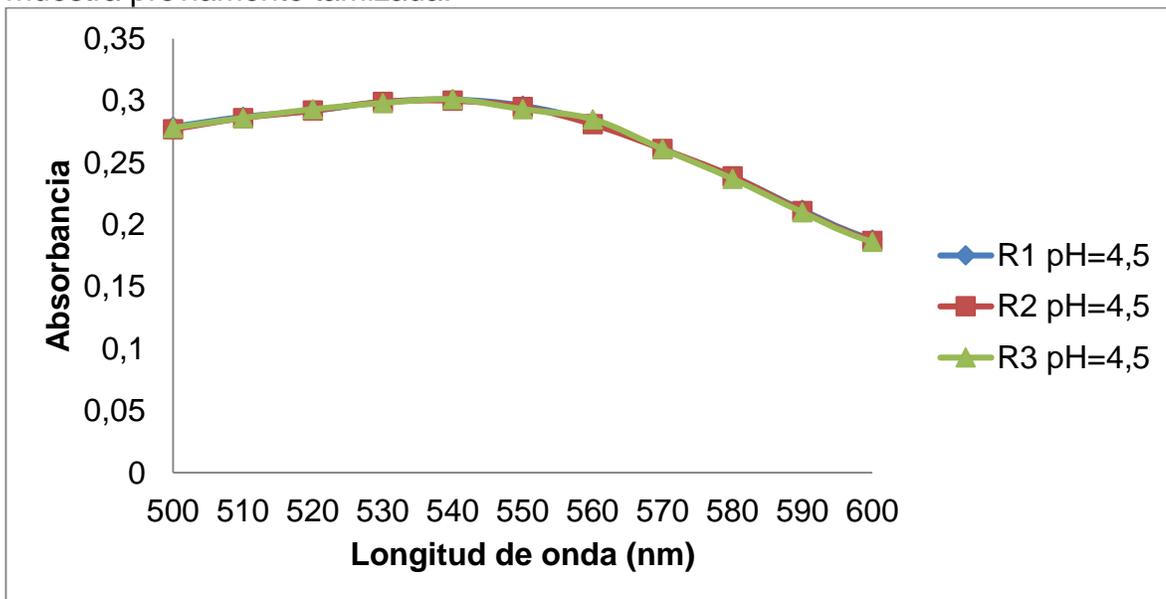
Lectura de absorbancias a pH 1 y pH 4.5 del extracto concentrado por extracción soxhlet con etanol al 96%, de la muestra previamente tamizada.

λ (nm)	Absorbancia					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5	pH 1	pH 4,5
500	0,927	0,279	0,925	0,277	0,924	0,278
510	1,101	0,287	1,099	0,286	1,097	0,286
520	1,235	0,292	1,235	0,292	1,236	0,293
530	1,336	0,299	1,338	0,299	1,335	0,298
540	1,346	0,301	1,349	0,300	1,343	0,301
550	1,217	0,296	1,217	0,295	1,211	0,293
560	0,936	0,283	0,932	0,281	0,935	0,285
570	0,603	0,261	0,601	0,261	0,594	0,261
580	0,336	0,239	0,335	0,239	0,333	0,237
590	0,176	0,212	0,177	0,211	0,169	0,210
600	0,105	0,188	0,105	0,187	0,097	0,186
700	0,011	0,011	0,016	0,011	0,010	0,011

Curva de absorbancia a pH 1, extracción soxhlet con etanol al 96%, de la muestra previamente tamizada.



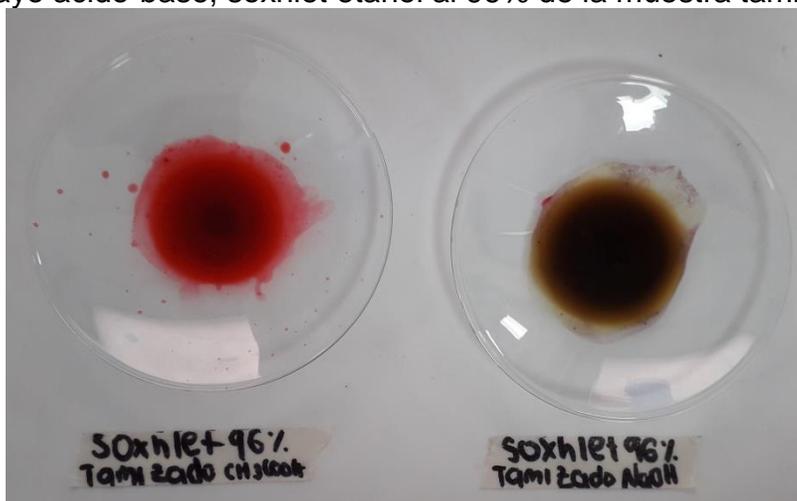
Curva de absorbancia a pH 4,5, extracción soxhlet con etanol al 96%, de la muestra previamente tamizada.



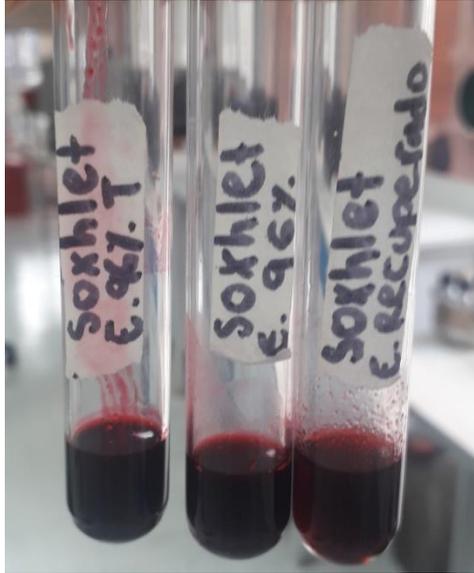
Contenido de antocianinas totales y monoméricas por extracción soxhlet con etanol al 96%, de la muestra previamente tamizada.

Antocianinas	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
A. monoméricas	2268,543	2266,373	2264,202
B. totales	2898,091	2893,750	2893,750

Ensayo acido-base, soxhlet etanol al 96% de la muestra tamizada.



Comparacion de tonalidad de la extraccion con muestra tamizada.



**ANEXO F.
FICHA TÉCNICA DEL COLORANTE ARTIFICIAL ALLURA.**

		FT-NVC-CMR-14		VERSION 0
		FICHA TÉCNICA COLORANTE LAVANYA ALLURA RED		
PRODUCTO: COLORANTE ALLURA RED		CODIGO DEL PRODUCTO NO: 010 P 02 04		
FORMÚLA EMPÍRICA	: C ₁₈ H ₁₄ N ₂ Na ₂ O ₈ S ₂	CAS NO	: 25956-17-6	
NOMBRE C.I.	: FOOD RED 17	C.I. NO	: 16035	
ESTADO EC	: E 129	EINECS NO	: 247-368-0	
ESTADO FDA	: FD & RED 40	INCI NO	: 16035	
SINONIMOS	: ACID RED 40	BIS NO	: N/A	
DESCRIPCIÓN				
APARIENCIA FÍSICA	: POLVO ROJO			
APARIENCIA EN AGUA	: ROJO AMARILLENTO			
LONGITUD DE ONDA DE MÁXIMA ABSORBANCIA	: @ 504 nm			
ABSORCIÓN g.cm /100 ml	: 540			
SPECIFICATION				
SR. No.	PRUEBA		LÍMITE	
1.	CONTENIDO TINTE PURO	MINIMO	85,00%	
2.	SUMA DE MATERIA VOLATÍL A 135°C Y CLOROS & SULFATOS (COMO SAL DE SODIO)	MAXIMO	15,00%	
2a	MATERIA VOLATÍL A 135°C		--	
2b	CLOROS (COMO SAL DE SODIO)		--	
2c	SULFATOS (COMO SAL DE SODIO)		--	
3.	MATERIA INSOLUBLE EN AGUA	MAXIMO	0,20%	
4.	EXTRACTO DE ÉTER COMBINADO	MAXIMO	0,20%	
5.	COLORANTES AUXILIARES	MAXIMO	3,00%	
6.	AMINAS AROMÁTICAS SIN SULFONADO	MAXIMO	0,01%	
7.	COMPUESTO ORGÁNICO DISTINTO DE COLORANTE			
a	6-HYDROXY- 2- NAPHTHALANE SULFONIC ACID SODIUM SALT	MAXIMO	0,30%	
b	4- AMINO- 5- METHOXY- 2- METHYL BENZENE SULFONIC ACID	MAXIMO	0,20%	
c	6'6- OXYBIS (2- NAPHTHALENE SULFONIC ACID) DISODIUM SALT	MAXIMO	1,00%	
8.	ARSENICO	MAXIMO	3,00 mg/kg	
9.	PLOMO	MAXIMO	2,00 mg/kg	
10.	MERCURIO	MAXIMO	1,00 mg/kg	
11.	CADMIO	MAXIMO	1,00 mg/kg	
ESTE MATERIAL SE AJUSTA A LOS CRITERIOS DE PUREZA ESPECÍFICOS SOBRE COLORANTES DE ALIMENTOS ADITIVOS SEGÚN LA COMISIÓN EUROPEA REGLAMENTO (UE) No 231/2012 DE 9 DE MARZO DE 2012				

 Novacolor S.A.S. www.novacolor.com.co	FT-NVC-CMR-14	VERSION 0
<p>Importante</p> <p>La información técnica de esta ficha y/o la de nuestros asesores técnicos y representantes solo se brinda a título de orientación y no constituye garantía directa o indirecta. El usuario de este producto debe determinar por su propia cuenta la conformidad del mismo para las condiciones de proceso y uso final.</p> <p>Nota: Esta información se da como una orientación, ya que la aplicación, procesamiento y uso de nuestros productos están fuera de nuestro control directo. Los datos consignados en este documento corresponden a nuestro conocimiento actual y están conformes con los resultados de las pruebas realizadas por nuestro proveedor; no presentan una garantía de las propiedades específicas de los productos o su conveniencia para un uso particular. Por eso le sugerimos al cliente que efectúe sus propios ensayos para encontrar las condiciones más adecuadas de aplicación. El usuario de nuestro producto deberá observar, bajo su responsabilidad, las reglamentaciones y normativas correspondientes al uso del producto.</p> <p style="text-align: center; color: #E67E22;">Para más información, obtener una muestra de producto, o discutir la personalización de un producto para satisfacer sus necesidades, contacte nuestra oficina central</p> <p style="text-align: center;">Nuestra Oficina: Carrera 69R No 77-44, Bogotá, Colombia Pbx: +571 - 290 69 90, Fax: +571 - 261 56 85, E-Mail: servicliente@novacolor.com.co</p> <p style="text-align: center;">www.novacolor.com.co</p>		