



## **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**

**Carrera de Agroindustria**

**Tema:**

“OBTENCIÓN DE PIGMENTOS NATURALES A PARTIR DE FRUTOS ROJOS MORA (*Rubus glaucus*) FRESA ALBION (*Fragaria Annanasa*) ARÁNDANO (*Vaccinium myrtillus*), PARA SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA”

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.**

**AUTORES:**

Karina Rocío Manobanda Bayas

Grace Yadira Saca Pillajo

**TUTOR:**

Ing. José Luis Altuna Vásquez MSc.

**GUARANDA – ECUADOR**

**2022**

“OBTENCIÓN DE PIGMENTOS NATURALES A PARTIR DE FRUTOS ROJOS MORA (*Rubus glaucus*) FRESA ALBION (*Fragaria Annanasa*) ARÁNDANO (*Vaccinium myrtillus*), PARA SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA”

**REVISADO Y APROBADO POR:**



**Ing. José Luis Altuna Msc.**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Karina Rocío Manobanda Bayas y Grace Yadira Saca Pillajo, con CI 1206640128, 1850693514 declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Karina Rocío Manobanda Bayas

CI: 1206640128



Grace Yadira Saca Pillajo

CI: 1850693514



Ing. José Luis Altuna Vásquez MSc.

CI: 1802538056





**DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION**  
**Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.**

ESCRITURA N° 20220201004P001023

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

**OTORGAN:**  
**KARINA ROCIO MANOBANDA BAYAS Y**  
**GRACE YADIRA SACA PILLAJO,**  
**CUANTÍA: INDETERMINADA**  
**DI 1 COPIA**

En el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy viernes a los catorce días del mes de octubre del año dos mil veintidós, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, los señores **KARINA ROCIO MANOBANDA BAYAS Y GRACE YADIRA SACA PILLAJO**, ambas, de estado civil solteras, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Las comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliada la primera en la parroquia Pueblo Viejo, cantón Pueblo Viejo, Provincia de Los Ríos y de paso por este cantón Guaranda, con número de celular cero nueve seis uno tres uno uno cuatro cuatro nueve y con correo electrónico [karinmanobanda.b1998@gmail.com](mailto:karinmanobanda.b1998@gmail.com); y la segunda en la parroquia Totóras, cantón Ambato, Provincia Tungurahua y de paso por este cantón Guaranda, con número celular cero nueve ocho tres tres dos nueve dos nueve tres y con correo electrónico [greis98sacca@gmail.com](mailto:greis98sacca@gmail.com), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidas por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidas sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotras: **KARINA ROCIO MANOBANDA BAYAS**, portadora de la cédula de ciudadanía número portadora de la cédula de ciudadanía número uno dos cero seis seis cuatro cero uno dos guion ocho y **GRACE YADIRA SACA PILLAJO**, portadora de la cédula de ciudadanía número uno ocho cinco cero seis nueve tres cinco uno guion cuatro; declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado "OBTENCIÓN DE PIGMENTOS NATURALES A PARTIR DE FRUTOS ROJOS MORA (*Rubus glaucus*) FRESA ALBION (*Fragaria Annanasa*) ARÁNDANO (*Vaccinium myrtillus*), PARA SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA, previo a la obtención del título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente; Carrera Ingeniería Agroindustrial.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se ratifican en la aceptación de todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----

SRTA. **KARINA ROCIO MANOBANDA,**  
C.C. 120664012-8

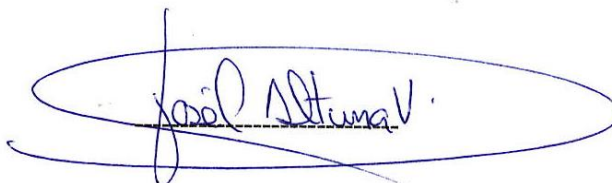
SRTA. **GRACE YADIRA SACA PILLAJO,**  
C.C. 185069351-4

**DRA. MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION**  
**NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**



**Documento** [TESIS OBTENCIÓN DE PIGMENTO Manobanda Saca 2022.pdf \(D146244731\)](#)  
**Presentado** 2022-10-12 11:06 (-05:00)  
**Presentado por** gsaca@mail.es.ueb.edu.ec  
**Recibido** jaltuna.ueb@analysis.orkund.com  
**Mensaje** [Mostrar el mensaje completo](#)

3% de estas 51 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature appears to read "José Luis Altuna".

**Ing. José Luis Altuna Msc.**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por darme salud y guiarme en cada paso que doy, por levantarme de cada caída y enseñarme que siempre hay una nueva oportunidad.

A mi familia principalmente a mis padres Cesar y Carmen por siempre apoyarme y darme sus consejos para hacer de mí una persona de bien por darme una carrera para mi futuro, a mis hermanos que estuvieron a mi lado dándome la confianza y optimismo para superar todas las situaciones adversas que se presentaron durante el desarrollo de mi tesis.

A mis compañeros y amigas que durante estos 5 años hemos compartido conocimientos, alegrías, tristezas gracias.

*Karina Manobanda*

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y que con su mano de amor ha estado guiando siempre mi camino hasta el día de hoy.

A mis queridos padres César Saca y Teresa Pillajo quienes con su comprensión, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades de guiarme siempre cada paso que doy en mi vida y que sin el apoyo de ustedes nada de esto hubiese sido posible.

A mis hermanos Guillermo, Fredy y Ricardo por su cariño y apoyo incondicional, durante este proceso académico, por estar conmigo en todo momento, que con su ejemplo de superación me han enseñado que la vida no es nada fácil, pero hay que luchar gracias por todo

A toda mi familia que siempre me ha apoyado, con consejos, palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas

A mi compañera de tesis Karina que desde el momento que decidimos formar un solo equipo no nos hemos rendido, nada fácil, pero lo hemos logrado.

*Grace Saca*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande agradecimiento a Dios, por darme sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica. Gracias a mis amados padres por su apoyo y motivación para superarme cada día.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Estatal de Bolívar, a la Carrera de Agroindustria por haberme permitido formarme en sus aulas, también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y dedicación para seguir adelante día a día y ser grandes profesionales.

Mi agradecimiento también va dirigido a mi tutor de Tesis al Ing. José Luis Altuna MSc. Ing Darwin Nuñez, por sus amplios conocimientos donde me han apoyado y guiado de la mejor manera durante este proceso de investigación.

También agradezco a mi amiga Grace Saca, por compartir conmigo esta trayectoria, ambas sabemos cuánto nos ha costado, pero al final todo tiene su recompensa, gracias por hacer los momentos difíciles superables y los felices fueran aún más gratificantes.

*Karina Manobanda*



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiar mi camino, plasmado en fortaleza, sabiduría, conocimientos y deseos de superación.

Un agradecimiento especial a mis padres quienes han sido un pilar fundamental durante todo mi proceso académico que sin el apoyo de ellos no hubiese sido posible llegar a esta etapa tan importante en mi vida.

Al alma mater de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente a la prestigiosa carrera de Agroindustria la misma que me ha permitido adquirir conocimientos de excelentes docentes que impartieron enseñanza a lo largo de mi formación académica.

A mi tutor el Ing. José Luis Altuna Msc quién ha sabido guiar cada uno de nuestros pasos durante el desarrollo de este trabajo, que con su apoyo incondicional hemos podido llegar a la culminación del mismo.

De igual manera al Ing. Darwin Núñez por el apoyo brindado durante el proceso de realización del presente, que sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible poder lograrlo.

Como no agradecer a dos personas importantes en mi vida a mis amigas Jennypher Fonseca y Karina Manobanda por ser mi apoyo incondicional durante toda esta etapa universitaria por compartir dentro y fuera de las aulas momentos inolvidables.

*Grace Saca*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivo Específico.....	2
1.3. Problema .....	3
1.3.1. Planteamiento del problema .....	3
1.3.2. Situación problemática .....	3
1.3.3. Formulación del problema.....	3
1.3.4. Sistematización del problema.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Mora.....	5
2.2. Mora de castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	5
2.2.1. Clasificación botánica.....	5
2.2.2. Valor nutricional.....	6
2.2.3. Fruto de mora .....	7
2.2.4. Compuestos funcionales .....	8
2.2.5. Usos agroindustriales.....	9
2.3. Fresa.....	9
2.4. Fresa Albión ( <i>Fragaria Annanasa</i> ) .....	9
2.4.1. Clasificación botánica.....	10
2.4.2. Valor nutricional.....	10

2.4.3.	Fruto de fresa .....	11
2.4.4.	Compuestos funcionales .....	12
2.4.5.	Usos agroindustriales.....	12
2.5.	Arándano.....	13
2.6.	Arándano biloxi ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) .....	13
2.6.1.	Clasificación botánica.....	13
2.6.2.	Valor nutricional.....	14
2.6.3.	Fruto del arándano .....	15
2.6.4.	Compuestos funcionales .....	16
2.6.5.	Usos agroindustriales.....	17
2.7.	Colorantes .....	17
2.8.	Colorante natural.....	18
2.8.1.	Tipos de colorantes naturales .....	18
2.8.2.	Carotenoides .....	18
2.8.3.	Betalainas .....	19
2.8.4.	Antociánicos .....	19
2.8.5.	Clorofila.....	19
2.8.6.	Flavonoides.....	19
2.8.7.	Quinonas.....	20
2.9.	Colorante sintéticos o artificiales.....	20
2.9.1.	Código de los colorantes sintéticos .....	20
2.10.	Pigmentos .....	21
2.10.1.	Antocianinas .....	22
2.10.2.	Factores que determinan la estabilidad de las antocianinas.....	23
2.10.3.	Importancia de los pigmentos en la agroindustria .....	23
2.11.	Métodos de extracción .....	24
2.11.1.	Extracción por solventes orgánicos .....	24

2.11.2.	Extracción por maceración .....	25
2.11.3.	Extracción por enzimas.....	25
2.12.	Yogurt.....	25
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>27</b>
3.1.	Ubicación de la investigación .....	27
3.2.	Localización de la investigación.....	27
3.3.	Situación geográfica y climática de la localidad.....	27
3.4.	Zona de vida.....	28
3.5.	Materiales.....	28
3.5.1.	Material experimental.....	28
3.5.2.	Materiales de laboratorio .....	28
3.5.3.	Equipos .....	29
3.5.4.	Reactivos .....	29
3.5.5.	Materiales de oficina .....	30
3.6.	Métodos .....	30
3.6.1.	Factor de estudio.....	30
3.6.2.	Tratamientos .....	31
3.6.3.	Características del diseño .....	33
3.6.4.	Tipo de diseño experimental.....	33
3.6.5.	Análisis de varianza (ADEVA) .....	34
3.6.6.	Pruebas de rangos múltiples .....	35
3.7.	Métodos de evaluación y datos a tomarse .....	35
3.7.1.	Caracterización de la materia prima .....	35
3.8.	Rendimiento del pigmento.....	37
3.9.	Extracción de pigmentos.....	37
3.9.1.	Solventes orgánicos .....	37

3.9.1.1.	Procedimiento de la extracción por solventes orgánicos .....	37
3.9.1.2.	Diagrama de proceso de extracción por solventes orgánicos.....	39
3.9.2.	Maceración .....	40
3.9.2.1.	Procedimiento de la extracción por maceración .....	40
3.9.2.2.	Diagrama de proceso extracción por maceración .....	42
3.9.3.	Enzimas .....	43
3.9.3.1.	Procedimiento de la extracción mediante el uso de enzimas .....	43
3.9.3.2.	Diagrama de proceso de la extracción por enzimas .....	44
3.10.	Análisis físico-químico de los pigmentos .....	45
3.10.1.	Humedad .....	45
3.10.2.	Potencial de hidrógeno (pH) .....	45
3.10.3.	Acidez titulable .....	45
3.10.4.	Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría.....	46
3.11.	Desarrollar un producto comercial de los pigmentos.....	47
3.12.	Elaboración de una bebida láctea con la adición de pigmentos .....	47
3.12.2.	Diagrama de proceso de la elaboración del yogurt.....	49
3.13.	Evaluación sensorial del yogurt .....	50
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		<b>51</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		<b>51</b>
4.1.	Resultados de la caracterización de la materia prima .....	51
4.2.	Resultados de los pigmentos extraídos .....	53
4.3.	Resultados de los análisis físicos-químicos de los pigmentos .....	55
4.3.1.	Análisis de humedad.....	55
4.3.2.	Análisis de pH .....	60
4.3.3.	Análisis de la acidez titulable .....	66
4.3.4.	Resultados de la cuantificación de las antocianinas por espectrofotometría.	71
4.3.4.1.	Calidad de antocianinas por espectrofotometría .....	79

4.3.4.2.	Revisión bibliográfica por cromatografía de las antocianinas .....	80
4.4.	Producto comercial de los pigmentos .....	82
4.5.	Bebida láctea con adición de pigmentos .....	83
4.5.1.	Balance de masa .....	84
4.5.2.	Balance de masa para la elaboración del yogurt.....	85
4.6.	Resultados de la evaluación sensorial del yogurt .....	86
4.6.1.	Sabor.....	86
4.6.2.	Color.....	87
4.6.3.	Olor.....	88
4.6.4.	Viscosidad .....	89
4.7.	Comprobación de la hipótesis.....	90
4.7.1.	Hipótesis nula (H <sub>0</sub> ).....	90
4.7.2.	Hipótesis alternativa (H <sub>1</sub> ).....	90
4.7.3.	Verificación de la hipótesis .....	90
4.8.	Conclusiones y recomendaciones .....	91
4.8.1.	Conclusiones.....	91
4.8.2.	Recomendaciones .....	92
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>93</b>
<b>ANEXOS</b>		
<b>GLOSARIO</b>		



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág</b>
<b>Tabla 1.</b>	Clasificación taxonómica de la mora.....	6
<b>Tabla 2.</b>	Composición nutricional de la mora.....	7
<b>Tabla 3.</b>	Clasificación taxonómica de la fresa.....	10
<b>Tabla 4.</b>	Valor nutricional de la fresa.....	11
<b>Tabla 5.</b>	Clasificación taxonómica del arándano.....	14
<b>Tabla 6.</b>	Valor nutricional del arándano.....	15
<b>Tabla 7.</b>	Colorantes artificiales permitidos según la CEE.....	21
<b>Tabla 8.</b>	Clasificación de los pigmentos naturales según la solubilidad.....	22
<b>Tabla 9.</b>	Localización de la investigación.....	27
<b>Tabla 10.</b>	Aspectos generales del territorio.....	28
<b>Tabla 11.</b>	Factores de estudio.....	31
<b>Tabla 12.</b>	Tratamientos.....	32
<b>Tabla 13.</b>	Características del diseño.....	33
<b>Tabla 14.</b>	Análisis de Varianza (ADEVA).....	34
<b>Tabla 15.</b>	Caracterización de las frutas.....	51
<b>Tabla 16.</b>	Volumen de los pigmentos extraídos.....	53
<b>Tabla 17.</b>	Análisis de varianza para la humedad del pigmento.....	55
<b>Tabla 18.</b>	Pruebas LSD para el factor A en el % de humedad.....	56
<b>Tabla 19.</b>	Pruebas LSD para el factor B para el % de humedad.....	57
<b>Tabla 20.</b>	Pruebas LSD para el factor C para el % de humedad.....	59
<b>Tabla 21.</b>	Análisis de varianza para el pH del pigmento.....	61
<b>Tabla 22.</b>	Pruebas LSD para el factor A en el pH.....	62
<b>Tabla 23.</b>	Pruebas LSD para el factor B en el pH.....	63

<b>Tabla 24.</b> Pruebas LSD para el factor C en el pH.....	64
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza para acidez titulable de los pigmentos .....	67
<b>Tabla 26.</b> Prueba LSD para el factor A en la acidez titulable.....	68
<b>Tabla 27.</b> Prueba LSD para el factor B en la acidez titulable.....	69
<b>Tabla 28.</b> Prueba LSD para el factor C en la acidez titulable.....	70
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza para las antocianinas de los pigmentos .....	72
<b>Tabla 30.</b> Pruebas LSD para el factor A de las antocianinas.....	73
<b>Tabla 31.</b> Pruebas LSD para el factor B de las antocianinas .....	75
<b>Tabla 32.</b> Pruebas LSD para el factor C de las antocianinas .....	76
<b>Tabla 33.</b> Rendimiento de los pigmentos extraídos.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	DESCRIPCIÓN	Pág
Figura 1.	Mora ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	8
Figura 2.	Fresa ( <i>Fragaria Ananassa</i> ).....	12
Figura 3.	Arándano Biloxi ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ).....	16
Figura 4.	Clasificación de los colorantes.....	18
Figura 5.	Figura química de las antocianinas .....	23
Figura 6.	Relación de las variedades de frutos rojos con el % de humedad.....	57
Figura 7.	Relación del método de extracción con el % de humedad.....	58
Figura 8.	Relación de temperatura con el % de humedad .....	59
Figura 9.	Interacción de la humedad de los pigmentos .....	60
Figura 10.	Relación de los frutos rojos con el pH.....	62
Figura 11.	Relación del método de extracción con el pH.....	64
Figura 12.	Relación de temperatura con el pH.....	65
Figura 13.	Interacción del pH de los pigmentos.....	66
Figura 14.	Relación de la variedad de frutos rojos con la acidez titulable.....	68
Figura 15.	Relación de métodos de extracción con la acidez titulable.....	69
Figura 16.	Relación de temperatura con la acidez titulable .....	70
Figura 17.	Interacción de la acidez titulable de los pigmentos .....	71
Figura 18.	Relación de la variedad de frutos rojos con las antocianinas.....	74
Figura 19.	Relación del método de extracción con las antocianinas.....	76
Figura 20.	Relación de temperatura con las antocianinas .....	77
Figura 21.	Interacción de las antocianinas de los pigmentos .....	78
Figura 22.	Concentración de las antocianinas .....	79
Figura 23.	Etiqueta comercial.....	83

<b>Figura 24.</b> Adición de pigmentos .....	84
<b>Figura 25.</b> Evaluación sensorial de la variable sabor .....	86
<b>Figura 26.</b> Evaluación sensorial de la variable color.....	87
<b>Figura 27.</b> Evaluación sensorial de la variable olor .....	88
<b>Figura 28.</b> Evaluación sensorial de la variable viscosidad .....	89

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág</b>
<b>Anexo 1.</b>	Mapa de ubicación de la investigación .....	108
<b>Anexo 2.</b>	Caracterización de la materia prima .....	109
<b>Anexo 3.</b>	Volumen de los pigmentos extraídos.....	109
<b>Anexo 4.</b>	Análisis físico-químico de los pigmentos.....	110
<b>Anexo 5.</b>	Curva de calibración de las antocianinas.....	110
<b>Anexo 6.</b>	Valores promedio del análisis sensorial: sabor, color, olor y viscosidad .....	1101
<b>Anexo 7.</b>	Caracterización de la materia prima .....	113
<b>Anexo 8.</b>	Métodos de extracción.....	113
<b>Anexo 9.</b>	Análisis del pigmento .....	114
<b>Anexo 10.</b>	Producto comercial .....	116
<b>Anexo 11.</b>	Adición del pigmento en el yogurt .....	117
<b>Anexo 12.</b>	Cataciones del producto.....	119

## RESUMEN

Los frutos rojos como la mora, fresa Albión, arándano, son fuentes importantes de antocianinas responsables del color de los pigmentos, estos colorantes además de poseer propiedades antioxidantes, son excelentes compuestos que pueden ser utilizados en la industria alimentaria reemplazando a los colorantes artificiales. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue: Obtener pigmentos naturales a partir de frutos rojos Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albion (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) para su utilización en la elaboración de una bebida láctea fermentada, para los cuales se realizó análisis físico-químico a las materias primas para obtener productos de buena calidad, luego extraer los pigmentos mediante solventes orgánicos, maceración y por enzimas, demostrando que los pigmentos de fresa se extrae en mayor volumen, posterior a ello, a los pigmento extraídos se realizó análisis de humedad, pH, acidez titulable y concentración de antocianinas, en la que se evidencio que los pigmentos extraídos por maceración resultó ser el mejor tratamiento, para la comercialización de dichos pigmentos se realizó un etiqueta de acuerdo a la norma INEN, estos colorantes fueron añadidos en la elaboración de una bebida láctea fermentada, para la determinación del mejor tratamiento de la bebida láctea fermentada se realizó el análisis sensorial, donde se determinó que para color y sabor el mejor pigmento fue el de arándano, en conclusión, los pigmentos extraídos presentaron alta concentración de antocianinas, que además de ser pigmentos naturales, son beneficiosos para la prevención de enfermedades.

**Palabras claves:** Pigmentos, antocianinas, colorantes, extracción, enzima, antioxidantes, flavonoides, ABTS.



## SUMMARY

Red fruits such as blackberry, albio strawberry, blueberry, are important sources of anthocyanins responsible for color pigments, these colorants besides possessing antioxidant properties, are excellent compounds that can be used in the food industry replacing artificial colorants. For this reason, the objective of the present research was: To obtain natural pigments from red fruits Blackberry (*Rubus glaucus*), Strawberry (*Fragaria Annanasa*), Blueberry (*Vaccinium myrtillus*) to be used in the elaboration of a fermented milk drink, for which a physical-chemical analysis of the raw materials was carried out to obtain good quality products, then extracted the pigments by means of organic solvents, maceration and by enzymes, demonstrating that the strawberry pigments were extracted in greater volume, after which the extracted pigments were analyzed for humidity, pH, titratable acidity and anthocyanin concentration, In which it was found that the pigments extracted by maceration proved to be the best treatment, for the commercialization of these pigments a label was made according to the INEN standard, these dyes were added in the preparation of a fermented milk drink, For the determination of the best treatment of the fermented milk drink, a sensory analysis was carried out, where it was determined that for color and flavor the best pigment was the blueberry pigment. In conclusion, the extracted pigments presented a high concentration of anthocyanins, which besides being natural pigments, are beneficial for the prevention of diseases.

**Key words:** Pigments, anthocyanins, colorants, extraction, enzyme, antioxidants, flavonoids, ABTS.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Los frutos rojos como la mora, fresa y arándano son pequeños frutos comestibles tipo baya, carnosos, jugosos, dulces o ácidos, presentan una fuente importante de compuestos polifenólicos como antocianinas, ácido elálgico, elagitaninos y proantocianidinas (Sotelo, 2020). Estos frutos son considerados como alimentos funcionales por las propiedades benéficas que presentan para la salud humana, entre las que pueden mencionarse como anticancerígena, antioxidante y antiinflamatoria (Gómez, 2020).

Las antocianinas son las estructuras responsables del color de los pigmentos, son metabolitos secundarios de las plantas, colorantes naturales responsables de los colores brillantes naranjas, rosa, rojo, violeta y azul en las flores y frutas de algunas plantas (Varo, 2018).

Las antocianinas son glucósidos de la familia flavonoides que pueden presentar tonalidades rojas o azules de acuerdo al pH, estos colores son producidos por los tejidos de las plantas las cuales proporcionan estos colores en las hojas, tallos, raíces, flores y frutos, las antocianinas están inmersas en una amplia relación metabólica de actividades biológicas contra la enfermedad coronaria, el riesgo de cáncer y el sistema inmune (Martínez *et al*, 2016). Además, los pigmentos antocianínicos durante el paso por sistema digestivo permanecen intactos hasta llegar al sistema sanguíneo aportando un efecto antioxidante contra promoción y progresión de la carcinogénesis (Grazón, 2008).

Para la extracción de los colorantes naturales se realiza por diferentes métodos como: extracción por solventes orgánicos, maceración o en concentración con solventes como agua, metanol, etanol, acetona, para estos métodos la muestra es sometida a un proceso de reducción de tamaño, si el colorante es destinado a la industria alimentaria es indispensable utilizar solventes no tóxicos (Tierra, 2018).

Las antocianinas al ser colorantes naturales que se encuentran presentes en los frutos rojos, se consideró necesario extraer los pigmentos de la Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*), por métodos de solventes orgánicos, maceración y por enzimas, utilizando solventes que no sean tóxicos, los pigmentos extraídos serán utilizados para dar coloración al yogurt natural, ya que es una de los productos en donde la utilización de colorantes sintéticos es desmesurada.

Por tal motivo se consideró necesario realizar la presente investigación, porque las antocianinas al ser un colorante natural, también tienen efectos que ayudan a la salud contra enfermedades degenerativas por su efecto antioxidante. Además de eso proporciona un color vistoso al producto alimenticio en donde se lo va aplicar.

En este sentido, para el desarrollo de la siguiente investigación se plantearon estos objetivos:

### **1.1. Objetivo General**

Obtener pigmentos naturales a partir de frutos rojos Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) para su utilización en la elaboración de una bebida láctea fermentada

### **1.2. Objetivo Específico**

- Caracterizar las materias primas Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*).
- Extraer pigmentos naturales a través de maceración, solventes orgánicos y enzimas.
- Realizar análisis físicos – químicos de los pigmentos extraídos.
- Desarrollar un producto comercial de los pigmentos extraídos.
- Elaborar una bebida láctea con adición de pigmentos naturales.
- Evaluar sensorialmente el color y sabor a través de pruebas de aceptabilidad para obtener niveles de colorante y saborizante.

### **1.3. Problema**

#### **1.3.1. Planteamiento del problema**

Los frutos rojos en los últimos años han sido reconocidos como alimentos funcionales por su contenido en sustancias beneficiosas para la salud. Existen diversos tipos de pigmentos, tanto naturales como sintéticos y son utilizados como aditivos en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética (Martínez *et al.*, 2016). Hoy en día a nivel mundial los colorantes sintéticos son los más utilizados en la industria de los alimentos debido a que su coloración no disminuye, pero investigaciones realizadas demuestran la toxicidad de los pigmentos sintéticos (Jiménez, 2017). Por lo tanto, el interés de extraer pigmentos naturales que puedan sustituir a los sintéticos con su mismo poder funcional y con bajos costos de obtención van cada día en aumento.

#### **1.3.2. Situación problemática**

La adición de colorantes en los productos alimentos se ha vuelto imprescindible no sólo por sentido estético, sino también son utilizados para compensar el color natural de los alimentos que se pierde durante el procesamiento o su almacenamiento. Sin embargo, los colorantes artificiales han sido relacionados con diversos efectos sobre la salud, siendo los niños el grupo más vulnerable.

Por consiguiente, la preferencia de pigmentos naturales en los alimentos ha aumentado, para incorporación en bebidas, dulces y golosinas, lo cual demanda el desarrollo de nuevos aditivos que puedan sustituir a los colorantes sintéticos para su uso en la industria alimentaria.

#### **1.3.3. Formulación del problema**

La investigación tiene como objeto extraer pigmentos de los frutos rojos para la aplicación en el yogurt, por ende, la pregunta de la investigación fue:

¿Qué concentración de antocianinas tienen los pigmentos de mora (*Rubus glaucus*), fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), arándano (*Vaccinium myrtillus*)?

#### **1.3.4. Sistematización del problema**

Para llevar a cabo la investigación se plantearon las siguientes interrogantes:

¿De qué manera se caracterizó la materia prima?

¿Cuáles fueron los métodos de extracción de los pigmentos?

¿Qué análisis físicos-químicos se realizó a los pigmentos extraídos?

¿Cómo se desarrollará un producto comercial para los pigmentos?

¿En qué tipo de alimento se incorporará el pigmento extraído?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Mora

Es una fruta no climatérica y es cosechada cuando está listo para el consumo, la fruta es un racimo de 70 a 100 drupas adheridas a un receptáculo común, cada una se desarrolla de forma independiente y se asemeja a un cono de 1 a 2,5 cm de largo, es de color rojo oscuro en la madurez, con el tiempo es de color púrpura cuando su índice de madurez es elevado, la parte de la mora jugosa y carnososa es el epicarpio y el mesocarpio, la maduración de la fruta es desigual (Sánchez, 2020).

#### 2.2. Mora de castilla (*Rubus glaucus*)

Es originaria de las zonas tropicales de América y se los puede encontrar principalmente en Ecuador, Colombia, Panamá, Salvador, Honduras, Guatemala, México y Estados Unidos (Vega, 2018). Es una fruta no climatérica, formada por la agregación de los carpelos, como pequeñas drupas insertadas ordenadamente sobre un corazón blando y blanco, de forma cónica, que al madurar fisiológicamente adquiere un color rojo que se torna púrpura con la madurez de consumo, se desarrolla en condiciones óptimas a una altitud entre 1.800 a 2.400 msnm y a una temperatura de 11 a 18°C (Marquez *et al.*, 2016).

La mora de castilla es una fruta compuesta por 85% de agua y materia seca, formada mayoritariamente por carbohidratos, compuestos nitrogenados, minerales, entre otros. La fracción aprovechable en pulpa oscila entre el 62 y el 74% (Becerra *et al.*, 2019).

##### 2.2.1. Clasificación botánica

La mora de castilla pertenece al género *Rubus glaucus*, es un arbusto que fácilmente puede crecer hasta varios metros de altura, sus tallos tienden a ser ramificados tener y algunos son de color verde ceniza, alargadas o menos ramificadas, las hojas son de tres a cinco folíolos compuestos y tiene un pecíolo largo y es pubescente (Freire & Corozo, 2021),



Las flores son compuestas y pubescentes, de un solo núcleo, de cinco flores, a menudo caracterizadas como anulares, con el tálamo más alto o más pequeño en los bordes del gineceo, formando un recipiente en forma de copa con sépalos, pétalos insertados en la parte superior y estambres, las flores se producen en racimos terminales, dependiendo de la variedad pueden ser estrechas o solitarias (Sulqui, 2018).

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica mora*

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	Angiosperma
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Dicotyledoneae
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	Rosaceae
<b>Subfamilia</b>	Rosoideae
<b>Género</b>	<i>Rubus</i> . Cuenta con una gran cantidad de especies entre ellas se destaca <i>Rubus glaucus</i> y algunas que no se han caracterizado.
<b>Subgénero</b>	<i>Idaeobatus</i> .
<b>Especie</b>	<i>Glaucus, floribundus, gigantus, etc.</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Rubus sp.</i>
<b>Nombre vulgar</b>	Mora de castilla

*Nota:* Tomado de Vega (2018).

### **2.2.2. Valor nutricional**

Se caracteriza por poseer una amplia gama de vitaminas, minerales, ácidos grasos, compuestos fenólicos y fibras que le confieren un alto valor nutricional, esta baya es baja en calorías debido a su bajo contenido en carbohidratos, es naturalmente rica en minerales como fósforo, potasio y manganeso que son compuestos potenciales para la salud de las personas,

juegan un papel importante en el desarrollo de huesos y dientes, así como en la resistencia de los músculos en las personas (Castaño & Espinoza, 2016).

Posee propiedades desintoxicantes, es adecuado para la prevención de problemas circulatorios y de la piel, ayuda a evitar problemas cardíacos, y cuando la fruta está madura, contiene la cantidad de azúcar necesaria para limpiar el organismo, y también es útil para prevenir el cáncer (Lema & Cushquicullma, 2020).

**Tabla 2**

*Composición nutricional de la mora*

	<b>Aporte por 100 g</b>	
Ácido ascórbico	15	mg
Agua	93,3	g
Calcio	18	mg
Calorías	23	kcal
Carbohidratos	5,6	g
Cenizas	0,4	g
Fibra	0,5	g
Fósforo	14	mg
Grasa	0,1	g
Hierro	1,2	mg
Niacina	0,4	mg
Proteína	0,6	g
Riboflavina	0,04	mg
Tiamina	0,02	mg

*Nota:* Tomado de Manosalvas (2017).

### **2.2.3. Fruto de mora**

Es una fruta esférica u ovalada, su tamaño varía entre 2 a 4 cm de largo, el diámetro promedio es de 20 mm; de color verde cuando recién se están formando, cuando está maduro

el color varía entre púrpura claro y oscuro, dispuestos en racimos largos que consisten en pequeñas unidades de drupillas unidas a un receptáculo, el peso de la fruta varían de 3 a 5 gramos, de consistencia dura y sabor agridulce cuando no está completamente madura y es dulce cuando está madura (Ruíz & Sepúlveda, 2016).

### **Figura 1**

*Mora (Rubus glaucus)*



*Fuente:* Mora de castilla. Tomado de *Agroscopio* (2022).

#### **2.2.4. Compuestos funcionales**

El fruto de la mora (*Rubus glaucus benth*) tiene altos niveles de antocianinas y otros compuestos fenólicos como polifenoles, ácido benzoico, ácido hidroxicinámico y flavonoides, así como ácido elágico, taninos, elagitaninos, quercetina, ácido gálico, antocianinas y cianidina, estos compuestos contribuyen a la capacidad antioxidante y actividades biológicas, anticancerígenas, antivirales y otros beneficios del tracto digestivo, representa una fuente natural de antioxidantes (Ruíz & Sepúlveda, 2016).

Esta fruta es rica en antioxidantes, como los polifenoles, que actúan como captadores de radicales libres brindando excelentes beneficios para la salud, se sabe que reducen el riesgo de cáncer y enfermedades cardíacas (Cortés *et al.*, 2019).

### **2.2.5. Usos agroindustriales**

La mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) es una fruta ampliamente aceptada para consumo en fresco, con delicado sabor, aroma y atractivo color, además de ser fáciles de fabricar como materia prima para la producción de suplementos nutricionales, jugos, yogures, helados, jaleas, postres, mermeladas, vinos y jugos, la investigación ha demostrado que las cantidades residuales agrícolas e industriales de bayas y otras verduras son buenas fuentes de compuestos bioactivos (Hernández *et al.*, 2018). Alrededor del 90% de la producción mundial de las moras negras se convierte en productos procesados, como nectarinas, jugos, polvos congelados, concentrados, jaleas y polvos deshidratados (Cortés *et al.*, 2019).

### **2.3. Fresa**

La fresa es una fruta exótica con buen aroma, tiene un gran mercado porque es dulce y las frutas se cosecha cuando está lo suficientemente madura, poseen un sistema radicular poco profundo, y su reproducción es a través de estolones, su altura es menor a los 50 cm, formadas por una corona que es la base de crecimiento de la planta, y con el tiempo se empieza a dosificar los carbohidratos que provoca la fruta para aumentar el contenido de azúcar de las fresas (Espejel, 2019).

### **2.4. Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*)**

La fresa pertenece al género *Fragaria* siendo originaria de la costa de Chile y de la zona de los Andes como Chile y Argentina, además *Fragaria virginiana Duch*, es originaria de las praderas centrales de Norte América (Gualacata, 2019). La fresa Albión es una variedad que combina las cualidades de un diamante y aroma, su calidad organoléptica hace que sea excepcional en su sabor, gran resistencia a la intemperie y enfermedades (Espinoza, 2019). Las fresas son perecedoras y tienen una alta actividad fisiológica después de la cosecha, lo que conduce a una maduración corta y senescencia, produciendo al envejecimiento de las células de los tejidos, por consiguiente, lleva a su descomposición (Acosta, 2019).

### 2.4.1. Clasificación botánica

Es una planta herbácea, tienen las hojas en forma de estrella y pueden extenderse hasta 50 cm sobre el suelo, los tallos cortos se llaman puntas, de donde brotan nudos, ramas laterales con entrenudos de los cuales se originan plantas con hojas, coronas y raíces (Castro, 2017). La frutilla en muchas zonas es conocida como fresa, pertenece a la familia de rosáceas y al género *Fragaria*, la especie más común en Ecuador fue un cruce entre *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis* en 1750 en Europa, dando como origen a la especie *Fragaria ananassa* (Campoverde & Reyes, 2022).

**Tabla 3**

*Clasificación taxonómica de la fresa*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>Ananassa</i>
Nombre científico	<i>Fragaria ananassa</i>

*Nota:* Tomado de Campoverde & Reyes (2022).

### 2.4.2. Valor nutricional

En los análisis realizados se determinó que en la composición de las fresas se encuentran componentes tales como: proteínas, enzimas, hidratos de carbono totales, pigmentos ácidos, compuestos volátiles y vitaminas (Pazmiño, 2019).

**Tabla 4***Valor nutricional de la fresa*

<b>Macronutrientes</b>	<b>Aporte</b>	<b>Unidad</b>
Energía	40	Kcal
Proteínas	0,7	g
Lípidos Totales	0,5	g
Hidratos de carbono	7,0	g
Almidón	0,0	g
Azúcares	7,0	g
Fibra	2,2	g
Agua	89,6	g

*Nota: Tomado de Arroyo et al., (2018).*

### **2.4.3. Fruto de fresa**

Es una fruta compuesta (poliaquenio) cuyo nombre botánico es eterio, la parte comestible está formado por el compartimiento de la flor que se expande hasta cubrir la fruta (aquenios), las motas que cubren la superficie de fresas y fresones, su color puede variar de rosa a púrpura oscuro (Sulqui, 2021). En realidad, es un fruto falso, formado por un receptáculo comestible, que consiste en un bulbo carnoso que sostiene los sépalos en la base, varia en forma de cónica alargada a esférico es de color rojo brillante cuando está maduro (Huachi, 2019).

## **Figura 2**

*Fresa (Fragaria Ananassa)*



*Fuente:* Agrotendencia, (2020)

### **2.4.4. Compuestos funcionales**

Proporcionan una excelente fuente de vitaminas, minerales, fibra y muchas sustancias benéficas, como fitoesteroles, flavonoides, antioxidantes y ácidos orgánicos, especialmente el elágico, que tienen un efecto supresor de células cancerígenas, esta fruta se distingue por su alto contenido en vitamina C y minerales (Jami, 2021). Las fresas son una de las frutas más reconocidas a nivel mundial, se distinguen por su sabor único y deseable, son ricas en vitaminas, polifenoles, aminoácidos y antocianinas (Acosta, 2019).

### **2.4.5. Usos agroindustriales**

Se puede consumir como una fruta fresca y es muy demandada por los consumidores, existen industrias de las fresas congeladas y jugos, estos productos generalmente están dirigidos para ser exportados, otros subproductos como fresas deshidratadas, jugos, bebidas alcohólicas, néctares, confitería, yogurt, conservas y mermeladas son productos completamente comerciales (Cayambe, 2018).

## **2.5. Arándano**

Los arándanos son planta silvestre conocida por distintiva fruta de pequeñas bayas redondas de color azul, nativos de Asia y Europa, esta fruta rica en fibra, bajo en grasa y sodio, a nivel nacional e internacional lo utilizan con fines medicinales para prevenir diversas complicaciones de salud como problemas cardiovasculares, inflamatorios, retrasan el envejecimiento, infecciones urinarias, antidiarreico, así como infusiones y jugos (Sánchez, 2022).

## **2.6. Arándano biloxi (*Vaccinium myrtillus*)**

El arándano es un fruto del género *Vaccinium*, nativo de América y considerado un grupo de bayas, tiene alrededor de 400 especies, el tamaño varía de 0,68 a 1,49 cm de diámetro es de color verde claro a oscuro, contiene hasta 100 frutos, las semillas se encuentran en el interior del fruto (Sandoval, 2018). Es una pequeña baya esférica con una coloración que varía de azul a negro, la epidermis está recubierta por secreciones cerosas que crean una sensación atractiva (Ramos, 2019).

Los arándanos son bayas pequeñas que se distinguen por su sabor dulce con un poco de acidez, es de color azulado oscuro o rojo, se distingue por su alto contenido en antioxidantes, combate el envejecimiento prematuro al neutralizar los radicales libres, y además tiene propiedades beneficiosas para el corazón, la vista y la memoria (Cubillos & Pava, 2021).

### **2.6.1. Clasificación botánica**

Es una especie de planta de la familia Ericáceae, de 20 a 50 cm de altura con ramas angulosas, hojas opuestas, ovadas y dentadas, flores solitarias, axilares, de color blanco azulado o rosado, negro su sabor es dulce y refrescante (Cavero, 2020).



**Tabla 5***Clasificación taxonómica del arándano*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericaceae</i>
Subfamilia	<i>Vaccinioideae</i>
Tribu	<i>Vaccinieae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>myrtilus</i>

*Nota.* Tomado de Fuentes (2021).

### **2.6.2. Valor nutricional**

Tiene un bajo valor calórico, es rico en vitamina C, potasio, hierro y calcio, necesarios para la transmisión y generación de impulsos nerviosos, el funcionamiento normal de los músculos, y también participa en el equilibrio hídrico del cuerpo, siendo una buena fuente de fibra que mejoran el tránsito intestinal al contener taninos que le otorgan propiedades astringentes (López, 2020).

El arándano es una especie muy apreciada por sus frutos comestibles y por ser excelentes fuentes de nutrientes que promueven la salud, contiene fibra dietética, vitamina C, betacaroteno, ácido fólico, antocianinas, tienen agentes antifúngicos, como los antocianósidos y el ácido benzoico (Jiménez & Abdelnour, 2017)

**Tabla 6***Valor nutricional del arándano*

<b>Nutriente</b>	<b>Aporte</b>	<b>Unidad</b>
Energía	60	Kcal
Proteína	0,74	g
Lípidos	0,33	g
Carbohidratos	14,49	g
Azúcares	9,96	g
Fibra dietética	2,4	g
Ceniza	0,21	g
Agua	84,61	mg
Hierro	0,17	mg
Calcio	6,0	mg
Zinc	0,11	mg
Vitamina C	9,7	mg
Riboflavina	0,5	mg
Niacina	0,36	mg

*Nota.* Tomado de Fuentes (2021).

### **2.6.3. Fruto del arándano**

El fruto mide 1,4 a 1,8 cm de largo, ancho y es de color azul violeta, tiene una membrana blanda de color blanco lechoso que recubre la piel exterior del fruto llamada cera, que es un mecanismo de defensa contra la luz solar y mantiene un mayor tiempo de almacenamiento (Gutiérrez, 2021). Su pulpa es de un sabor amargo agradable el color vinoso, contiene varias semillas en el centro, su piel le da un color ciruela muy bonito y es rica con 85% en agua, osas de 3 a 7%, minerales como el potasio, calcio, manganeso y 1% de ácidos (Veliz, 2020).

### Figura 3

*Arándano Biloxi (Vaccinium myrtillus)*



*Fuente:* Intagre, (2016)

#### 2.6.4. Compuestos funcionales

Los arándanos ocupan el primer lugar en términos de calidad y cantidad de antioxidantes, son considerados como alimentos funcionales, contienen compuestos biológicamente activos, entre los que destacan la vitamina C y los compuestos como ácidos fenólicos, catequinas, flavonoles y antocianinas, que se asocia al efecto protector de prevención o ralentización de procesos oxidativos que intervienen en un gran número de enfermedades (Ramos, 2019).

Los arándanos secos poseen muchos compuestos antioxidantes que ayudan a prevenir las enfermedades crónicas porque los flavonoides inhiben la oxidación del colesterol LDL, lo que significa que pueden prevenir el daño a las paredes arteriales y mejorar la circulación sanguínea, los arándanos muestran tres grupos de flavonoides; antocianinas, flavonoles y proantocianidinas, que son compuestos antioxidantes naturales que ayudan a reducir el riesgo de enfermedades degenerativas (Campana, 2020).

### **2.6.5. Usos agroindustriales**

Los arándanos tienen muchos usos diferentes, como pasteles, yogur, helados, tortas, panqueques, cereales y también se pueden comer frescos (Peña, 2017). También es conocida como fruta y medicina antioxidante, utilizada en industrias de tintura, pastelería, mermelada, conservante, yogurt (Sandoval, 2018).

Las frutas son consumidas como producto fresco o procesado, entre los cuales tenemos congelados, enlatados, líquidos, concentrados y secos, también se elaboran conservas, dulces, jaleas, jugos, jarabes, helados y pastas, así como suplementos nutricionales y productos farmacéuticos (Jiménez & Abdelnour, 2017).

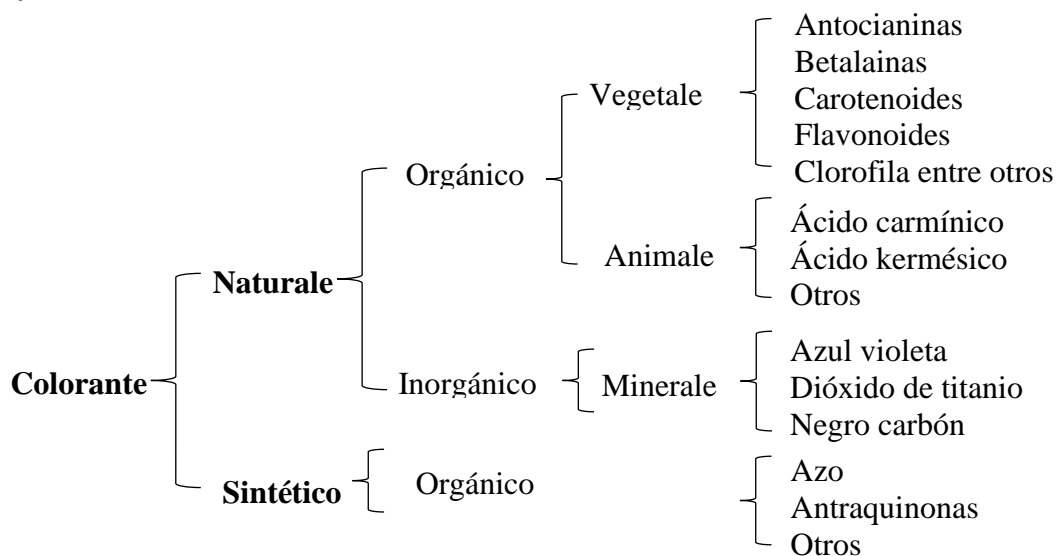
### **2.7. Colorantes**

Son compuestos que tienen la capacidad de dar color a los alimentos en los que se añaden, estos compuestos pueden ser sintéticos o naturales ya sea creados en un laboratorio químico o extraídas de plantas, son conocidos también como tintes y se encuentran en las células, así como en los tejidos animales (Llamuca, 2018).

Los colores naturales o artificiales son agregados a los alimentos intencionalmente, los colores artificiales requieren certificación y están regulados por una autoridad sanitaria, mientras que los colores naturales están exentos de certificación pero deben cumplir con los requisitos reglamentarios (Tuitice, 2021).

**Figura 4**

*Clasificación de los colorantes*



*Fuente:* García, (2004)

## **2.8. Colorante natural**

Estos tipos de colorantes son las que se obtienen de materia animal, vegetal o mineral mediante diferentes métodos tecnológicos, este grupo de colorantes se identifica por presentar menor capacidad de tinción que los colorantes sintéticos, presentan desequilibrio frente a la luz, por lo que origina alteraciones en el sabor y olor de los alimentos donde se añadieron (Ordóñez & Saavedra, 2016).

### **2.8.1. Tipos de colorantes naturales**

#### **2.8.2. Carotenoides**

Es uno de los colorantes naturales más importantes empleados en la industria alimentaria, estos pigmentos se encuentran en frutas, verduras, algunos hongos y algas, otorgan colores amarillos, naranjas y rojas encontrarse en dos formas: los carotenos y las xantófilas. Los carotenos, en su estructura química tiene hidrógeno y carbono, se encuentra como el  $\beta$ -caroteno; las xantófilas presentan hidrógeno, carbono y oxígeno, y se encuentra como la zeaxantina (Janiszewska, 2017).

Los carotenoides son liposolubles, son utilizados para alimentos con alto contenido graso como margarinas, tortas y productos lácteos, los cuales son una excelente opción para el reemplazo de colorantes artificiales, la concentración de estos pigmentos en los alimentos es: a menor cantidad de carotenoides los tonos serán amarillos, a mayor cantidad serán tonos rojizos (García, 2017).

### **2.8.3. Betalaínas**

Es un colorante natural hidrosoluble que se encuentra comúnmente en rábanos, semillas, hojas de caléndula y tuna morada, se clasifican en dos grupos: las betaxantinas confiere colores rojo y amarillo y las betacianinas colores rojos violeta, estos colorantes son extraídos utilizando solventes como agua, etanol y metanol, no es necesario someterlas a temperaturas para poderlas extraer (Torres, 2020).

### **2.8.4. Antociánicos**

Son pigmentos solubles en agua, abarcan una gama de colores desde el rojo hasta el azul, su color depende del número la orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo en las moléculas se encuentran en frutas, flores, tallos, hojas, verduras y raíces, estas antocianinas además de proporcionar el color característico a las plantas, atraen a los insectos polinizadores, cumple la función protectora contra la radiación y son antimicrobianos (Aguirre, 2018).

### **2.8.5. Clorofila**

Es un colorante natural se encuentra en plantas como semillas, hojas, tallos y frutos que proporcionan un color verde debido a la existencia de pigmentos de clorofila (a y b), son los principales pigmentos fotosintéticos (Bonilla & García, 2020).

### **2.8.6. Flavonoides**

Son compuestos fenólicos que proporcionan un color amarillo, se encuentran principalmente en vegetales, frutas, semillas y en bebidas como el vino y la cerveza, dentro de este

compuesto se encuentran los flavonoles, catequinas y las antocianinas encargadas de dar color, son solubles en agua (Aguirre, 2018).

### **2.8.7. Quinonas**

Estos son compuestos naturales formados por oxidación de compuestos aromáticos, estos pigmentos tienen una coloración roja, azul y verde, y se clasifican como: benzoquinona, naftoquinona y antraquinona (Tovar, 2021).

### **2.9. Colorante sintéticos o artificiales**

Los colorantes sintéticos se obtienen por medio de la síntesis química son solubles en agua, para ser utilizados en alimentos, drogas y cosméticos necesitan ser certificados y regidos por la Food and Drug Administration (FDA), para ser utilizados en la industria alimentaria deben contener un 85% de pureza (Cuenca, 2017).

La utilización de los colorantes artificiales en la industria alimentaria proporciona ventajas en la elaboración de los productos destinados a la alimentación, son económicos, estables, accesibles y existe una amplia gama de colores, siendo indispensable para varios productos, el consumo de los colorantes artificiales está relacionados a efectos adversos como alergias, hiperactividad en niños, hipersensibilidad, toxicidad, y carcinogenicidad (Tuitice, 2021).

#### **2.9.1. Código de los colorantes sintéticos**

La Comunidad Económica Europea (CEE), ha determinado aditivos para los alimentos, entre los que se consideran los siguientes colorantes artificiales:

**Tabla 7***Colorantes artificiales permitidos según la CEE*

<b>Nombre</b>	<b>Número</b>
Curcumina	E100
Riboflavina	E101
Tartrazina	E102
Cochinilla	E120
Azorrubina	E122
Amaranto	E123
Rojo cochinilla	E124
Eritrosina	E127
Rojo 2G	E128
Rojo altura	E129
Azul patentado V	E131
Verde S	E142
Caramelo natural	E150 a
Negro brillante BN	E151
Carotenos	E160 a
Extracto de pimentón	160 c
Rojo de remolacha	E162
Antocianina	E163

*Nota.* Tomado de Jiménez (2008).

## **2.10. Pigmentos**

Los pigmentos y colorantes son sustancias capaces de proporcionar color a un elemento, sin embargo, el pigmento tiene un significado más amplio que del colorante, ya que los pigmentos dan origen a los colorantes mediante modificaciones en sus moléculas o uso de sustancias que ayudan a facilitar color, por consiguiente se considera el término pigmento como un material que se encuentra en finas partículas y que una vez disperso en un líquido adecuado, proporciona color (Sanjurjo, 2017).



Las extracciones de los pigmentos naturales no solo se limitan a las plantas, sino también a los pigmentos extraídos de fuentes microbianos, debido que la producción por fermentación microbiana tiene grandes ventajas, como bajo costo de producción, el alto rendimiento, la facilidad de la extracción y estabilidad en la producción a pesar del cambio climático, se ha comprobado que estos pigmentos tienen propiedades anticancerígenas, antimicrobianas y antioxidantes (Ruiz, 2021).

**Tabla 8**

*Clasificación de los pigmentos naturales según la solubilidad*

<b>Colorantes Naturales Hidrosolubles</b>	<b>Colorantes Naturales Liposolubles</b>	<b>Minerales</b>
Curcumina		Carbón vegetal
Cochinilla o ácido carmínico		Dióxido de titanio
Riboflavina, lactoflavina	Clorofila	Aluminio
Caramelo	Xantofilas	Oro
Antocianos	Carotenoides	Carbonato cálcico
Betanina o rojo remolacha		Óxido e hidróxido de hierro
		Plata

*Nota.* Tomado de Sánchez (2013).

### **2.10.1. Antocianinas**

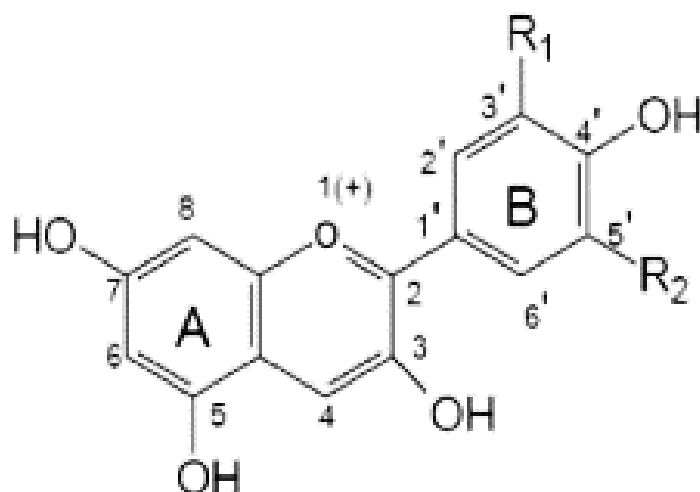
Son pigmentos naturales pertenecientes a la familia de los flavonoides, estos colorantes son considerados como pigmentos netamente naturales responsables de una gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul de muchas frutas, vegetales y cereales, son pigmentos solubles en agua (Taípe, 2021).

El grupo de las antocianinas representa a los pigmentos más importante solubles en agua, se han obtenido 539 especies de antocianinas de plantas, de las cuales 277 fueron identificadas después de 1992, la estabilidad de varios extractos depende de las antocianinas para

mantener sus actividades biológicas dependiendo del pH, temperatura, concentración y condiciones de oxidación (Guillén, 2018).

### Figura 5

*Estructura química de antocianina*



*Nota.* Estructura de la antocianina *Fuente.* DURST Y WROSLTAD, (2001)

#### 2.10.2. Factores que determinan la estabilidad de las antocianinas

Una vez que son extraídas las antocianinas de los tejidos que las contienen son vulnerables a la degradación por factores como; su estructura química, pH, temperatura, presencia de oxígeno, ácido ascórbico, concentración y actividad de agua de la matriz (Yepez, 2019).

Los alimentos que contienen antocianinas en su composición tienden a descomponerse por los siguientes factores: cuando el pH es bajo la descomposición disminuye a mayor pH el producto se degrada con mayor facilidad, el acidez en los alimentos actúa como una capa protectora contra las antocianinas, por esta razón, las antocianinas son aplicadas en productos alimenticios con acidez intermedia (García & Campos, 2021).

#### 2.10.3. Importancia de los pigmentos en la agroindustria

Los pigmentos se usan comúnmente en las industrias alimentarias, farmacéutica, cosmética y en la industria textil para proporcionar color durante la fabricación de varios productos y

artículos industriales, el color es uno de los factores más importantes en la industria alimentaria, es un indicador de calidad, así como puede advertir cuando el producto se ha deteriorado, o ha sufrido algún tipo de cambio en su composición, también puede ser un indicativo del aporte nutricional, así como el olor y sabor (Moreno, 2016)

## **2.11. Métodos de extracción**

La extracción de los colorantes es lo primero que se debe realizar para estudiar estos compuestos vegetales, la recuperación de los compuestos bioactivos después de la extracción depende del método a utilizar, las condiciones y propiedades del sustrato, así como la concentración del solvente, la presión, temperatura y el tiempo de extracción, el método es conocido como técnicas de preparación de muestras (Escobar, 2021).

### **2.11.1. Extracción por solventes orgánicos**

Es un proceso de transferencia de masa en un sistema de dos fases líquidas, es considerada como uno de los métodos más eficientes y económicos para purificar, concentrar y separar las sustancias de interés, también es conocido como intercambio iónico líquido, el cual se basa en el principio de un soluto o ion metálico puede dividirse en cierta proporción entre dos solventes insolubles, uno generalmente agua y el otro un solvente orgánico como el etanol, esto es posible porque algunos reactivos orgánicos tienen una amplia afinidad selectiva por ciertos iones metálicos (Herrera & Rodríguez, 2016).

La extracción con solventes orgánicos es efectiva y simple, pero costosa debido a la gran cantidad de solvente requerido, también puede ser perjudicial para el usuario porque pueden quedar trazas de solventes orgánicos en el extracto. Por esta razón, en la medicina tradicional se reporta que las plantas deben ser remojadas en solución hidroetanólica a una concentración de 30% de etanol, o 70% debido a su baja toxicidad para los humanos, por lo que se considera un procedimiento de extracción seguro y efectivo (Soto & Rosales, 2016).

### **2.11.2. Extracción por maceración**

Implica exponer un sustrato sólido con un solvente durante un cierto periodo de tiempo, un sustrato sólido es un material biológico seco, el solvente, también conocido como menstruo, que es un líquido general agua, alcohol graso de tres carbonos o una mezcla de los dos, la mezcla del sustrato sólida con el solvente se denomina tintura, la maceración es un método simple, seguro y económico, pero de baja eficiencia (Duarte *et al.*, 2020).

La extracción por maceración, la polaridad del disolvente afecta directamente la calidad y cantidad del extracto de acuerdo a los disolventes que se utiliza, para la extracción total de los compuestos no existe un método ni solvente definido, ya que la estructura química y el tamaño molecular interactúan con otros factores como la concentración del solvente, tamaño de partícula, temperatura, tiempo de contacto y la relación masa-volumen (Escobar, 2021).

### **2.11.3. Extracción por enzimas**

Las enzimas actúan en la degradación de la pared celular, al evaluar la efectividad de los procesos de extracción por tratamientos enzimáticos, tendrá que evaluarse la actividad de las enzimas de forma general o con respecto a las enzimas más importantes, es por ello que la extracción por enzimas es sujeta a investigaciones posteriores y posee el potencial de ser comercialmente atractiva, pese a los costos que implica el empleo de enzimas (Sanchez, 2019).

La extracción por este método ayuda a obtener extractos de calidad, estables, completamente naturales y a maximizar la efectividad del equipo, en el proceso de extracción se evidencia una disminución del flujo del permeado, por las partículas que se acumulan en la pared de la membrana y forman la capa de colmataje (Castro & Pérez, 2017).

## **2.12. Yogurt**

Es el producto coagulado que se obtiene por fermentación de la leche o de estos derivados lácteos, mediante la adición de bacterias lácticas tales como: *Lactobacillus delbrueckii*

*subsp. Bulgaricus* y *Sreptococcus salivaris subsp. Thermophilus*, que son benéficas para la salud y además confieren características al producto terminado (NTE INEN 2395, 2011).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación de la investigación

Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio general, ubicado en el sector de Laguacoto I y en el Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Carrera de Agroindustrias.

#### 3.2. Localización de la investigación

A continuación, se detalla la localidad donde se desarrolló la investigación.

**Tabla 9**

*Localización de la investigación*

Detalle	Localidad
País	Ecuador
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto I
Dirección	Laguacoto II (Guaranda Km. 1 1/2 Vía a San Simón)

#### 3.3. Situación geográfica y climática de la localidad

En la presente tabla, se detalla la situación geográfica y las condiciones climáticas del lugar donde se desarrolló la investigación.

**Tabla 10***Aspectos generales del territorio*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Altitud promedio	2622 msnm
Latitud	01° 36'52'' S
Longitud	78° 59'54'' W
Temperatura Máxima	21 °C
Temperatura Mínima	7 °C
Temperatura Media	14.4 °C
Precipitación media anual	980 mm
Heliofanía promedio	900 /horas / luz / año
Velocidad de viento	6 m/s

*Nota.* Tomado de la Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2017 y 2019.

### **3.4. Zona de vida**

Según Leslie Holdridge, determina al lugar donde se desarrolló la investigación como bosque húmedo montano bajo (BHMB), con una temperatura que oscila entre 12 a 18 °C que cubre un área total de 4.588 km<sup>2</sup> (14,7 %).

### **3.5. Materiales**

#### **3.5.1. Material experimental**

- Mora de Castillo (*Rubus glaucus*)
- Fresa albión (*Fragaria Annanasa*)
- Arándano Biloxi (*Vaccinium myrtillus*)

#### **3.5.2. Materiales de laboratorio**

- Vasos de precipitación 500 mL, 200 mL, 80 mL
- Probetas
- Botellas de vidrio

- Embudos
- Cuchillos
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Mortero
- Recipientes de plástico
- Cocina industrial
- Pipetas
- Tubos
- Cuchara

### **3.5.3. Equipos**

- Plancha magnética
- Baño termostático
- Incubadora
- Potenciómetro
- Baño maría
- Termómetro
- Agitador
- Balanza digital
- Centrifugadora
- Rotavapor

### **3.5.4. Reactivos**

- Hipoclorito de Sodio
- Ácido cítrico (  $C_6H_8O_7$  )
- Etanol al 90% (  $C_2H_5OH$  )



- Pectinas ultra sp l
- Agua destilada ( H<sub>2</sub>O)
- Fenolftaleína
- Alcohol acidificado
- Enzimas (Pectinex ultra SP-L)

### **3.5.5. Materiales de oficina**

- Computador portátil
- Lapiceros-lápices
- Calculadores
- Papel bond
- Cámara fotográfica
- Tijeras
- Pendray
- Regla
- Impresora

## **3.6. Métodos**

### **3.6.1. Factor de estudio**

De acuerdo a las características de la investigación se establecieron los siguientes factores:

Factor A (variedad de frutos rojos), Factor B (métodos de extracción) y Factor C (Temperatura) con tres y dos niveles respectivamente, los cuales se definen a continuación:

**Tabla 11***Factores de estudio*

<b>Factores</b>	<b>Código</b>	<b>Niveles</b>
Variedad de frutos rojo	<b>A</b>	a <sub>1</sub> : Mora
		a <sub>2</sub> : Fresa Albión
		a <sub>3</sub> : Arándano
Métodos de extracción	<b>B</b>	b <sub>1</sub> : Solventes orgánicos
		b <sub>2</sub> : Maceración
		b <sub>3</sub> : Enzimas
Temperatura	<b>C</b>	c <sub>1</sub> : 50°C
		c <sub>2</sub> : 60°C

*Nota.* Trabajo experimental.

### **3.6.2. Tratamientos**

A continuación, se describen los tratamientos que se derivaron de los factores en estudio, los cuales se utilizaron como referencia para el desarrollo de la investigación y se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 12***Tratamientos*

Tratamientos	Código	Niveles		
		A	C	B
1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Mora	Solventes orgánicos	50° C
2	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Mora	Solventes orgánicos	60° C
3	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Mora	Maceración	50° C
4	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Mora	Maceración	60° C
5	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Mora	Enzimas	50° C
6	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Mora	Enzimas	60° C
7	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Fresa albión	Solventes orgánicos	50° C
8	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Fresa albión	Solventes orgánicos	60° C
9	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Fresa albión	Maceración	50° C
10	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Fresa albión	Maceración	60° C
11	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Fresa albión	Enzimas	50° C
12	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Fresa albión	Enzimas	60° C
13	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Arándano	Solventes orgánicos	50° C
14	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	Arándano	Solventes orgánicos	60° C
15	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	Arándano	Maceración	50° C
16	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	Arándano	Maceración	60° C
17	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	Arándano	Enzimas	50° C
18	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Arándano	Enzimas	60° C

*Nota.* Trabajo experimental

### 3.6.3. Características del diseño

En la siguiente tabla, se detallan las características del diseño que se realizó en la presente investigación.

**Tabla 13**

*Características del diseño*

Detalle del diseño	Detalle
Tipo de diseño	A*B*C
Factores de estudio	3
Factor A	3
Factor B	3
Factor C	2
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos:	18
Número de Unidades Experimentales: (t × r)	54
Tamaño de Unidad Experimental	5 ml

*Nota.* Trabajo experimental

### 3.6.4. Tipo de diseño experimental

Se aplicó un Diseño de A\*B\*C con arreglo factorial 3\*3\*2 con tres repeticiones. Para establecer la diferencia entre los tratamientos se aplicó una tabla de ANOVA el cual se ajusta al siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + AC_{ij} + ABC_{ijk} \varepsilon_{ijk}$$

**Siendo:**

$Y_{ijk}$  : Variable sujeta de medición

$\mu$ : Media General

$A_i$ : Efecto del Factor A

$B_j$  : Efecto del Factor B

$AB_{ij}$  : Efecto de la interacción (AxB)

$AC_{ij}$ : Efecto de interacción (AxC)

$ABC_{ijk}$  : Interacción entre los tres factores (AxBxC)

$\varepsilon_{ijkl}$  : Efecto del error experimental aleatorio

### 3.6.5. Análisis de varianza (ANOVA)

Para conocer la diferencia entre los tratamientos se realizó análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion como se detalla a continuación.

**Tabla 14**

*Análisis de Varianza (ANOVA)*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tablas
Factor A	a-1	$SC_A$	$CM_A$	$CM_A / CM_E$	$P(F > F_0^A)$
Factor B	b-1	$SC_B$	$CM_B$	$CM_B / CM_E$	$P(F > F_0^B)$
Factor C	c-1	$SC_C$	$CM_C$	$CM_C / CM_E$	$P(F > F_0^C)$
Factor AB	(a-1) (b-1)	$SC_{AB}$	$CM_{AB}$	$CM_{AB} / CM_E$	$P(F > F_0^{AB})$
Factor AC	(a-1) (c-1)	$SC_{AC}$	$CM_{AC}$	$CM_{AC} / CM_E$	$P(F > F_0^{AC})$
Factor ABC	(a-1) (b-1) (c-1)	$SC_{ABC}$	$CM_{ABC}$	$CM_{ABC} / CM_E$	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	abc(n-1)	$SC_E$	$CM_E$		
Total	abc-1	$SC_T$			

*Nota.* Trabajo experimental

### 3.6.6. Pruebas de rangos múltiples

Para determinar el nivel de incidencia entre las medias muestrales, se realizó mediante el método de la diferencia mínima significativa (LSD).

#### Modelo de LSD

$$LSD = t_{n-k; \alpha/2} \sqrt{\hat{S}_E^2 \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

**Siendo:**

**LSD:** Diferencia mínima significativa

**k:** Número de observaciones

**$n_i$   $n_j$ :** Tamaño muestrales de los niveles  $i$  e  $j$

**$\hat{S}_E^2$ :** Estimación de la varianza de error o residual.

### 3.7. Métodos de evaluación y datos a tomarse

#### 3.7.1. Caracterización de la materia prima

##### a. Potencial de hidrógeno (pH)

Para realizar el análisis del pH se determinó mediante la norma NTE INEN-ISO 1842, como primer paso se realizó el despulpado de las frutas (fresa, mora y arándano), en el cual las pulpas de la materia prima en estudio se homogeneizaron para finalmente ser medidas el potencial de hidrógeno en un pH-metro.

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = \frac{\log 1}{[H^+]}$$

##### b. Acidez titulable

Para la acidez titulable se determinó mediante la norma NTE INEN-ISO 750, una vez obtenida la pulpa de la materia prima se peso 5g de cada muestra y se aforo con 50 mL de agua destilada, posteriormente se homogeneizó con 5 gotas de fenolftaleína (indicador), se

vierte gota a gota de hidróxido de sodio a las muestras hasta alcanzar un punto de neutralización.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{N * VD * Meq}{M} \times 100$$

**Siendo:**

*N*: Normalidad

*VD*: Cantidad en mL de hidróxido de sodio gastado

*Meq*: Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante de la fruta

*M*: Muestra (g)

#### **c. Sólidos solubles (°Brix)**

El sólido soluble se determinó mediante la norma NTE INEN-ISO 2172, el cual consiste en colocar la pulpa de las frutas en estudio sobre el prisma del refractómetro a una escala 0 a 30° identificando los °Brix que posee cada una de las frutas.

$$\frac{P \times M_1}{M_0}$$

**Siendo:**

*P* = % (m/m) de sólidos solubles en la solución diluida

*M*<sub>0</sub> = masa en g, de las muestras antes de la dilución

*M*<sub>1</sub> = masa en g, de la muestra después de la dilución

#### **d. Índice de madurez**

Se determinó mediante la norma NTE INEN 2427, el cual el zumo de las frutas fueron centrifugadas a 2000 rpm por 5 min, una vez concluido el procedimiento las muestras se colocaron en un refractómetro. Los resultados del índice de madurez fueron expresados como °Brix/ acidez titulable mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Sólidos solubles totales (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}}$$

### **3.8. Rendimiento del pigmento**

Para la obtención de los pigmentos por los tres métodos de extracción en estudio, se realizó a partir de 200 mL de muestras, mediante el cual se realizó el cálculo del rendimiento de los pigmentos de los frutos rojos para demostrar la eficiencia de la extracción.

$$\%Rendimiento = \frac{V_{final}}{V_{inicial}} * 100$$

**Siendo:**

$V_{final}$ : Volumen final del pigmento en mL

$V_{inicial}$ : Volumen inicial del zumo de frutas en mL

### **3.9. Extracción de pigmentos**

#### **3.9.1. Solventes orgánicos**

Para la extracción de los pigmentos de las frutas en estudio se desarrolló de acuerdo a la investigación realizada por Cubillos & Pava (2021).

##### **3.9.1.1. Procedimiento de la extracción por solventes orgánicos**

###### **a. Recepción de la materia prima**

Se adquirió 3 lb de materia prima en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato.

###### **b. Selección**

Se procedió a separar las frutas que presentan descomposición, cortaduras, verificar que las frutas tengan un tamaño uniforme y un color aceptable.

###### **c. Lavado**

Con abundante agua destilada se eliminaron las impurezas, agentes extraños y otros tipos de microorganismos.



#### **d. Triturado**

En un mortero se procede a triturar las frutas para mayor eficiencia en el proceso de extracción de los colorantes.

#### **e. Baño maría**

En un vaso de precipitación se colocó 200 g de materia prima en estudio junto con 200 mL de solvente (etanol al 96%, 0,03% de ácido cítrico), se realizó baño maría a una temperatura de 60 °C y se dejó reposar durante 24 h.

#### **f. Filtración**

Para separar los sólidos se filtró los extractos etanólicos en un papel Whatman N° 1, utilizando un embudo Büchner.

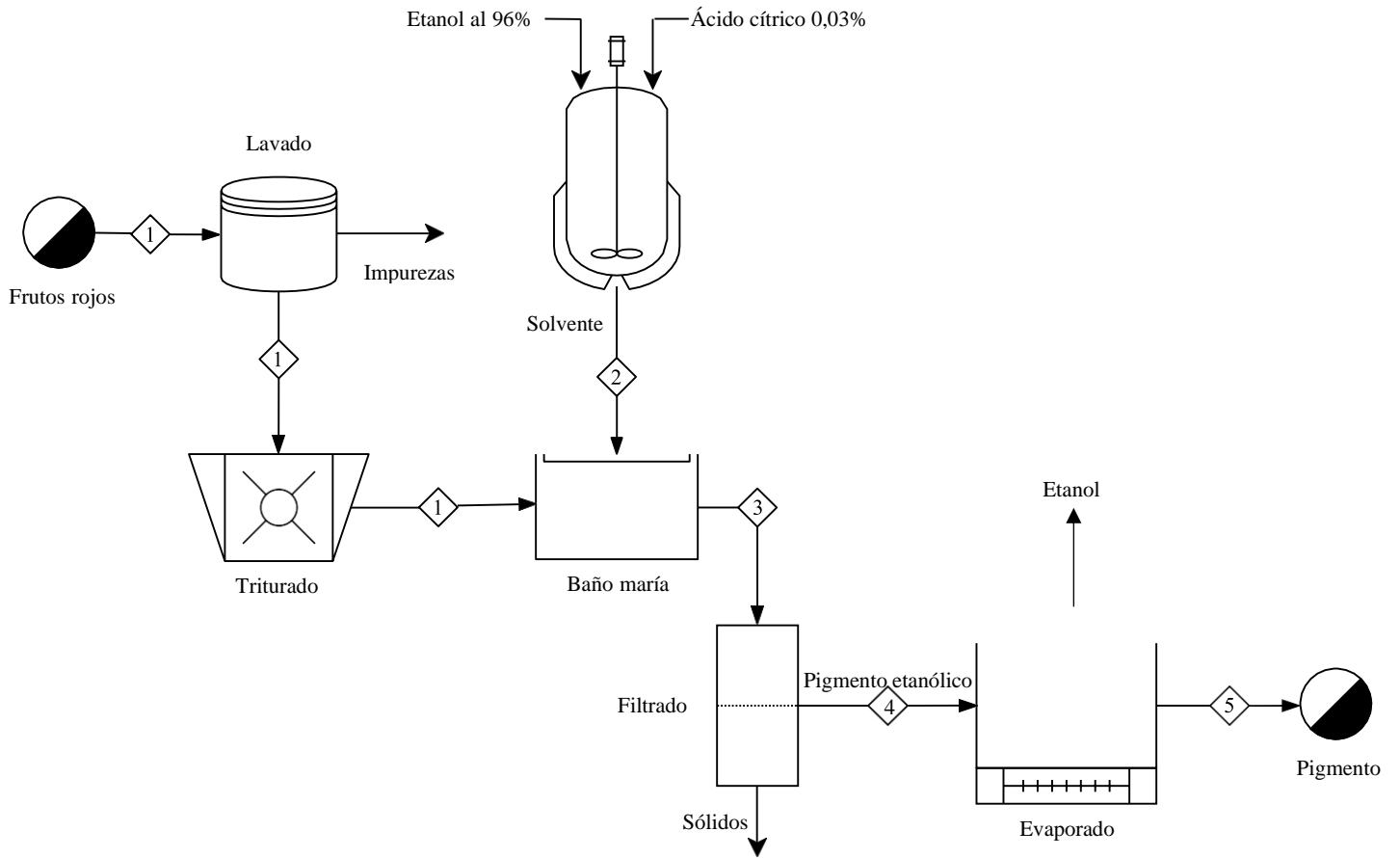
#### **g. Evaporación**

Para obtener el colorante de alta pureza, se procedió a eliminar el exceso del solvente en una plancha de calentamiento a una temperatura de 60 °C.

#### **h. Envasado y almacenado**

Los colorantes fueron envasados en frascos de vidrio de color ámbar herméticamente sellados a temperatura ambiente en un lugar oscuro hasta su posterior análisis.

### 3.9.1.2. Diagrama de proceso de extracción por solventes orgánicos



*Nota.* Trabajo experimental.

### **3.9.2. Maceración**

La extracción de pigmentos por maceración, se realizó de acuerdo a la investigación desarrollada por Taípe (2021), el cual consistió en dejar la materia prima en estudio en contacto directo con el disolvente durante 14 días.

#### **3.9.2.1. Procedimiento de la extracción por maceración**

##### **a. Recepción de la materia prima**

Las materias primas, tanto la mora, fresa y arándanos fueron adquiridas en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato, en la que se obtuvieron 3 libras de cada fruta.

##### **b. Selección**

Se descartaron las frutas que presentan descomposición, cortaduras y se procedió a verificar que sean del mismo color, también que presenten un tamaño uniforme.

##### **c. Lavado**

Las frutas se lavaron con agua destilada para eliminar las impurezas, agentes extraños y otros tipos de microorganismos.

##### **d. Triturado**

En un mortero se procede a triturar las frutas para mayor eficiencia en el proceso de extracción de los colorantes.

##### **e. Maceración**

En un frasco de vidrio color ámbar se procede a colocar 200 gr de cada materia prima en estudio junto con 250 mL de solvente (agua destilada, ácido cítrico y etanol al 96%, relación 60/40), durante 14 días en un lugar oscuro a una temperatura ambiente, cubierto totalmente con papel aluminio para proteger el pigmento de la luz.

#### **f. Filtración**

Se procedió a filtrar los extractos etanólicos con un papel Whatman N° 1, utilizando un embudo Büchner.

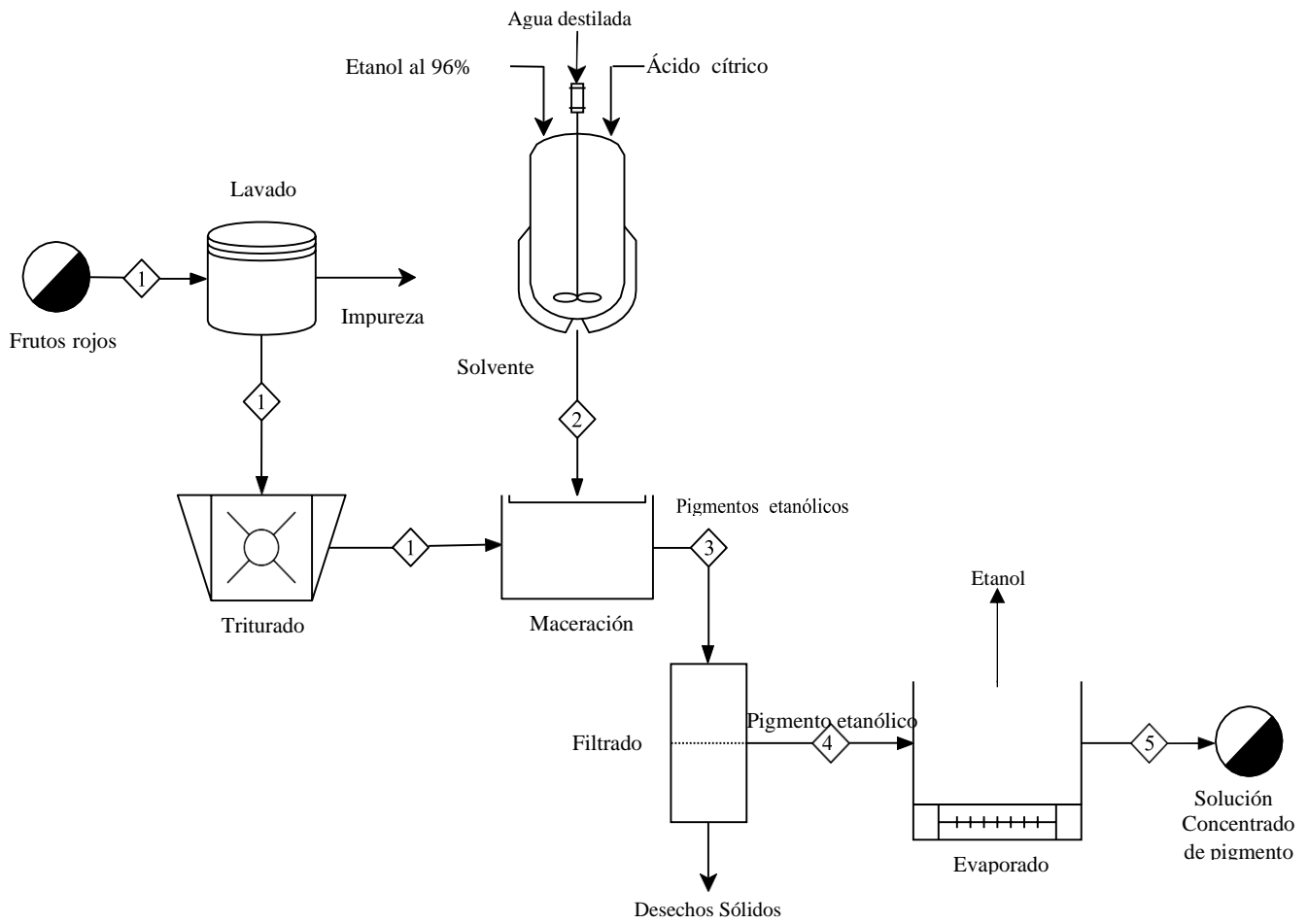
#### **g. Evaporación**

Para eliminar el exceso del solvente, se procedió a calentar el extracto en una plancha de calentamiento a una temperatura de 60 °C con la finalidad de obtener colorantes de alta pureza.

#### **h. Envasado y almacenado**

Los colorantes fueron envasados en frascos de vidrio de color ámbar herméticamente sellados a temperatura ambiente en un lugar oscuro.

### 3.9.2.2. Diagrama de proceso extracción por maceración



*Nota.* Trabajo experimental

### **3.9.3. Enzimas**

Para la extracción de pigmentos mediante el uso enzimático se desarrolló de acuerdo a la investigación realizada por Delgado (2019).

#### **3.9.3.1. Procedimiento de la extracción mediante el uso de enzimas**

##### **a. Recepción de la materia prima**

En el mercado de la ciudad de Ambato se adquirió 3 lb de mora, fresa y arándano.

##### **b. Selección**

Separar las frutas que presentan descomposición, cortaduras y verificar que se encuentre con un color, tamaño uniforme.

##### **c. Lavado**

Se eliminaron impurezas, agentes extraños y otros tipos de microorganismos con abundante agua destilada.

##### **d. Triturado**

Se trituraron las frutas para mayor eficiencia en el proceso de extracción de los colorantes con la ayuda de un mortero.

##### **e. Mezclado y calentado**

Se añadió 1 L de agua acidificada por cada 100 g de fruta y se procedió a calentar a una temperatura de 93 °C durante 5 minutos para finalmente dejar en reposo durante 24 h a temperatura ambiente.

##### **f. Acondicionamiento**

Para el acondicionamiento del jugo se elevó la temperatura hasta alcanzar los 50 °C para adicionar la enzima Pectinex Ultra SP a una concentración de 0,02 mL/L, dejando reposar durante 2 h para finalmente añadir 1,5 L de etanol al 65%.

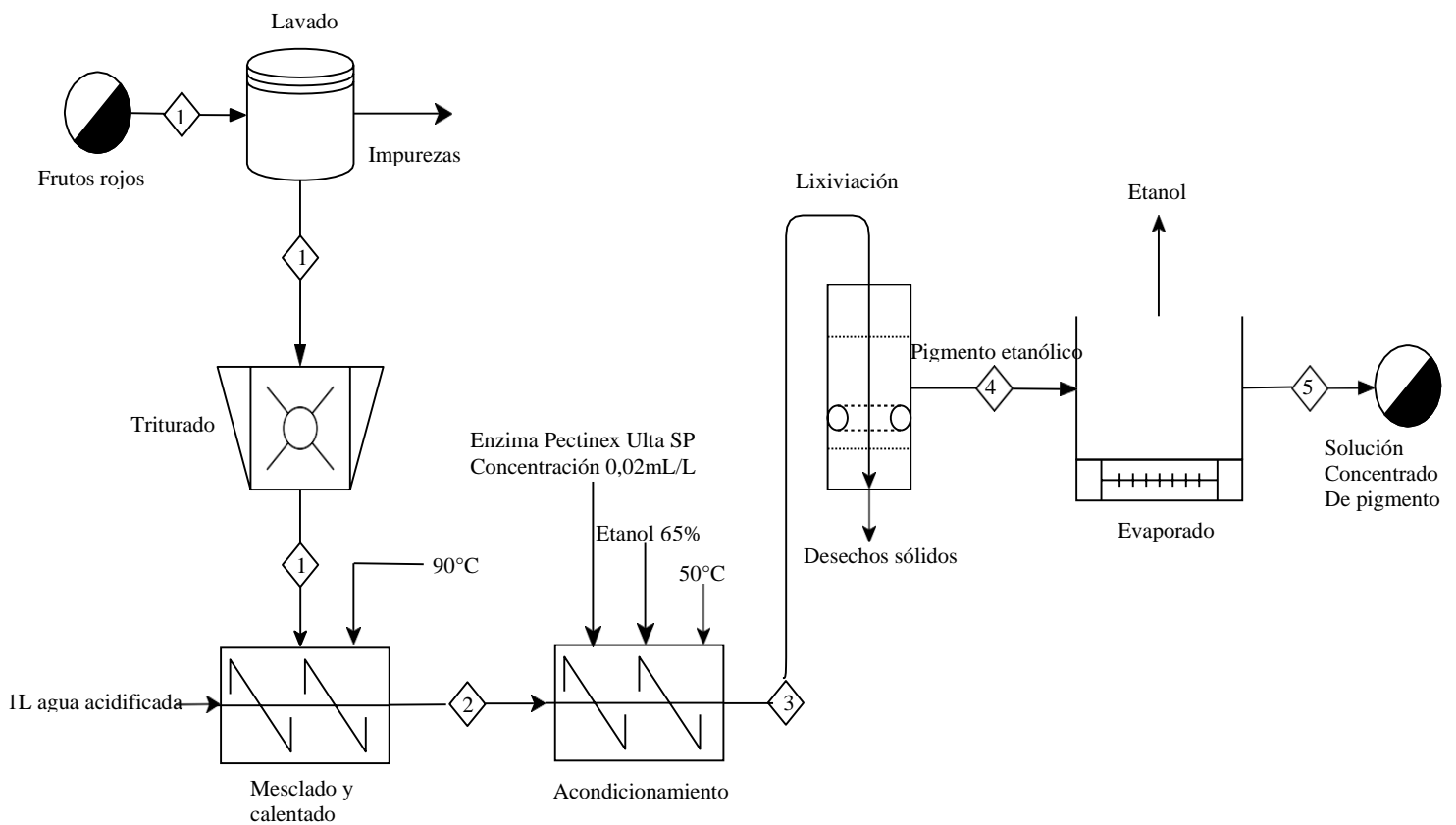
### g. Lixiviación

Se procedió a separar los sólidos líquidos en un embudo Büchner con papel filtro Whatman N° 1 con 1,5 cm.

### h. Evaporado

Para evaporar el solvente y maximizar la pureza de los pigmentos fue llevado a una plancha de calentamiento a una temperatura de 50 °C durante 35 min.

### 3.9.3.2. Diagrama de proceso de la extracción por enzimas



*Nota.* Trabajo experimental

### **3.10. Análisis físico-químico de los pigmentos**

#### **3.10.1. Humedad**

Para la determinación de la humedad, se realizó en una balanza termogravimétrica UV de marca MAETTLER TOLEDO, en la cual se colocó 1 mL de pigmento en el plato de muestras, técnica que consiste en extraer la humedad por calentamiento y determina el resultado en pérdida de peso.

$$\%H = \frac{P_0 - P_f}{M_0} * 100$$

**Siendo:**

$P_0$ : Peso de muestra inicial

$P_f$ : Peso de muestra final

$M_0$ : peso inicial de la muestra

#### **3.10.2. Potencial de hidrógeno (pH)**

Para el desarrollo del análisis de pH se determinó mediante la norma NTE INEN-ISO 1842, se utilizó el potenciómetro Hanna, la cual se calibró con agua destilada y posteriormente con una solución buffer hasta alcanzar un pH de 7 a una temperatura 16,4°C y finalmente las muestras fueron medidas en el instrumento mencionado.

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = \frac{\log 1}{[H^+]}$$

#### **3.10.3. Acidez titulable**

En la determinación de la acidez titulable se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 750, se preparó una solución indicadora de NaOH a una concentración de 0,1 N y como indicador se utilizó fenolftaleína al 2% en muestras de 10 mL de pigmento.



$$\% \text{ Acidez} = \frac{N * VD * Meq}{M} \times 100$$

**Siendo:**

**N:** Normalidad

**VD:** Cantidad en mL de hidróxido de sodio gastado

**Meq:** Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante de la fruta

**M:** Muestra (g)

**3.10.4. Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría**

Para la determinar la concentración de antocianinas se realizó de acuerdo al método ABTS establecido por Lillo *et al.*, (2016) en la que se utilizó como reactivo una solución ABTS, la cual se obtiene tras la reacción 2,2-Azino-bis (3- ethylbenzothiazoline-6-sulfinic acid) diammonium (ABTS) con persulfato potásico dejando en reposo por 16 horas en un lugar oscuro a temperatura ambiente, transcurrido este tiempo se forma el radical ABTS y se diluye con buffer acetato, la cual es medida a una longitud de onda de 734 nm. Para medir la absorbancia del pigmento se preparó una curva de calibración en un rango de concentración de 0 a 800 µmol/L, para el análisis se tomó 200 µL de pigmento más 3800 µL de solución ABTS, la cual se ajito y se dejó reposar durante 45 min en un lugar oscuro, finalmente las muestras fueron analizadas en un espectrofotómetro UV a una longitud de onda de 734 nm.

$$Abs_{real} = Bl_M - Abs_M$$

$$ABTS = \frac{Abs - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

**Siendo:**

**ABTS:** Capacidad antioxidante en  $\mu\text{mol trolox/g}$

**Abs:** Absorbancia

**a y b:** son la pendiente de la curva de calibración de trolox y el punto de corte

**V:** Volumen total en mL

**PM:** peso de la muestra en g

**FD:** Factor de dilución.

### **3.11. Desarrollar un producto comercial de los pigmentos**

Para los pigmentos extraídos se desarrolló un marketing mix para determinar estrategias de aspectos internos analizando variables como el nombre del producto, logotipo, precio, marca, tipo de producto, de igual manera la etiqueta del producto se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN 1334-3, rotulado de productos alimenticios para el consumo humano, esta norma aplica para todo producto alimenticio procesado envasado y empacado, el cual es ofrecido como venta directa al consumidor.

### **3.12. Elaboración de una bebida láctea con la adición de pigmentos**

Para adicionar el pigmento en el yogurt se realizó de acuerdo a lo establecido por Lucero & Muñoz (2020), donde adicionaron 0,3 mL de pigmentos etanólicos en 10 mL de yogurt y homogenizado con agitación magnética durante 2 minutos.

#### **3.12.1. Procedimiento**

##### **a. Recepción de la leche**

Recepción de 4 L de leche en el Complejo Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

##### **b. Filtración**

La leche fue filtrada para extraer todas las impurezas no deseadas como lanas, hierbas y hojas.

### **c. Pasteurización**

Se realizó la pasteurización a una temperatura de 80 a 90°C durante 30 minutos.

### **d. Enfriamiento**

Se procedió a bajar la temperatura de la leche pasteurizada hasta llegar a los 45°C en la cual se le añade el cultivo lácteo.

### **e. Incubación**

Una vez agregado el fermento lácteo fue incubado durante 2h.

### **f. Adición de pigmento**

Se preparó jarabe azucarada con 20 mL de agua y 300 g de azúcar, la cual fue adicionada al yogurt junto con el pigmento de acuerdo a lo siguiente: 160 mL de yogurt 2 ml de pigmento de mora, 160 mL de yogurt 13 mL de pigmento de fresa, 160 mL de yogurt 1 mL de pigmento de arándano.

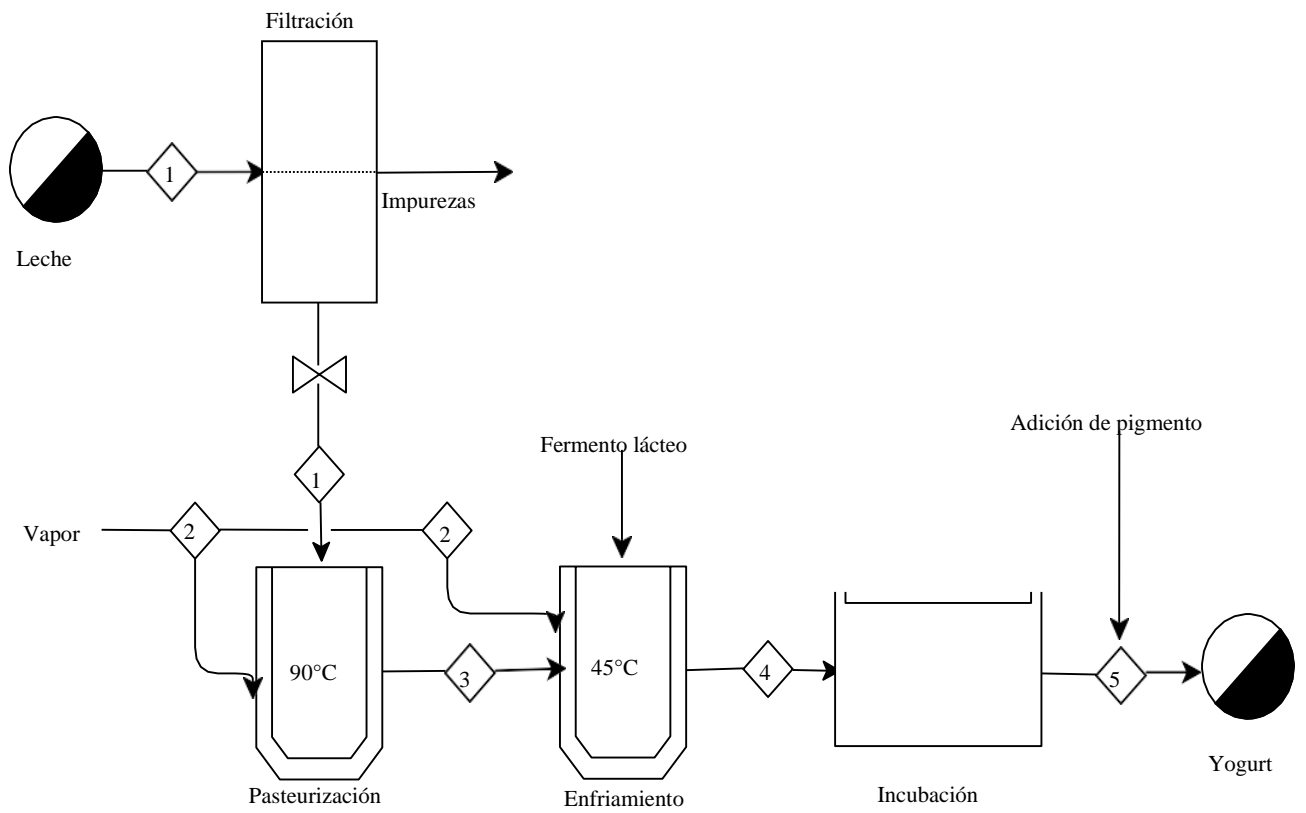
### **g. Envasado y etiquetado**

El producto fue envasado en recipientes de polietileno de 100 mL.

### **h. Almacenado**

El yogurt fue almacenado en refrigeración a una temperatura de 9°C hasta su comercialización.

### 3.12.2. Diagrama de proceso de la elaboración del yogurt



*Nota.* Trabajo experimental

### **3.13. Evaluación sensorial del yogurt**

Se realizó la evaluación sensorial del yogurt con la adición de pigmentos extraídos de las frutas rojas en estudio, para determinar el mejor tratamiento, la medición y cuantificación fue por medio de los catadores semientrenados, los cuales evaluaron los siguientes parámetros: sabor, color, olor y viscosidad.

La prueba hedónica que se utilizó para la evaluación sensorial fue a una escala del 1 a 7 puntos, las variables de la calificación fueron: muy agradable, agradable, poco agradable y desagradable, la cual se realizó a un panel de 11 catadores quienes fueron entrenados para jueces de calificación mediante cataciones al producto, denominándolos como jueces semientrenados.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

Los resultados adquiridos tras la caracterización de la materia prima, se evidencia en la siguiente tabla.

**Tabla 15**

*Caracterización de las frutas*

Análisis	Método	Materia prima		
		Mora	Fresa Albión	Arándano
pH	NTE INEN-ISO 1842	3,35	4,0	3,0
Acidez titulable	NTE INEN-ISO 750	1,34 %	0,64 %	1,66 %
°Brix	NTE INEN-ISO 2172	6,0	6,2	10,5
Índice de madurez	NTE INEN 2427	4,47 °Brix/ acidez titulable	9,68 °Brix/ acidez titulable	6,32 °Brix/ acidez titulable

*Nota. Trabajo experimental*

En la tabla, se observan los resultados obtenidos de pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix) e índice de madurez mediante diferentes métodos establecidos por la normativa INEN, realizados a la mora, fresa Albión, arándano, donde se evidencia que la fresa Albión presenta un pH de 4,0, valor más representativo, mientras que para la acidez titulable el arándano posee un porcentaje más alto con respecto a la mora y la fresa Albión con un valor de 1,66%, además, en los análisis de sólidos soluble el arándano presenta un valor de 10,5 °Brix, resultado bastante significativo con respecto a las otras frutas en estudio y para el índice de madurez el valor más alto corresponde a la fresa Albión con 9,68 °Brix/ acidez titulable.

NTE INEN 2427 para la mora, determina que la acidez titulable es de 1,8 %, sólidos solubles 9,0 °Brix e índice de madurez 5,0 °Brix/ acidez titulable, estos valores en comparación con nuestra investigación son bastante similares a excepción del resultado de sólidos solubles ya que en nuestro trabajo presenta un valor de 6 °Brix, dato que difiere con la normativa INEN. Por otro lado Iza *et al.*, (2016), realizó los mismos análisis al de nuestra investigación, donde identificó los siguientes valores pH 2,99, °Brix 8,39, acidez titulable 2,47%, índice de madurez 4,37 °Brix/acidez titulable, resultados que concuerdan con nuestra trabajo, a excepción de los °Brix, es decir que la mora no alcanzó su índice máximo de maduración. Ferrer (2020), también realizó los mismo análisis a la fresa donde reportó los resultados siguientes: 7,2°Brix, 0,82% acidez titulable, 3,66 pH y 8,68 25°Brix/acidez titulable e índice de madurez, estos valores son similares con respecto al nuestro investigación, de forma contrapuesta Aguagallo (2015), en la fresa determinó los mismos parámetros donde dio a conocer los siguientes resultados: °Brix 8,4, acidez titulable 3,9%, pH 3,8 e índice de madurez 25°Brix/acidez titulable, dichos valores varían significativamente con los de nuestro estudio, pudiendo atribuirse al estado de madurez de la fresa, al lugar de procedencia y al tiempo de cosecha de la fruta.

Los análisis físicos químicos realizados al arándano Falcón (2017), determinó los siguientes resultados: 3,8 pH, 16,43 °Brix, 2% acidez titulable y 8,21 °Brix/acidez titulable de índice e madurez, estos resultados concuerdan con los obtenidos en nuestra investigación, a excepción de los sólidos solubles debido a que en nuestra investigación se adquirió un valor de 10,5 °Brix, pudiendo atribuirse al estado de maduración de la fruta, del mismo modo Arteaga & Arteaga (2016), determinó los siguientes resultados en el arándano biloxi: 10,90 °Brix, 3,40 pH, 0,74% acidez titulable, encontrándose valores similares adquiridas en nuestro trabajo, además, Chávez (2019), en el análisis físico químico realizado al arándano adquirió los siguientes resultados; 14 °Brix, 3,47 pH, 0,97% de acidez titulable e índice de

madurez 15,8 °Brix/acidez titulable, dichos valores coinciden con las de nuestro trabajo de investigación a excepción del índice de madurez, esta diferencia de resultado se debe al estado fisiológica de madurez y al tiempo de cosecha de la fruta.

#### 4.2. Resultados de los pigmentos extraídos

En la siguiente tabla, se detallan los resultados de los pigmentos adquiridos mediante métodos de extracción por maceración, solventes orgánicos y el uso de enzimas.

**Tabla 16**

*Volumen de los pigmentos extraídos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Pigmento (mL)</b>	<b>Rendimiento %</b>
1	26	13,0
2	25	12,5
3	29	14,5
4	28	14,0
5	32	16,0
6	30	15,0
7	33	16,5
8	33	16,5
9	22	11,0
10	20	10,0
11	32	16,0
12	33	16,5
13	23	11,5
14	22	11,0
15	24	12,0
16	22	11,0
17	31	15,5
18	28	14,0

*Nota.* Trabajo experimental



En la tabla se observa el volumen de los pigmentos extraído de las frutas, mora de castilla, fresa Albión y arándano biloxi por métodos de solventes orgánicos, maceración y enzimas, las cuales fueron sometidas a temperaturas de 50 y 60 °C con el fin de eliminar el solvente utilizado para mayor concentración de los pigmentos, de igual forma se detalla los rendimientos adquiridos de los 18 tratamientos, donde se evidencia que el método de extracción mediante el uso de enzimas a 50 °C, resultó ser más eficiente la extracción de los pigmentos, cabe recalcar que estos pigmentos aún se encuentran restos de solventes.

Naspud (2018), en su investigación por el método de maceración extrajo 80 mL de colorante de la mora de castilla, obteniendo un rendimiento del 16% valor similar al rendimiento adquirido en la presente investigación, por otro lado, Ramírez *et al.*, (2006), en la obtención del colorante natural de la mora de castilla a partir de la extracción metanólica, obtuvieron un rendimiento de 31,32%, en el trabajo realizado por Lustre & Cabrera (2021), extrajo pigmentos de arándano por el mismo método obteniendo un volumen de 30 mL, estos resultados son similares a los de nuestro trabajo, mientras que el pigmento de la Fresa Albión por el método de maceración no se encontraron en la literatura, por añadidura la norma Técnica Colombiana 4106 menciona que los frutos rojos que se encuentran próximos a la madurez fisiológica permite obtener un alto rendimiento de pigmentos, debido a que las antocianinas se encuentran presentes cerca a la maduración del fruto.

En la investigación realizada Burgos & Ibañez (2016), por el método solventes orgánicos extrajo 2,377 mL de pigmento de arándano, Lucero (2019), realizó una investigación, donde adquirió un volumen de 26 mL de colorante de mora de castilla por el método Soxhlet, por otro lado Ávila (2019), por el método Fluidos Supercríticos obtuvo un volumen de 1,196 mL de colorante de fresa, todos estos valores difieren con los resultados obtenidos en nuestra investigación ya que fueron utilizados diferentes métodos de extracción, se realizó estas comparaciones debido a que en la literatura no se reportaron extracciones de pigmentos de

mora, fresa Albión y arándano mediante métodos específicos de solventes orgánicos y enzimas.

### 4.3. Resultados de los análisis físicos-químicos de los pigmentos

#### 4.3.1. Análisis de humedad

Los resultados de humedad, se presentan a continuación mediante el análisis de varianza.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza para la humedad del pigmento*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A:Variedades frutos rojos	2	648,047	324,024	9775,01	0,0000*
B:Método de extracción	2	46,5837	23,2919	702,66	0,0000*
C:Temperatura	1	15,36	15,36	463,37	0,0000*
Interacciones					
AB	4	117,615	29,4038	887,04	0,0000*
AC	2	0,523333	0,261667	7,89	0,0014*
BC	2	0,573333	0,286667	8,65	0,0009*
ABC	4	1,00333	0,250833	7,57	0,0002*
Residuos	36	1,19333	0,0331481		
Total (corregido)	53	830,899			

\*: Diferencia estadística altamente significativo

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla, se muestra el resultado del análisis de varianza del contenido de humedad realizado al pigmento, donde se observa que el factor A (variedad de frutos rojos), el factor B (método de extracción) y el factor C (temperatura) son menores que 0,05, estos valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de estos factores, por lo tanto, el factor A, factor B, factor C y sus respectivas interacción tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el % de Humedad con un 95,0% de nivel de confianza.

Debido a que existe diferencia estadística entre los dos factores, se realizaron pruebas de rangos múltiples por el método LSD, para determinar el mejor tratamiento.

**Tabla 18**

*Pruebas LSD para el factor A en el % de humedad*

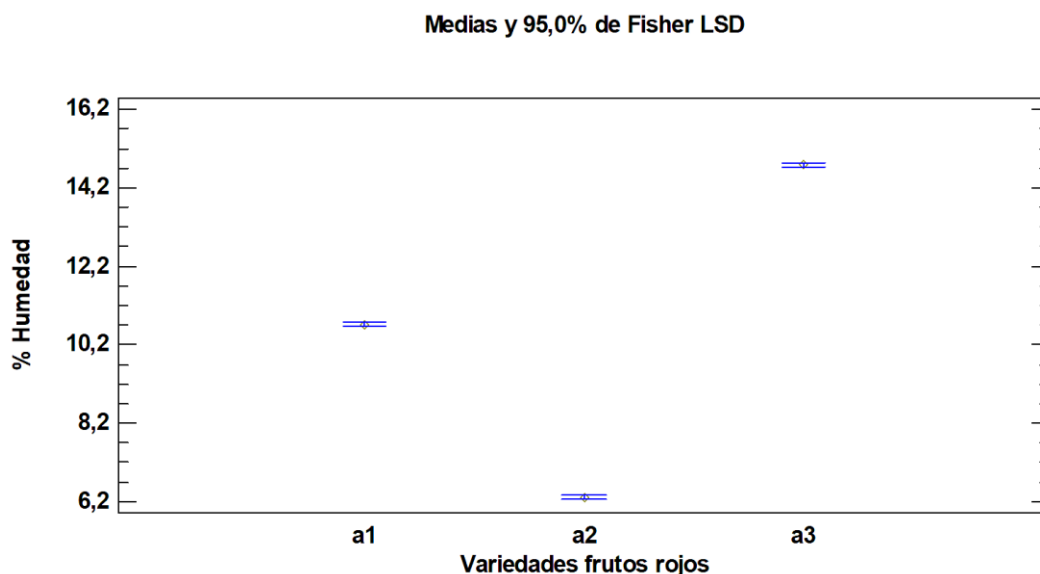
<b>Variedades frutos rojos</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
a <sub>3</sub>	18	14,7889	0,0429134	A
a <sub>1</sub>	18	10,7167	0,0429134	B
a <sub>2</sub>	18	6,30556	0,0429134	C

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla anterior se evidencia que la media más alta corresponde al nivel a<sub>3</sub> con un porcentaje de humedad de 14,7889%, como consecuencia el mejor tratamiento corresponde al pigmento de arándano, de forma contrapuesta, en el estudio realizado por Robayo (2000), analizó la humedad del colorante en polvo de la mora de castilla, donde informó un resultado de humedad del 3,18%, mientras que en nuestra investigación la mora de castilla posee un porcentaje de humedad de 11,3111%, pero analizado en el colorante líquido, por esta razón se evidencia la diferencia estadística entre la literatura con la de nuestra investigación.

**Figura 6**

*Relación de las variedades de frutos rojos con el % de humedad*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura, se evidencia que las medias del factor A (variedad de frutos rojos) son diferentes, donde se destaca el nivel a<sub>3</sub> (arándano), por lo tanto, se comprobó que el factor A tiene un efecto estadísticamente significativo con un 95% de confianza sobre el porcentaje de humedad.

**Tabla 19**

*Pruebas LSD para el factor B en el % de humedad*

Método de extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>2</sub>	18	11,8333	0,0429134	A
b <sub>3</sub>	18	10,3889	0,0429134	B
b <sub>1</sub>	18	9,58889	0,0429134	C

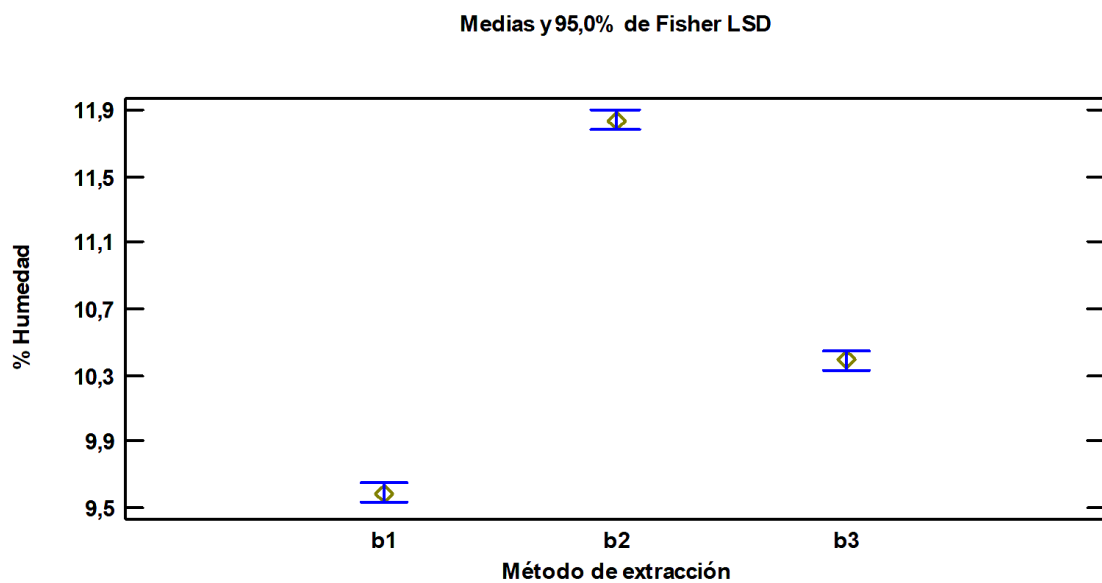
*Nota.* Trabajo experimental

En la presente tabla se observa los resultados de la comparación de rangos múltiples, donde se evidencia que los grupos homogéneos son diferentes, debido que la media más alta corresponde al nivel b<sub>2</sub> con un porcentaje de humedad de 11,8333%, por esta razón, la

extracción por de maceración resultó ser el mejor método para la extracción de pigmento de los frutos rojos, con respecto al análisis de humedad realizados a los pigmentos de mora, fresa Albión, arándano por los tres métodos de extracción en estudio, no se evidenciaron referencias bibliográficas, por lo tanto el presente trabajo es la primera investigación en realizarse.

### Figura 7

Relación del método de extracción con el % de humedad



Nota. Trabajo experimental

En la figura se evidencia que los niveles del factor B (métodos de extracción) son diferentes, donde el nivel más destacado es el b<sub>2</sub> (extracción por maceración) con un 95% de nivel de confianza.

De la misma forma, se realizó pruebas de comparación múltiples LSD, debido a la diferencia estadística presentada en el análisis de varianza en el factor C.

**Tabla 20**

*Pruebas LSD para el factor C para el % de humedad*

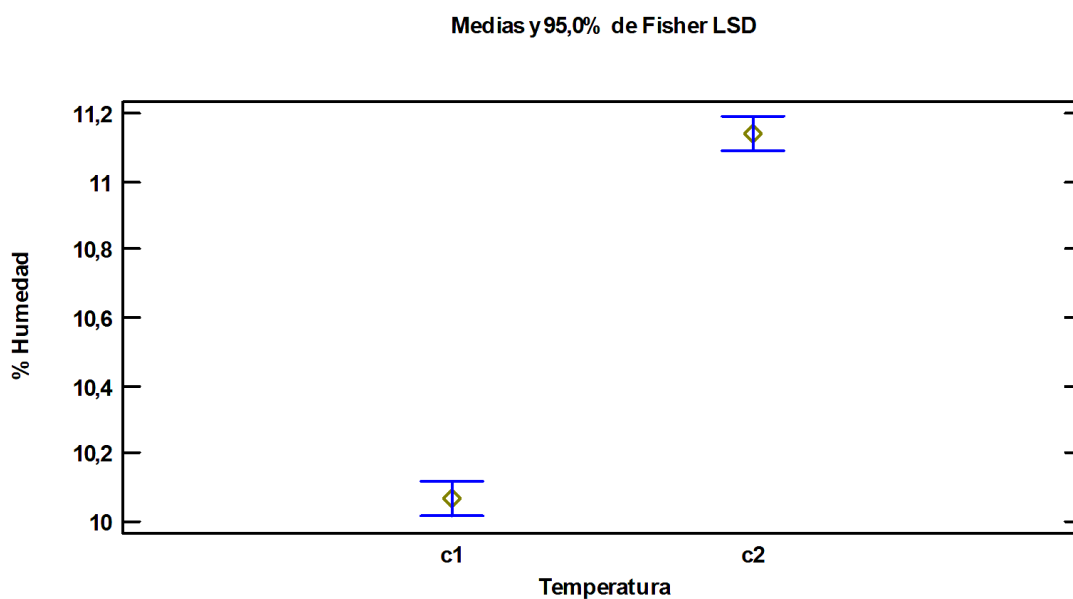
Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>2</sub>	27	11,137	0,0350387	A
c <sub>1</sub>	27	10,0704	0,0350387	B

*Nota.* Trabajo experimental.

Mediante el análisis de varianza, se evidencia que los grupos homogéneos son diferentes, donde el nivel c<sub>2</sub> presenta un porcentaje de humedad de 11,137%, por lo tanto, la temperatura de 60 °C en la que se separó el disolvente del pigmento influye en el porcentaje de humedad.

**Figura 8**

*Relación de temperatura con el % de humedad*

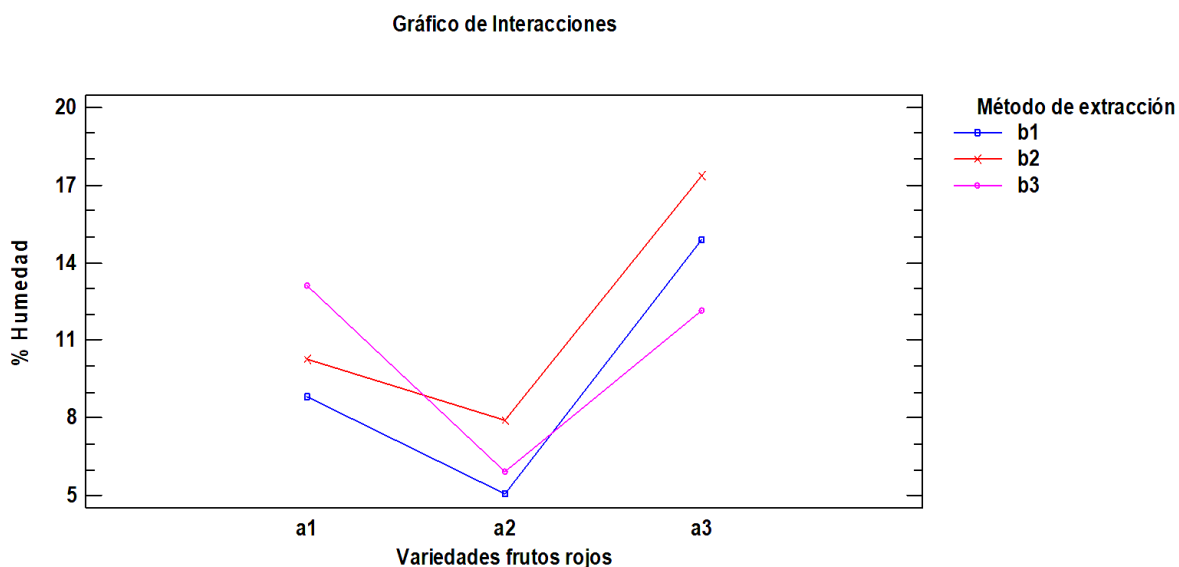


*Nota.* Trabajo experimental

De igual forma, en la figura se observa que el nivel c<sub>2</sub> que corresponde a una temperatura de 60°C, resulta ser diferente del otro nivel.

**Figura 9**

*Interacción de la humedad de los pigmentos*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura, se muestra el resultado de la comparación de rangos múltiples y se determinó la diferencia estadística entre las medias, demostrando que las líneas de tendencia si presentan interacción, por lo tanto, el pigmento de arándano extraído por maceración es el mejor tratamiento con respecto a la determinación de humedad con un nivel de confianza del 95%.

#### **4.3.2. Análisis de pH**

En la siguiente tabla se muestra el análisis de varianza del pH de los pigmentos extraídos de la mora, fresa Albión y arándano por métodos de extracción tales como por solventes orgánicos, maceración y enzimas.

**Tabla 21***Análisis de varianza para el pH del pigmento*

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor- $\rho$
Efectos principales					
A: Variedades rojos frutos	2	7,81034	3,90517	327,91	0,0000*
B: Método de extracción	2	7,37634	3,68817	309,69	0,0000*
C: Temperatura	1	3,73934	3,73934	313,99	0,0000*
Interacciones					
AB	4	0,547341	0,136835	11,49	0,0000*
AC	2	0,0494481	0,0247241	2,08	0,1402NS
BC	2	0,0741148	0,0370574	3,11	0,0567NS
ABC	4	0,0157852	0,0039463	0,33	0,8550NS
Residuos	36	0,428733	0,0119093		
Total (corregido)	53	20,0414			

\*: Diferencia estadística altamente significativo

NS: Diferencia estadística no significativa

Nota. Trabajo experimental

Tras el análisis de varianza del pH, el resultado se observa en la tabla anterior, donde los valores- $\rho$  prueban la significancia estadística del factor A (variedades de frutos rojos), factor B (métodos de extracción), factor C (temperatura) y sus respectivas interacciones, donde se identifican que los valores de dichos factores son menores que 0,05, por lo tanto, se determinó que existe un efecto estadísticamente significativo sobre el pH de los pigmentos con un 95,0% de nivel de confianza.

Para determinar el mejor tratamiento se aplicó pruebas de rangos múltiples por el método LSD al 95% de confianza.

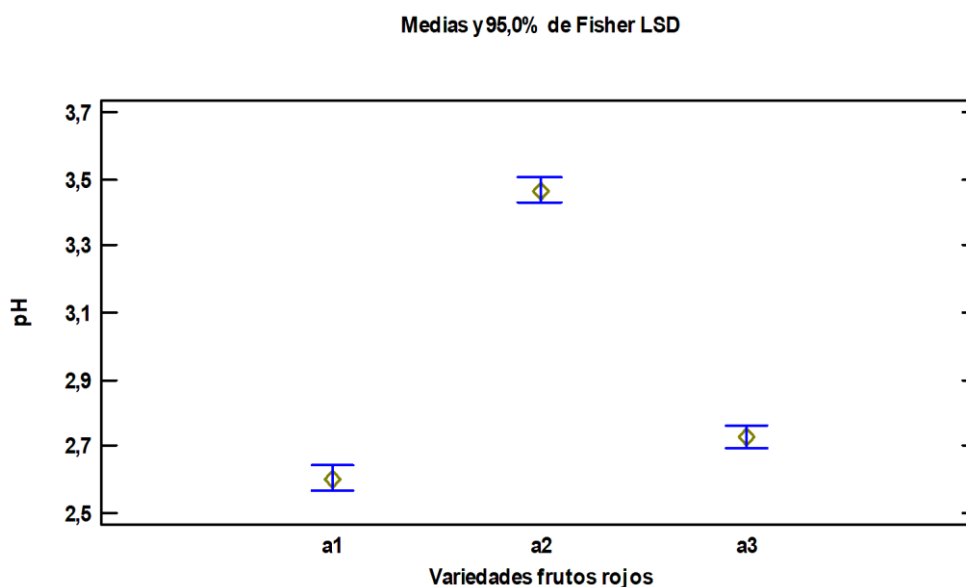


**Tabla 22***Pruebas LSD para factor A en el pH*

Variedades frutos rojos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>2</sub>	18	3,46667	0,0257221	A
a <sub>3</sub>	18	2,72833	0,0257221	B
a <sub>1</sub>	18	2,60556	0,0257221	C

*Nota.* Trabajo experimental

El resultado de la comparación de rangos múltiples que se observa en la tabla anterior, se evidencia que la media más alta corresponde al nivel a<sub>2</sub> (fresa Albión) con un 3,46667 de pH, por esta razón el pigmento de la fresa Albión presenta mayor concentración en el pH. Por otro lado, Llamuca (2018), realizó el análisis físico-químico del colorante de la mora e identificó un pH de 3,8, dicho valor es similar al de nuestra investigación, por lo tanto el resultado no varía significativamente con el resultado expuesto en el nivel a<sub>2</sub>, pudiendo atribuirse al estado de maduración de la fruta y al método de extracción.

**Figura 10***Relación de los frutos rojos con el pH**Nota.* Trabajo experimental

En la figura se observa la diferencia estadística entre las medias de los niveles del factor A, determinando que el nivel a<sub>2</sub> (fresa Albión) presenta un pH más elevado con respecto a los niveles a<sub>1</sub> y a<sub>3</sub>.

Se realizaron pruebas de rangos múltiples mediante el método LSD al 95% de confianza al factor B.

**Tabla 23**

*Pruebas LSD para factor B en el pH*

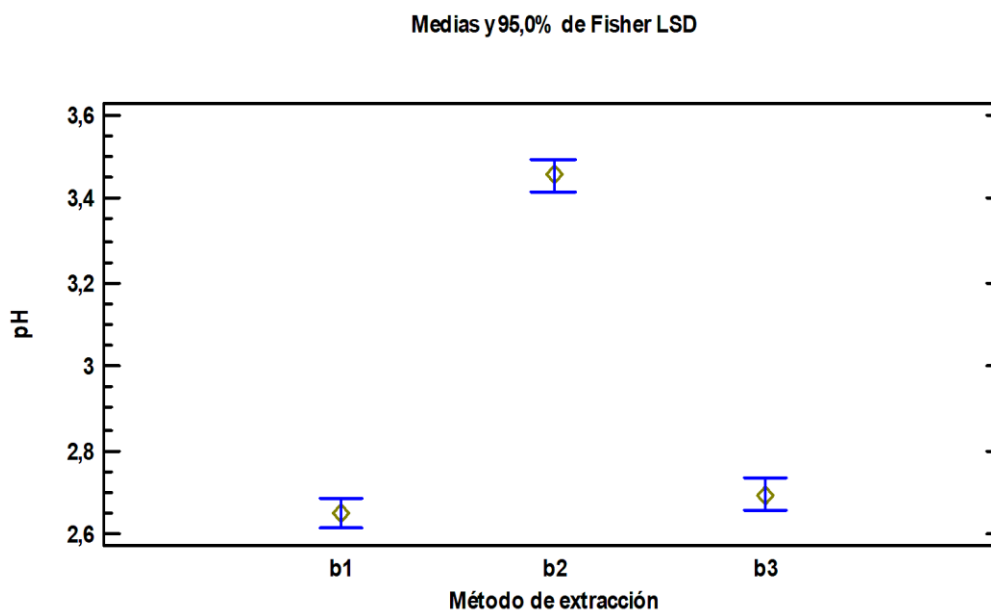
Método de extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>2</sub>	18	3,45556	0,0257221	A
b <sub>3</sub>	18	2,695	0,0257221	B
b <sub>1</sub>	18	2,65	0,0257221	B

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla, se observa la diferencia entre los grupos homogéneos, dado que la media más alta corresponde al nivel b<sub>2</sub> con un promedio de 3,45556 de pH, en consecuencia, la extracción del pigmento por maceración presenta mayor valor en el pH. Mientras que en el estudio realizado por Burgos & Ibañez (2017), identificó un pH de 2,75 en el colorante obtenido del arándano, realizando un análisis comparativo con el nivel b<sub>3</sub> en la tabla de comparaciones múltiples el resultado no varía significativamente.

**Figura 11**

*Relación del método de extracción con el pH*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura, se representan las medias de manera gráfica al haber realizado pruebas de rangos múltiples al 95% de confianza, donde se observa que el nivel b<sub>2</sub> posee un pH más elevado con respecto a los niveles b<sub>1</sub> y b<sub>3</sub>.

Debido a la existencia de diferencia estadística en el factor C, se procedió a realizar pruebas de rangos múltiples por el método LSD.

**Tabla 24**

*Pruebas LSD para el factor C en el pH*

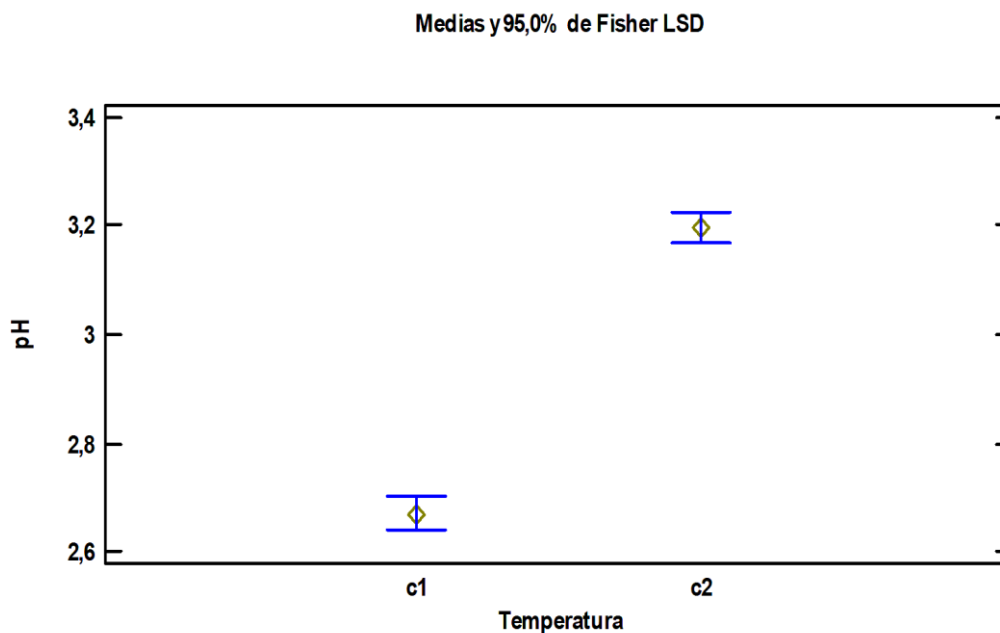
Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>2</sub>	27	3,19667	0,021002	A
c <sub>1</sub>	27	2,67037	0,021002	B

*Nota.* Trabajo experimental

Como se puede apreciar en la tabla, la media más alta corresponde al nivel c<sub>2</sub> con un H de 3,19667, demostrando que la temperatura a 60 °C resultó ser el mejor tratamiento en pH.

### Figura 12

*Relación de temperatura con el pH*

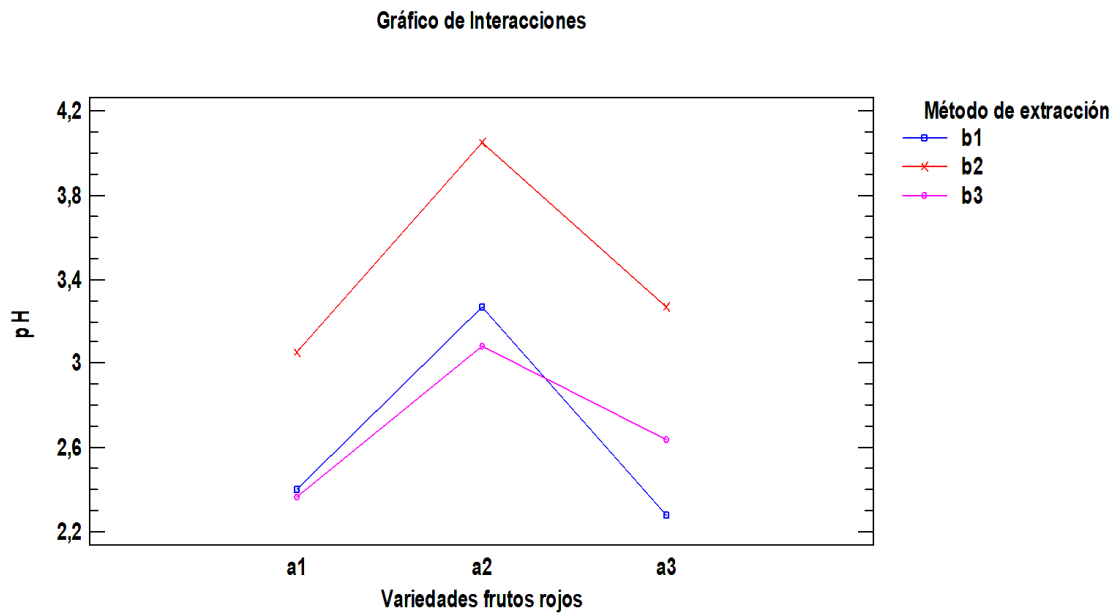


*Nota.* Trabajo experimental

De la misma forma, para el factor C temperatura en la que fue separada el solvente del pigmento, el más representativo resultó ser el nivel c<sub>2</sub>, que es una temperatura de 60 °C.

**Figura 13**

*Interacción del pH de los pigmentos*



*Nota.* Trabajo experimental

Con respecto al análisis del pH realizado a los pigmentos extraídos en las frutas en estudio, en la figura se observa que el mejor tratamiento corresponde a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub> (fresa Albión por maceración a 60 °C), de igual manera las líneas de tendencia presentan interacciones entre los factores.

#### **4.3.3. Análisis de la acidez titulable**

En la siguiente tabla se representan los resultados de análisis de varianza de la acidez titulable, aplicado a los pigmentos extraídos de las tres frutas y por los tres métodos de extracción en estudio.

**Tabla 25***Análisis de varianza para acidez titulable de los pigmentos*

<b>Fuente</b>	<b>Gl</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-<math>\rho</math></b>
Efectos principales					
A: Variedades frutos rojos	2	3,89148	1,94574	0,86	0,4300NS
B: Método de extracción	2	4,40259	2,2013	0,98	0,3860NS
C: Temperatura	1	4,50667	4,50667	2,00	0,1658NS
Interacciones					
AB	4	10,4552	2,6138	1,16	0,3443NS
AC	2	3,97444	1,98722	0,88	0,4225NS
BC	2	3,98111	1,99056	0,88	0,4219NS
ABC	4	10,0211	2,50528	1,11	0,3658NS
Residuos	36	81,0733	2,25204		
Total (corregido)	53	122,306			

NS: Diferencia estadística no significativo

Nota. Trabajo experimental

Tras los análisis de varianza para la acidez titulable realizados a los pigmentos, en la tabla se evidencia que ninguno de los valores- $\rho$  es menor que 0,05, por lo tanto, variedad de frutos rojos, métodos de extracción y temperatura en la que fue separada el solvente del pigmento, así como la interacción de los mismos, no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el % de Acidez titulable del pigmento con un 95,0% de nivel de confianza.

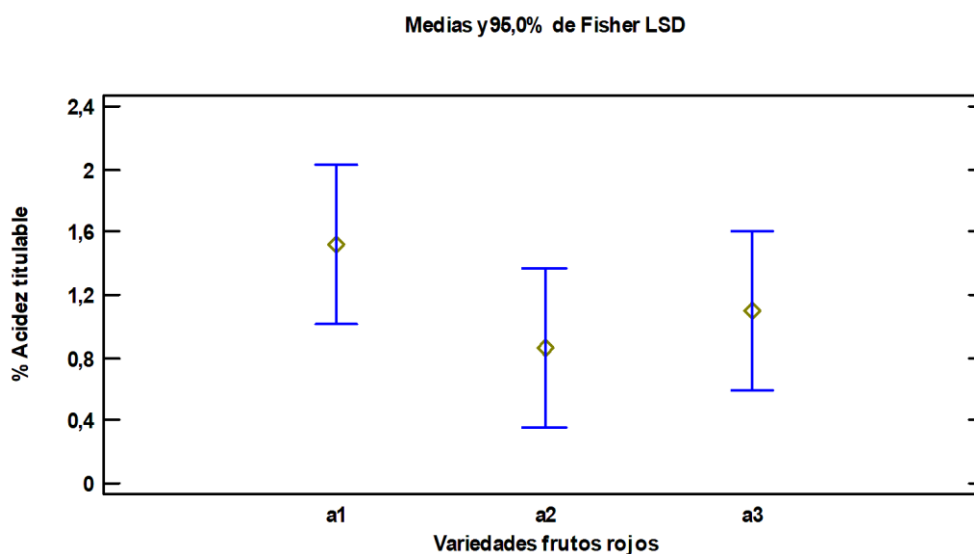
Se realizaron pruebas de rangos múltiples para determinar el nivel de incidencia entre los niveles del factor A.

**Tabla 26***Prueba LSD para el factor A en la acidez titulable*

Variedades frutos rojos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>1</sub>	18	1,51667	0,353713	A
a <sub>3</sub>	18	1,10556	0,353713	A
a <sub>2</sub>	18	0,866667	0,353713	A

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla se evidencia que ninguno de los niveles del factor A varía significativamente, puesto que los grupos homogéneos son iguales, es decir que tanto la variedad de los frutos rojos, así como los métodos de extracción tienen un efecto significativo en la acidez titulable. Cuenca (2017), determinó la acidez titulable del colorante de la mora extraída por microondas obteniendo como resultado 1,47%, este resultado se encuentra dentro del rango obtenidas en nuestra investigación, la acidez titulable de los pigmentos de fresa Albión y arándano biloxi no se encontraron en la literatura, de tal manera que el presente trabajo es la primera en desarrollarse.

**Figura 14***Relación de la variedad de frutos rojos con la acidez titulable**Nota.* Trabajo experimental

De igual manera, mediante la gráfica se evidencia que ninguno de los niveles varía significativamente para la acidez titulable de los pigmentos.

Para el factor B se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD, mediante el cual se determinó el mejor tratamiento.

**Tabla 27**

*Pruebas LSD para el factor B en la acidez titulable*

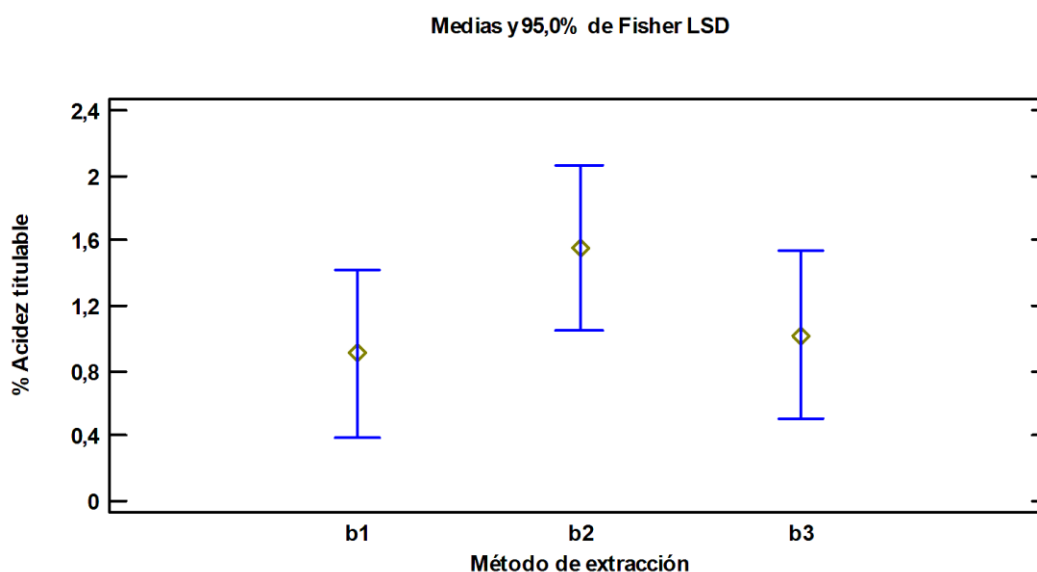
Método de extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>2</sub>	18	1,56111	0,353713	A
b <sub>3</sub>	18	1,02222	0,353713	A
b <sub>1</sub>	18	0,905556	0,353713	A

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla, se detalla que los grupos homogéneos son iguales, de tal manera que los niveles del factor B no varían significativamente con un nivel de 95% de confianza para la acidez titulable, pero numéricamente el nivel b<sub>2</sub> posee un pH ligeramente superior.

**Figura 15**

*Relación del método de extracción con la acidez titulable*



*Nota.* Trabajo experimental



En la figura, se observa que las medias de los niveles del factor B (métodos de extracción) estadísticamente son iguales, por lo tanto, la acidez titulable por los métodos de extracción no tiene un efecto estadísticamente significativo.

Para la determinación del mejor tratamiento para el factor C, se realizó pruebas de rangos múltiples por LSD

**Tabla 28**

*Pruebas LSD para el factor C en la acidez titulable*

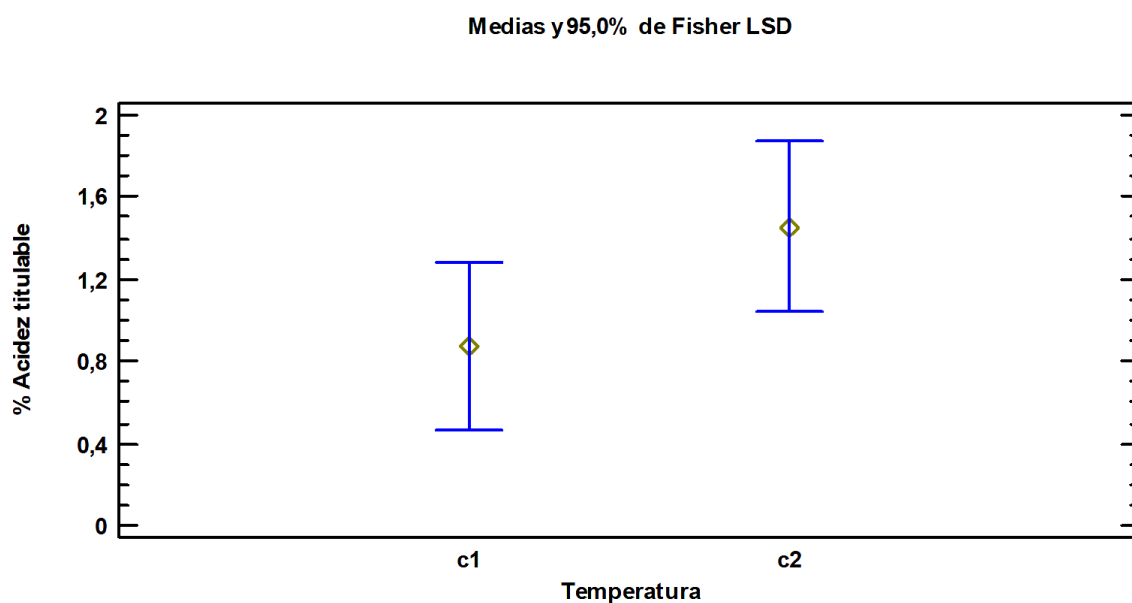
Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>2</sub>	27	1,45185	0,288806	A
c <sub>1</sub>	27	0,874074	0,288806	A

*Nota.* Trabajo experimental

La temperatura en la que se separó el solvente del pigmento, las medias estadísticas no varían significativamente, por lo tanto, este factor no influye en la acidez titulable del pigmento.

**Figura 16**

*Relación temperatura con la acidez titulable*

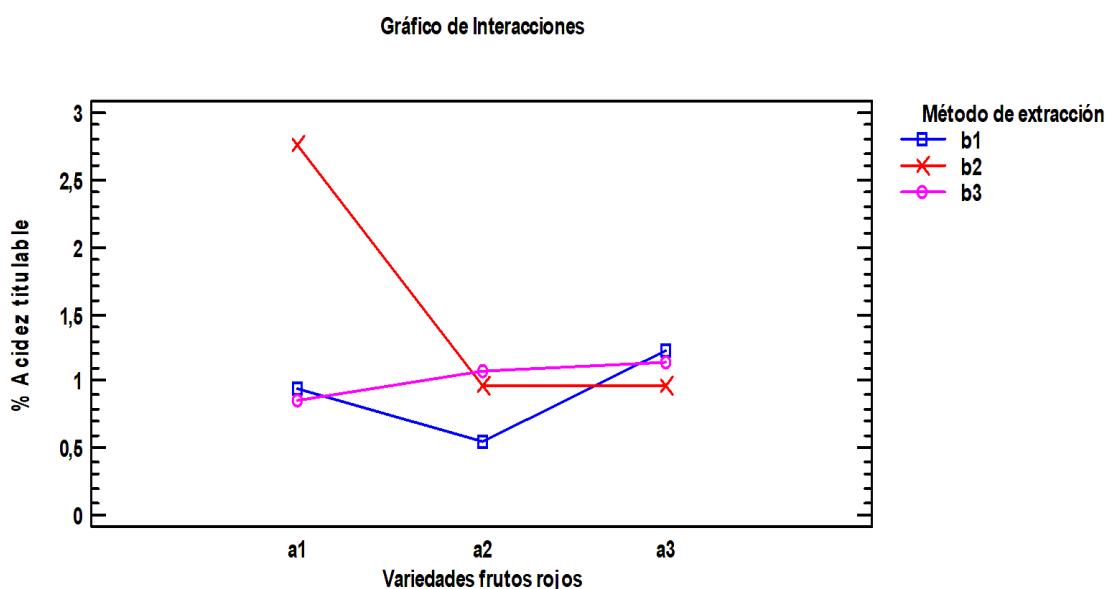


*Nota.* Trabajo experimental

De igual manera en la figura se observa que los niveles del factor C se encuentran en el mismo nivel, demostrando que no existe diferencia estadística en el resultado de acidez titulable del pigmento.

**Figura 17**

*Interacción de la acidez titulable de los pigmentos*



*Nota.* Trabajo experimental

La figura muestra la interacción de las líneas de tendencia de los factores A y B, numéricamente el pigmento de la mora extraída por maceración presenta mayor porcentaje de acidez titulable, por otro lado, las líneas de tendencia en el nivel a<sub>3</sub> son todos iguales, es decir que los métodos de extracción de los pigmentos no es un factor fundamental en la incidencia de la acidez titulable.

**4.3.4. Resultados de la cuantificación de las antocianinas por espectrofotometría**

En la siguiente tabla, se detalla el análisis de varianza para la cuantificación de las antocianinas extraídas aplicado a los pigmentos extraídos de las variedades de frutos rojos en investigación los resultados son expresados  $\mu\text{mol}$  de trolox/g muestra.

**Tabla 29***Análisis de varianza para las antocianinas de los pigmentos*

<b>Fuente</b>	<b>Gl</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-<math>\rho</math></b>
Efectos principales					
A:Variedades frutos rojos	2	7,04982E7	3,52491E7	7,77	0,0016*
B:Método de extracción	2	3,48887E7	1,74444E7	3,85	0,0307*
C:Temperatura	1	3,00325E7	3,00325E7	6,62	0,0144*
Interacciones					
AB	4	7,51369E7	1,87842E7	4,14	0,0073*
AC	2	1,11364E6	556820,	0,12	0,8849NS
BC	2	130132,	65066,0	0,01	0,9858NS
ABC	4	2,39037E6	597592,	0,13	0,9698NS
Residuos	36	1,63315E8	4,53653E6		
Total (corregido)	53	3,77506E8			

\*: Diferencia estadística altamente significativa

NS: Diferencia estadística no significativo

Nota. Trabajo experimental

En la tabla, se detalla la variabilidad de las antocianinas de los pigmentos, donde valores- $\rho$  prueban la significancia estadística de los tres factores: variedad de frutos rojos, métodos de extracción, temperatura en la que fue separada el solvente del pigmento y sus respectivas interacciones, se evidencia que los valores- $\rho$  son menores que 0,05, por lo tanto, se determinó que el factor A, el factor B y el factor C tiene diferencia estadística sobre las Antocianinas de los pigmentos con un 95,0% de nivel de confianza.

Para determinar el nivel de incidencia entre los tratamientos se realizó comparación de rangos múltiples por el método LSD.

**Tabla 30***Pruebas LSD para el factor A de las antocianinas*

Variedades frutos rojos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>3</sub>	18	13405,4	502,025	A
a <sub>2</sub>	18	11417,5	502,025	B
a <sub>1</sub>	18	10705,2	502,025	C

*Nota.* Trabajo experimental

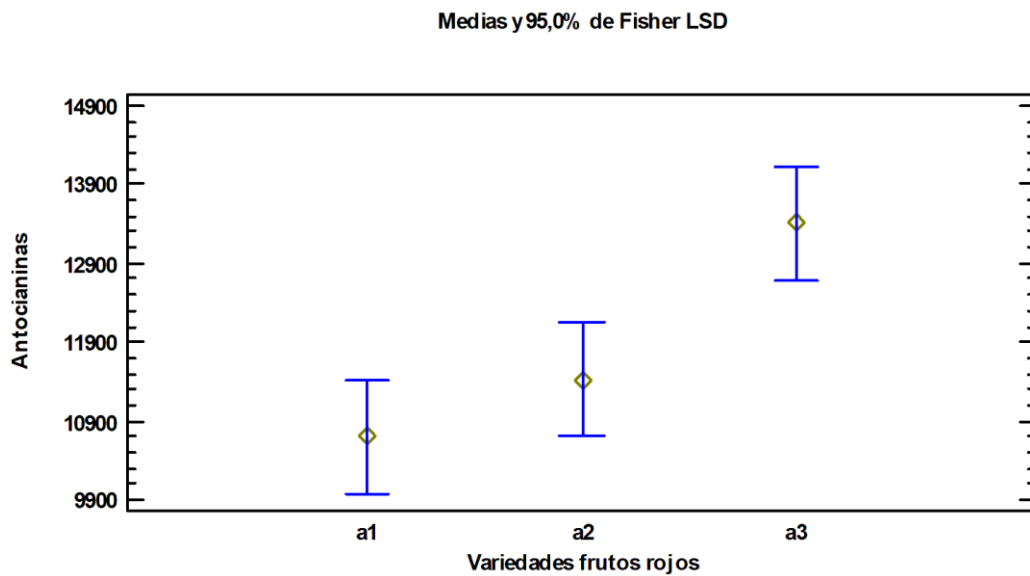
La tabla de comparación de rangos múltiples muestra que los grupos homogéneos son diferentes, de tal manera las antocianinas de los pigmentos de las tres variedades de frutos rojos en estudio varían significativamente con un nivel de confianza del 95%, puesto que los resultados de las medias de los tres niveles del factor A son diferentes. Por ende, el nivel a<sub>3</sub> presenta una concentración de antocianina de 13405,4  $\mu\text{mol}$  de trolox/g muestra, por esta razón el pigmento del arándano biloxi (*Vaccinium myrtillus*), presenta mayor concentración de antocianinas con respecto a las otras frutas en estudio.

En los estudios realizados por Cuesta & Castro (2018), extrajeron antocianinas de mora de castilla por el método ultrasonido obteniendo el mejor resultado un valor de 429,16 mg/100g de muestra, por otro lado Díaz (2019), realizó la extracción de antocianinas de mora de castilla por medio de un biorreactor AIRLIFT, obteniendo como resultado 400,6 mg/100g de muestra, de la misma manera en la investigación realizada por Villacis (2021), obtuvo antocianinas de la fresa por el método sólido-líquido una concentración de 371,4 mg equivalente de ácido gálico/100g de muestra, dichos resultados son expresados en otras unidades, mientras que en nuestro trabajo de investigación, para la determinación de antocianinas se realizó por el método ABTS y los resultados son expresados en  $\mu\text{mol}$  de trolox/g muestra, por dicho motivo los valores varían significativamente, pero cabe mencionar, a mayor valor mayor es su concentración de antocianinas, independientemente

en qué unidades son expresados los resultados. Las antocianinas además de proporcionar el color característico de la fruta, también es un antioxidante que ayuda a proteger de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y el cáncer (Cubillos, 2020).

### Figura 18

*Relación de la variedad de frutos rojos con la antocianina*



*Nota.* Trabajo experimental.

De la misma forma, en la figura se observa que las antocianinas de las tres variedades de frutos rojos varían significativamente, puesto que el nivel  $a_3$  es diferente a los demás niveles, por esta razón dicho nivel resultó ser el mejor tratamiento que corresponde al arándano biloxi.

Para el factor B (métodos de extracción), de igual manera se realizó comparación de rangos múltiples por el método LSD

**Tabla 31***Pruebas LSD para el factor B de las antocianinas*

Método de extracción	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>2</sub>	18	12674,8	502,025	A
b <sub>3</sub>	18	12097,4	502,025	A
b <sub>1</sub>	18	10755,9	502,025	B

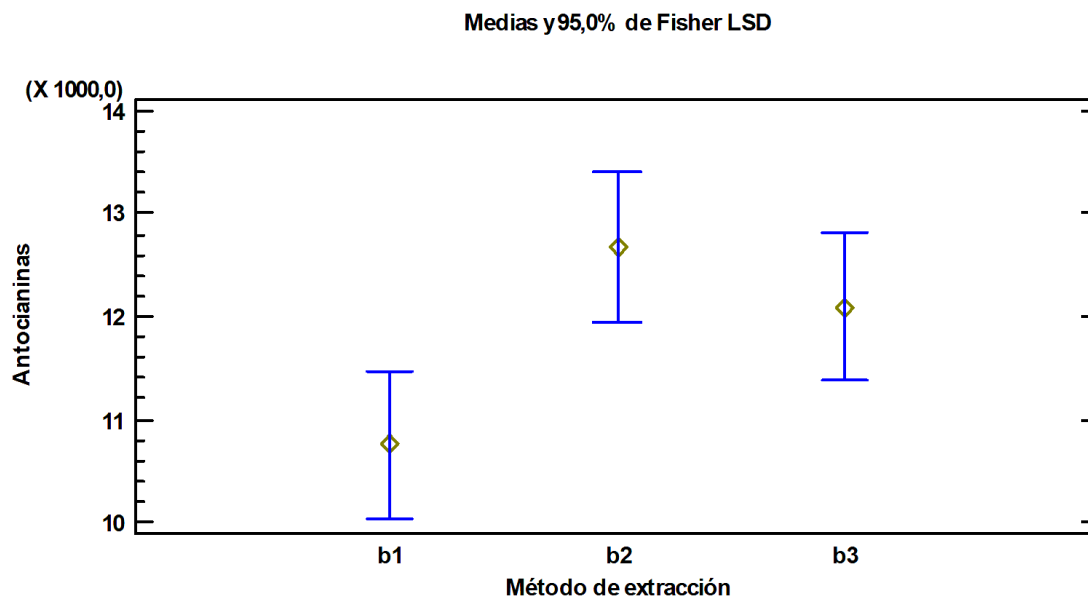
*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla se detalla los resultados de la comparación de rangos múltiples, donde se observa que la media de los niveles del factor B no varía significativamente con un nivel de confiabilidad del 95%, es decir que los métodos de extracción de los pigmentos para la cuantificación de la concentración de antocianinas los resultados son similares. A saber, que numéricamente la mejor concentración de antocianinas corresponde al nivel b<sub>2</sub> con un valor de 12674,8  $\mu\text{mol}$  de trolox/g muestra.

Burgos & Ibañez (2017), evaluaron la antocianina del extracto hidroalcohólico de arándano adquiriendo un valor de 233,78 mg/L, de forma contrapuesta Ramirez (2020), realizó un estudio en el colorante extraído del arándano por el método sólido-líquido, donde reporto el siguiente resultado de la concentración de antocianina 35,56 mg/100g de muestra, estos resultados son diferentes en comparación con nuestra investigación, ya que los resultados detallados son expresados en otra unidades. No obstante, donde mayor es su valor mayor es la concentración de antocianinas.

**Figura 19**

*Relación del método de extracción con la antocianina*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura se muestra que los niveles del factor B, solventes, maceración y enzimas la concentración de antocianinas son similares, pero cabe mencionar que la extracción por maceración representa ser ligeramente superior.

Para el factor C, se realizaron pruebas de comparación múltiple por el método LSD, para determinar la incidencia de los niveles de este factor.

**Tabla 32**

*Pruebas LSD para el factor C en las antocianinas*

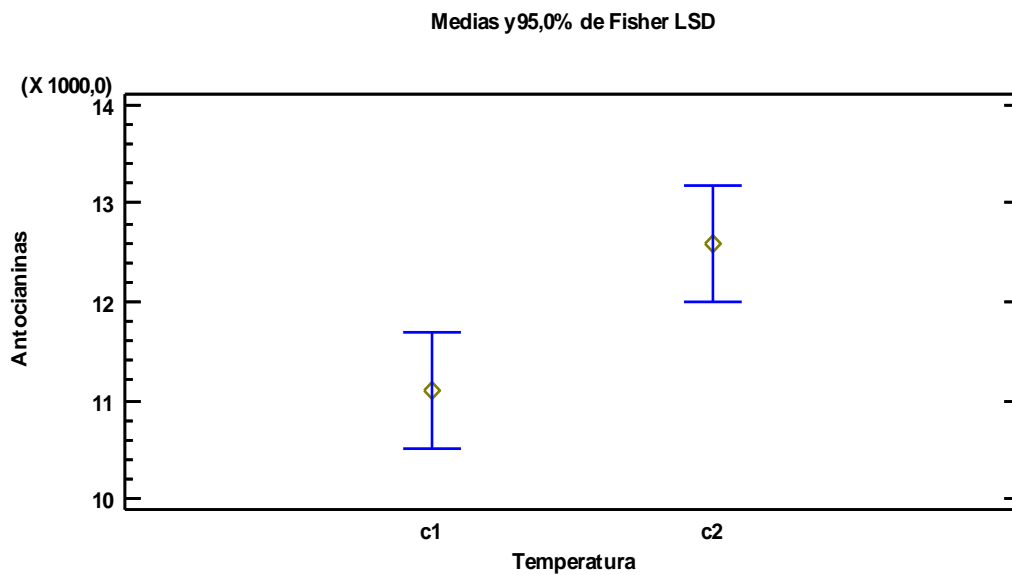
Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>2</sub>	27	12588,5	409,902	A
c <sub>1</sub>	27	11096,9	409,902	B

*Nota.* Trabajo experimental

Mediante la comparación de rangos múltiples, se observan que los grupos homogéneos son diferentes dado que el nivel  $c_2$  presenta una media de concentración de antocianinas de  $12588,5 \mu\text{mol}$  de trolox/g muestra, en tal sentido la temperatura de  $60^\circ\text{C}$  la que fue separada el solvente del pigmento presenta mayor concentración de antocianinas, mientras que a una temperatura de  $60^\circ\text{C}$  el pigmento aún se encontró con restos de solventes utilizados en la extracción.

### Figura 20

*Relación de temperatura con la antocianina*



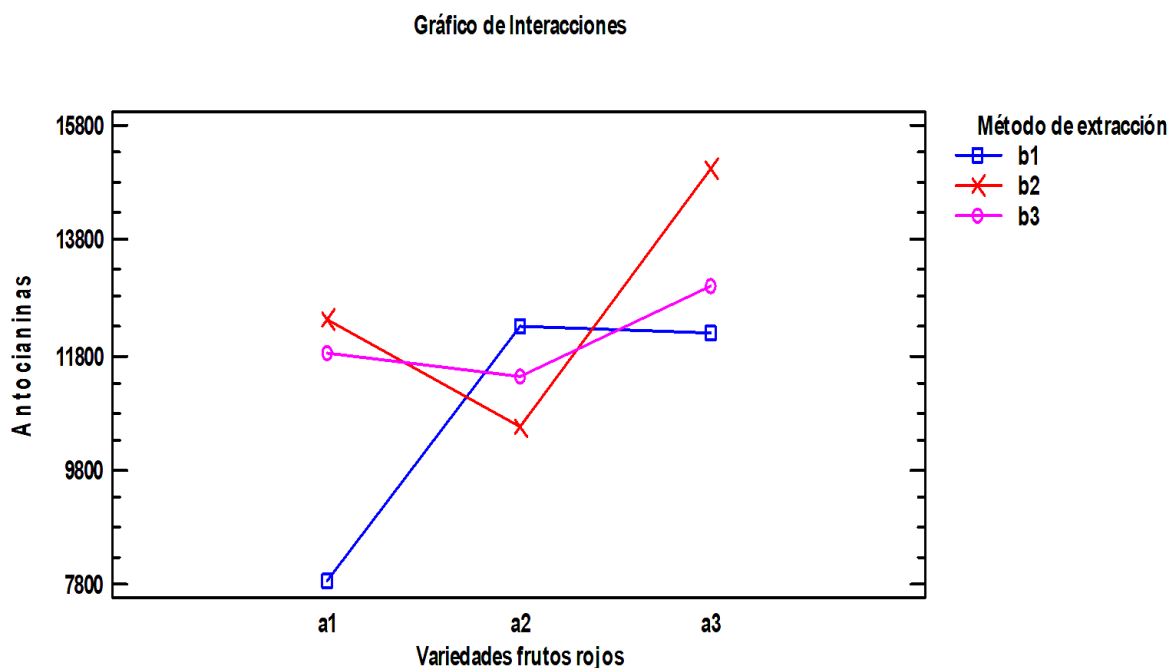
*Nota.* Trabajo experimental

En la figura se muestra, la diferencia entre el nivel  $c_1$  y  $c_2$ , en la que se destaca el nivel  $c_2$  que representa una temperatura de  $60^\circ\text{C}$ .



**Figura 21**

*Interacción de las antocianinas de los pigmentos*



*Nota.* Trabajo experimental

Mediante la figura, se representa la interacción entre los factores, en el cual se observa que el pigmento de arándano extraído por maceración es el mejor tratamiento.

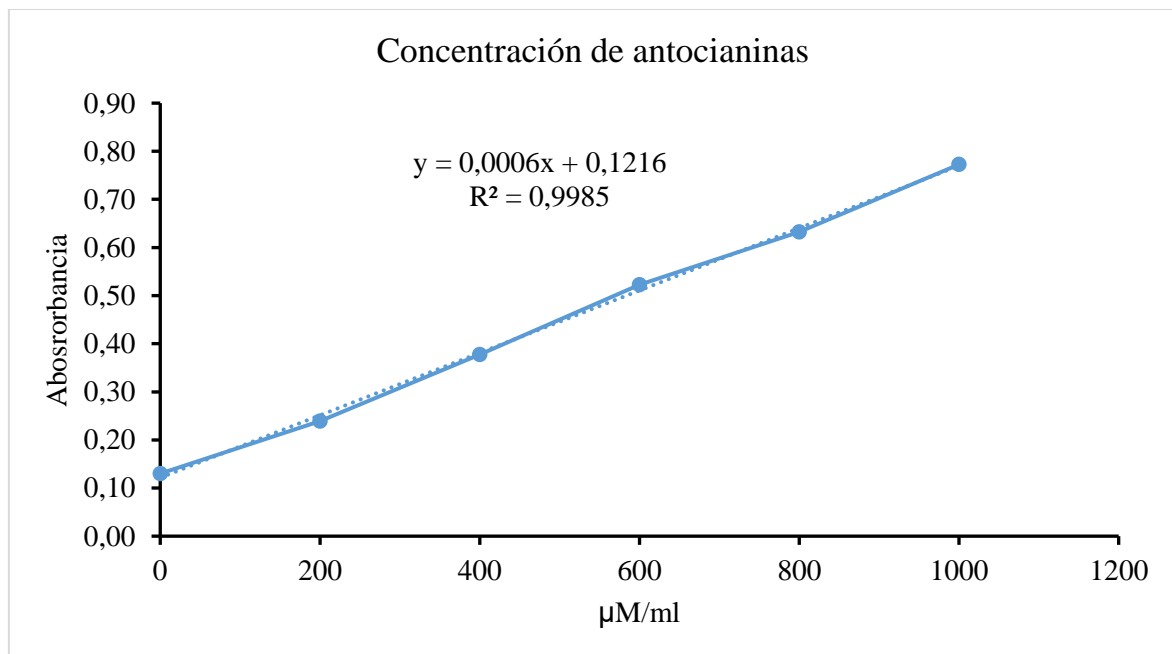
Cabe mencionar que Ludeña *et al.*, (2019), cuantificó las antocianinas de arándanos que extrajeron mediante sólido-líquido en la que adquirió una concentración de 129,0585 mg/mL por el método pH diferencial, por otro lado, Zapata (2014), en la obtención de extractos de antocianinas a partir de arándano que fue utilizada como colorante en la industria alimentaria cuantificó una concentración de antocianinas de 137,2 mg/mL, mientras que en nuestra investigación la cuantificación de las antocianinas se realizó por el método ABTS y la evaporación del solvente se realizó a una temperatura de 60 °C, mientras que Zapata (2014), la evaporación realizó en un rota evaporador a 59 °C. Garzón (2008), menciona que a una temperatura mayor a 60 °C los compuestos termolábiles se degradan según la cinética de primer orden.

#### 4.3.4.1. Calidad de antocianinas por espectrofotometría

Para determinar la calidad de las antocianinas del pigmento extraído se realizó mediante espectrofotometría UV, el cual permite verificar la absorbancia del pigmento, es decir la concentración más indicada a una longitud de onda que posee el pigmento, estos equipos también son utilizados para el control de calidad del color en procesos que precisen de mayor exactitud (Borja *et al.*, 2019).

**Figura 22**

*Concentración de antocianinas*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura anterior se observa los espectros de absorción de diferentes concentraciones de antocianinas a una longitud de onda de 734 nm, por lo tanto se determinó que la concentración de antocianinas más adecuado es a una absorbancia de 0,70, de igual manera (Escobar *et al.*, 2019), realizó la calidad del colorante mediante espectrofotometría, además, realizó análisis de pH y °Brix, los mismos parámetros analizados en nuestra investigación, donde se demuestra la calidad de las antocianinas del pigmento que posee altos niveles de concentración, donde a mayor valor mayor es su poder colorante.

#### 4.3.4.2. Revisión bibliográfica por cromatografía de las antocianinas

En la tabla se detalla el rendimiento de los pigmentos y volumen evaporado del mismo, obteniendo como resultado pigmento con alta concentración de antocianinas.

**Tabla 33**

*Rendimiento de los pigmentos extraídos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Volumen inicial (mL)</b>	<b>Volumen evaporado (mL)</b>	<b>Volumen final (mL)</b>	<b>Rendimiento %</b>
1	200	174	26	13
2	200	175	25	12,5
3	200	171	29	14,5
4	200	172	28	14
5	200	168	32	16
6	200	170	30	15
7	200	167	33	16,5
8	200	167	33	16,5
9	200	178	22	11
10	200	180	20	10
11	200	168	32	16
12	200	167	33	16,5
13	200	177	23	11,5
14	200	178	22	11
15	200	176	24	12
16	200	178	22	11
17	200	269	31	15,5
18	200	172	28	14

*Nota.* Trabajo experimental

En la tabla se evidencia el volumen inicial de los pigmentos, donde al evaporarse el solvente utilizado en las extracciones, obtenemos como resultado un rendimiento relativamente bajo,

en tal sentido el volumen final del pigmento posee una concentración de antocianinas elevadas como se evidencia en el apartado 4.3.4.

Cosavalente *et al.*, (2016), para la identificación de las antocianinas presentes en los extractos de pigmentos de arándano, realizó mediante cromatografía líquida donde utilizó un volumen 1.5 mL en un vial para el corrimiento cromatográfico con un flujo fue de 0,8 mL/min; la fase móvil: A, ácido fórmico al 10% en agua grado HPLC; fase estacionaria B, acetonitrilo y la gradiente a utilizada fue: 0-1 min 95% A y 5% de B; 2 min 90% A y 10% B; 20 min 80%A y 20% B y a los 25 min 95%A y 5% B. Las longitudes de detección fueron de 520, 320 y 280 nm.

Cosavalente *et al.*, (2016), informó 13 tipos de antocianinas en el arándano (*Vaccinium myrtillus*) los cuales fueron: delphinidina-3-glucósido con una área de 23,43%, delphinidina-3-rutinósido con un área de 2,65%, cianidina-3- glucósido con una 10,16%, cianidina-3-rutinósido con una de 3,75%, petunidina-3-glucósido en un 24,21%, petunidina-3-rutinósido con una de 7,15%, peonidina3-glucósido con una área de 1,12%, peonidina-3-rutinósido en un 0,94%, malvidina-3-glucósido en un 21,64% y malvidina-3-rutinósido en un 4,95%, en nuestra investigación según los datos estadísticos presentado en el apartado 4.3.4, el tratamiento 16 con el código  $a_3b_2c_2$  presentó mayor concentración de antocianinas, en tal sentido se presume que dicho tratamiento posee mayor cantidad de compuestos de antocianinas, de igual manera se observa en la tabla 33 que el tratamiento 16 el solvente evaporado fue de 178 mL obteniendo un volumen final del pigmento de 22 mL, en dicha cantidad según los datos estadísticos posee mayor concentración de antocianinas.

#### **4.4. Producto comercial de los pigmentos**

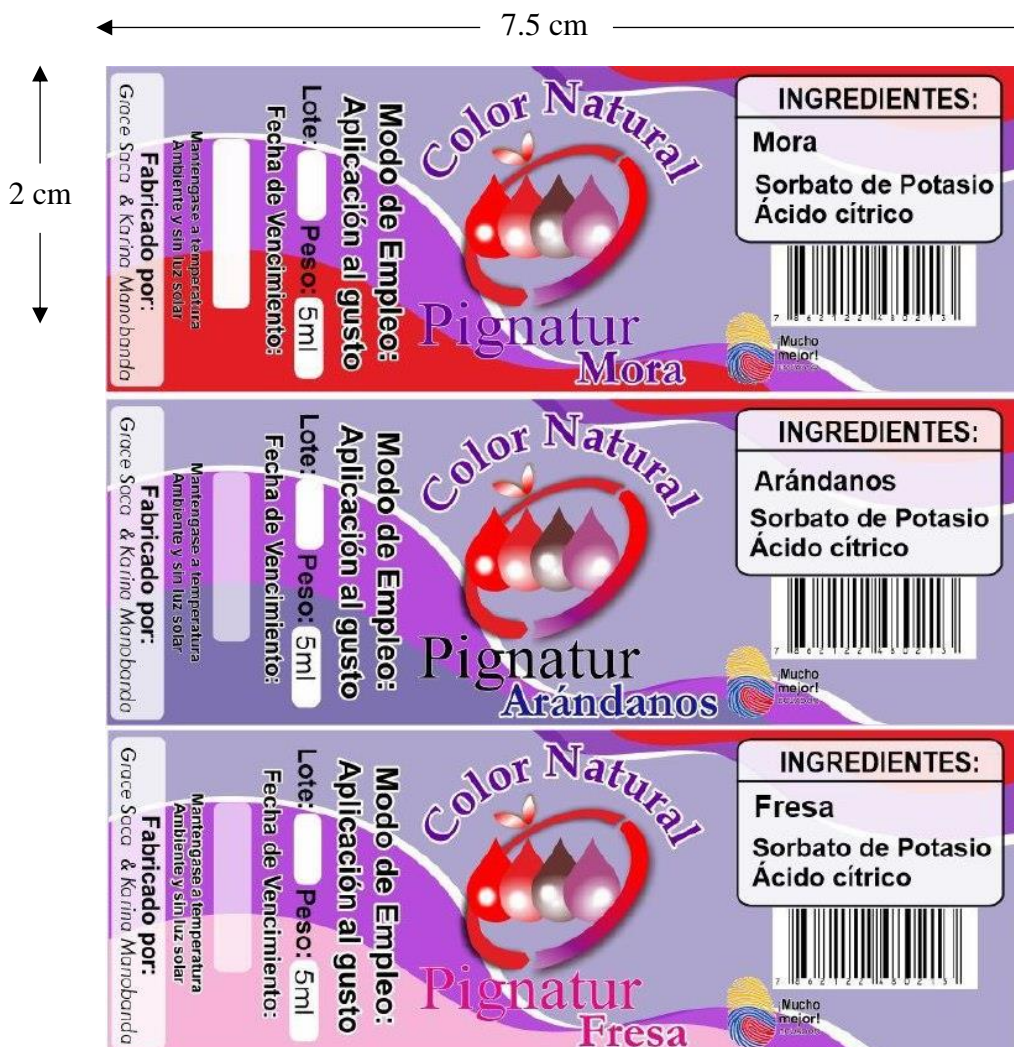
Se desarrolló un producto comercial para promocionar el pigmento extraído de las frutas, tanto de la mora, fresa albión y arándano, la cual pueden ser usados en bebidas, confiterías, productos lácteos y cárnicos proporcionando colores de atracción visual para los clientes o consumidores.

El pigmento extraído es un producto comestible, sabores a arándano, fresa y mora, dicho producto es de origen natural y no poseen aditivos, pueden ser consumidos por niños, adolescentes y adultos, el producto está dirigido para todo grupo de personas que deseen consumirlo ya sean incorporándose en otros tipos de alimentos, el pigmento se lo podrá adquirir en tiendas, comisariatos y supermercados.

Para el diseño de la etiqueta del producto que se va a comercializar se desarrolló de acuerdo a la norma NTE INEN 1334-3, dicha norma se aplica para todo producto alimenticio de consumo humano.

**Figura 23**

*Etiqueta comercial*



*Nota.* Trabajo experimental

#### **4.5. Bebida láctea con adición de pigmentos**

La incorporación de los pigmentos en los productos lácteos, además de proporcionar coloración y ser beneficiosa para la salud, mejora la apariencia del producto para su comercialización. Estudios realizados afirman que las antocianinas mejoran la agudeza visual y es un antioxidante natural atrapando los radicales libres, también actúa como agentes quimioprotectores (Zapata, 2014).

Los colorantes al ser hidrosolubles, liposolubles o solubles en grasa y minerales (Lucero & Muñoz, 2020). Se elaboró yogurt con la finalidad de incorporar los pigmentos extraídos de

mora de castilla, fresa Albión y arándano biloxi para proporcionar al producto agradable visualización para su comercialización.

## **Figura 24**

### *Adición de pigmentos*



*Nota.* Trabajo experimental

En la figura, se muestra la adición del pigmento en el yogurt, donde se observa que proporciona coloración natural de las frutas en el producto elaborado, mejorando así su presentación y proporcionando beneficios para la salud de los consumidores.

En el estudio realizado por Cobo (2014), determinó la ingesta diaria de las antocianinas máximo 2,5 mg/kg de peso corporal, por otro lado, el Codex Alimentarius 243 (2012) estableció el uso de los colorantes naturales en leches fermentadas con un nivel máximo permitido de 100 mg/kg, además, NTE INEN-CODEX 192 (2016), expresa la ingesta diaria admisible de estos aditivos que debe ingerir una persona debe ser en relación con su peso corporal.

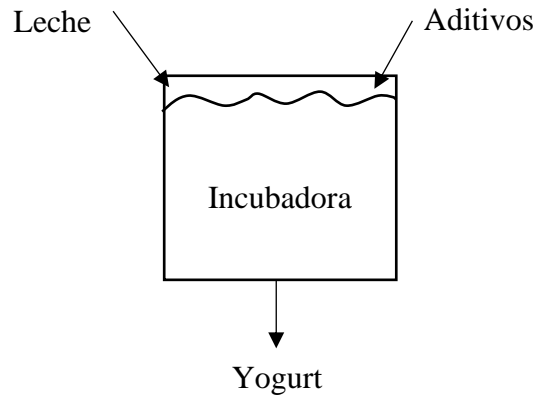
#### **4.5.1. Balance de masa**

El balance de masa es la aplicación de la ley de conservación de masa, es una forma de contabilizar las entradas y salidas de materiales de un proceso, todas las sustancias que

entran en un proceso reciben el nombre de alimentación, mientras que las que salen del proceso se recibe el nombre de producto (Cedeño , 2017).

Considerando que la materia generada y consumida es nula.

$$\Sigma Entradas = \Sigma Salidas$$

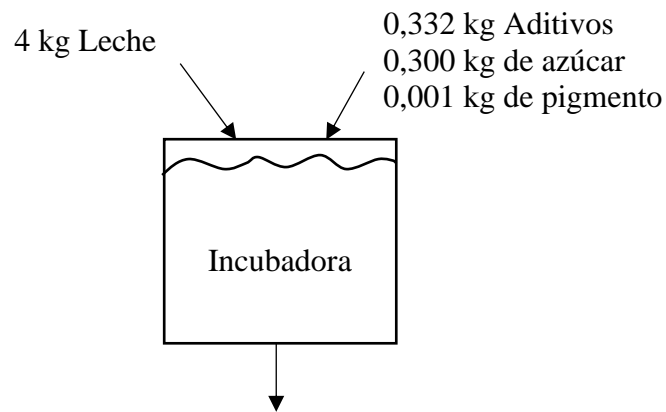


$$\text{Alimentación} = \text{Producto}$$

$$\text{Masa de la leche} + \text{masa de los aditivos} = \text{masa del yogurt}$$

*Fuente:* (Camacho, 2020)

#### 4.5.2. Balance de masa para la elaboración del yogurt



$$\text{Alimentación} = \text{Producto}$$

$$4 \text{ kg} + 0,332 \text{ kg} + 0,300 \text{ kg} + 0,001 \text{ kg} = 4,633 \text{ kg}$$

$$4,633 \text{ kg Yogurt}$$



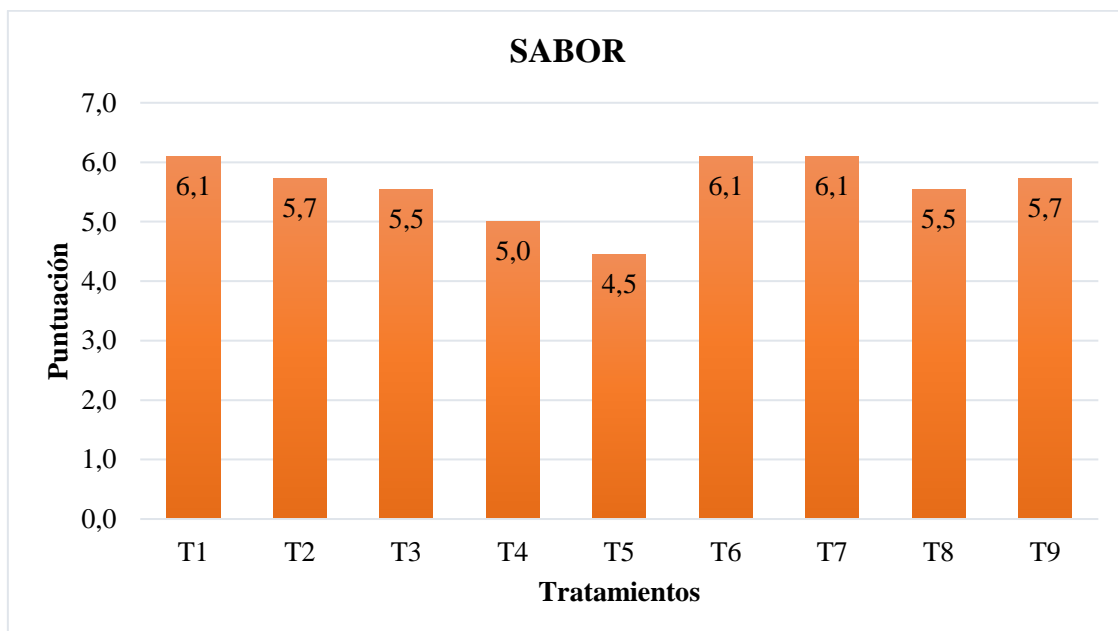
## 4.6. Resultados de la evaluación sensorial del yogurt

### 4.6.1. Sabor

Se presenta la tabulación de la evaluación sensorial de la variable sabor del yogurt con adición de pigmentos extraídos, donde 11 catadores semientrenados evaluaron a una escala hedónica de 1 a 7, los parámetros de la calificación fueron: 1 desagradable, 3 poco agradable, 5 agradable y 7 muy agradable.

**Figura 25**

*Evaluación sensorial de la variable sabor*



*Nota.* Trabajo experimental

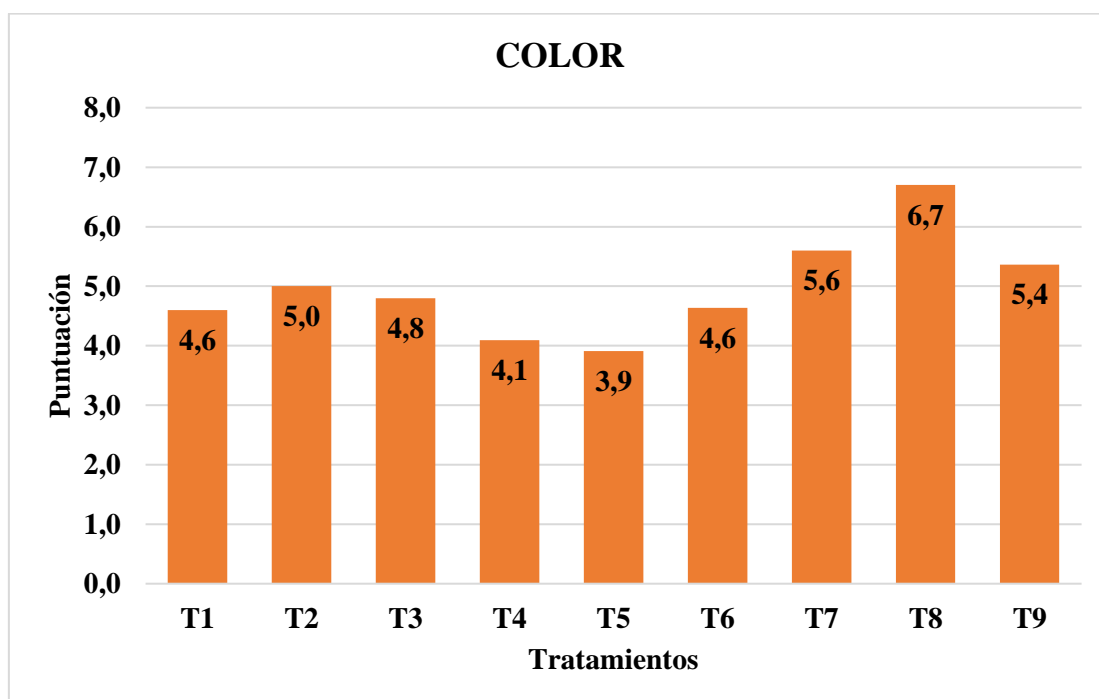
Mediante la tabulación se observa los promedios de la variable sabor, en la que los catadores calificaron al yogurt con adición de pigmentos a una escala hedónica de 1 a 7, donde se detalla que los tratamientos T1, T6, T7, tienen una calificación de 6,1 puntos, de esta manera estos tratamientos son agradables según las cataciones realizadas al producto, por otro lado, los demás tratamientos también tienen un sabor agradable pero los tratamientos antes mencionados son los más destacados.

#### 4.6.2. Color

En la siguiente figura se detalla los promedios adquiridos tras la evaluación sensorial de la variable color a una escala hedónica de 7 puntos, donde se realizó a 11 catadores semientrenados en los siguientes puntos: desagradable, poco agradable, agradable y muy agradable.

**Figura 26**

*Evaluación sensorial de la variable color*



*Nota.* Trabajo experimental

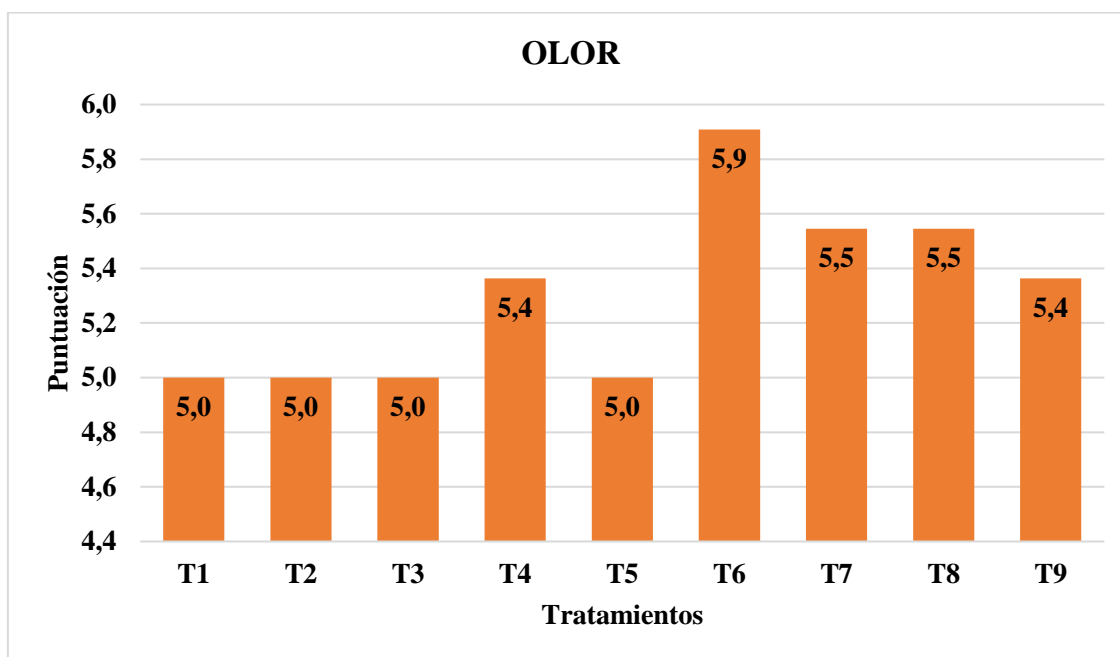
Para la variable color del yogurt con adicción de los pigmentos se presenta en la siguiente figura, donde mediante cataciones se determinó que el tratamiento T8 presenta coloración muy agradable para los catadores, la cual está compuesto yogurt con adicción de pigmento de arándano extraído por maceración, al contrario, el T5 para los catadores la coloración es poco agradable.

### 4.6.3. Olor

A continuación, se observa mediante tabulación las medias de las cataciones para la variable olor donde se calificó de acuerdo a las siguientes variables: 1 desagradable, 3 poco agradable, 5 agradable y 7 muy agradable.

**Figura 27**

*Evaluación sensorial de la variable olor*



*Nota.* Trabajo experimental

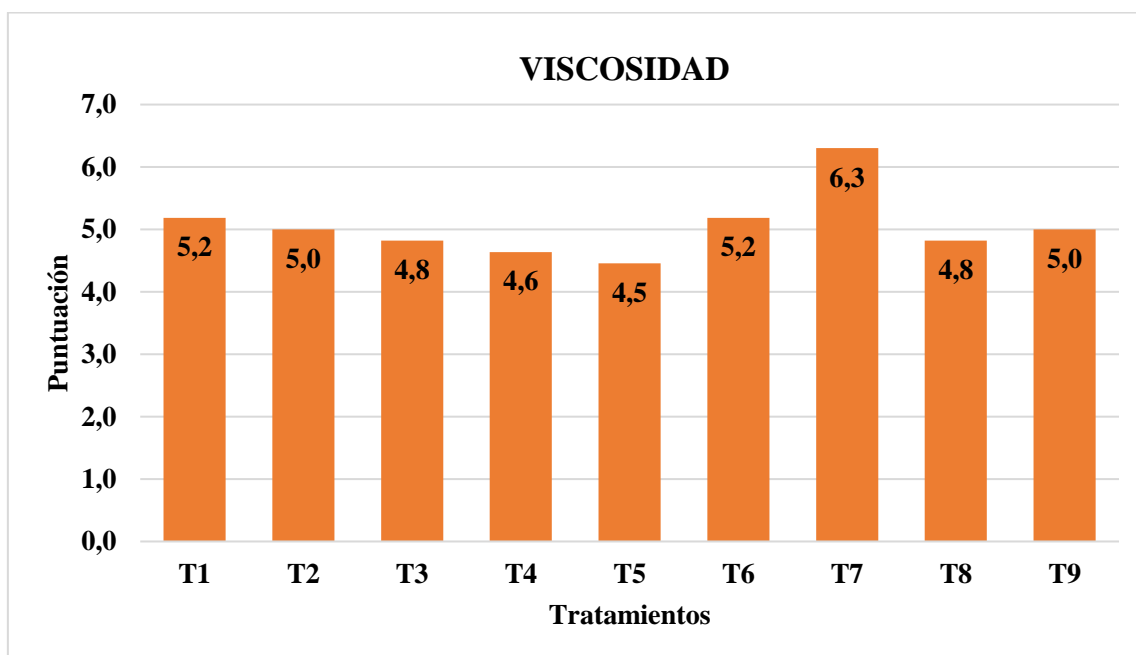
Mediante la tabulación de la variable olor se presenta las medias de las calificaciones realizadas a 11 catadores semientrenados, donde determinaron que el tratamiento 6 el cual está compuesto por adición de pigmento de fresa Albión extraída por enzimas presenta un puntaje de 5,9 calificando así, al yogurt con adición de pigmento un olor agradable, del mismo modo, los tratamientos restantes poseen también una calificación más 5 puntos, pero la media más alta corresponde al tratamiento ya mencionado.

#### 4.6.4. Viscosidad

En la siguiente figura se informa las medias de las cataciones realizados a 11 personas semientrenados, las calificaciones fueron a una escala hedónica de 1 a 7 puntos donde: 1 desagradable, 3 poco agradable, 5 agradable y 7 muy agradable.

**Figura 28**

*Evaluación sensorial de la variable viscosidad*



*Nota.* Trabajo experimental

En la tabulación de la variable viscosidad se observa los promedios obtenidos tras la valoración por parte de los catadores, resultando ser el mejor tratamiento el número 7, la cual es yogurt con adición de pigmento de arándano extraído por solventes orgánicos, dicho tratamiento presenta una puntuación de 6,3 denominándose así de viscosidad muy agradable.

#### **4.7. Comprobación de la hipótesis**

##### **4.7.1. Hipótesis nula ( $H_0$ )**

La extracción de pigmentos naturales a partir de frutos rojos Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) no permitió dar color a una bebida láctea fermentada con características sensoriales aceptables.

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

##### **4.7.2. Hipótesis alternativa ( $H_i$ )**

La extracción de pigmentos naturales a partir de frutos rojos Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) permitió dar color a una bebida láctea fermentada con características sensoriales aceptables.

$$H_i: \mu_i \neq \mu_j$$

##### **4.7.3. Verificación de la hipótesis**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el pigmento del tratamiento T7 el cual está compuesto por arándano (*Vaccinium myrtillus*) extraída por solventes orgánicos, presentó mejor coloración de acuerdo a las cataciones realizadas como se evidencia en la figura 22, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

## 4.8. Conclusiones y recomendaciones

### 4.8.1. Conclusiones

- Al caracterizar las materias primas Mora (*Rubus glaucus*), Fresa Albión (*Fragaria Annanasa*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) los valores reportados de los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles e índice de madurez, se encuentra dentro del rango establecido por las normas INEN-ISO.
- Se obtuvo los pigmentos naturales por los diferentes métodos de extracción como son: solventes orgánicos, maceración y enzimas de los diferentes frutos rojos, donde se evidencia que el método de extracción mediante el uso de enzimas a una temperatura de 50°, con un rendimiento del 16,5% resultó ser el más eficiente.
- Mediante los análisis físico-químico realizados a los pigmentos se determinó que el mejor tratamiento en humedad fue el T16 (arándano-maceración a 60°C), para el potencial de hidrogeno pH fue el T10 (fresa albión-maceración a 60°C), para acidez titulable no presentaron diferencia estadística entre los y para las antocianinas fue el T16 (arándano-maceración a 60°C).
- Con respecto al etiquetado del producto la norma NTE INEN 13343, establece el etiquetado para productos de consumo humano con el propósito de ser comercializado.
- Se logró elaborar una bebida láctea, donde al aplicarse en el yogurt los colorantes naturales obtenidos con el experimento y al realizar el control del pH las características se mantienen dentro del rango de aceptabilidad lo que demuestra que es factible en el uso de productos lácteos.
- Mediante el análisis sensorial en el atributo sabor, color y viscosidad el arándano fue el más aceptado por los catadores, mientras que en el atributo del olor el aroma de la fresa fue el más percibido por los catadores.

#### **4.8.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar análisis fisicoquímicos a la materia prima tales como: acidez total, calorimetría, proteína, firmeza, índice de color para garantizar que el producto final sea de buena calidad.
- Realizar extracciones de pigmentos por otros métodos de extracción como fluidos supercríticos, Soxhlet y comprobar el rendimiento de la obtención de los pigmentos.
- Realizar la actividad antioxidante de los pigmentos de la mora de castilla, fresa Albión y arándano biloxi.
- Determinar los compuestos químicos existentes mediante cromatografía de gases de los pigmentos de las frutas en estudio.
- Investigar la aplicabilidad de los pigmentos en la industria cosmética, específicamente para dar coloración a las barras labiales.
- Analizar por cromatografía de gases los compuestos que poseen los pigmentos e identificar la pureza de las antocianinas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. (2019). Estimación y efecto sobre la vida útil de Fresa (*Fragaria xananassa*) con el uso de biofilm producido por *Komagataeibacter xylin*. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29735/4/AL%20705.pdf>
- Agroscopio. (2022). Mora de castilla (fotografía). Obtenido de Agroscopio.com / oragro compañía de comercio S.A : <https://agroscopio.com/producto/mora-de-castilla/>
- Agrotendencia. (2020). Cultivo de fresa o Frutilla. Obtenido de Agrotendencia.tv: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla/>
- Aguagallo, W. (2015). Determinación del índice de madurez para el empaquetado de frutilla (*fragaria vesca*) variedad albión en dos tipos de ambiente en el agro centro guaslán del ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca (magap). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/448/1/UNACH-EC-IAGRO-2015-0014.pdf>
- Aguirre, N. (2018). Desarrollo de un colorante natural desde el fruto del Saúco negro (*Sambucus nigra*) para su uso en la industria alimentaria. *Tesis pregrado*. Universidad de las Américas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10101/1/UDLA-EC-TIAG-2018-24.pdf>
- Arroyo, L., Mazquiaran, L., Rodríguez, P., Valero, T., & Ruiz, E. (2018). Informe de Estado de frutas y hortalizas,: "Nutrición y Salud en la España del S. XXI. Obtenido de <https://www.fesnad.org/resources/files/Noticias/frutasYHortalizas.pdf>
- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria*,7(3),191-200.  
doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.05>
- Ávila , M. (2019). Extracción y caracterización de antocianinas de la fresa mediante fluidos supercríticos asistida por campos eléctricos pulsados. *Tesis pregrado*. Universidad



Autónoma del Estado de México, Toluca. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/286118465.pdf>

Becerra, N., Munoz, A., & Lucero, A. (2019). Obtención de un extracto antociánico a partir del residuo de mora de castilla (*rubus glaucus benth*). *Fundación Universidad de América*, 12(2), 99-112. doi:<https://doi.org/10.29097/2011-639X.298>

Bonilla, J., & García, L. (2020). Obtención de un colorante natural a partir de la clorofila de *Chlorella vulgaris* como alternativa al uso de colorantes sintéticos en la industria textil, Bogotá, Colombia. *Tesis pregrado*. Universidad del Bosque, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/8132>

Borja, D., Yungán, J., Villota, V., Chuiza, M., & Brito, H. (2019). Obtención y determinación de la calidad de colorante a partir de las flores de Sangorache. *Ciencia Digital*, 3(2.4), 23-35. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.4.504>

Burgos, M., & Ibañez, E. (2016). Optimización para la extracción de antocianinas en *Vaccinium corymbosum* L. (arándano), Noviembre 2015. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3476>

Burgos, M., & Ibañez, E. (2017). Estudios de estabilidad de antocianinas en el extracto optimizado de *Vaccinium corymbosum* L. (Arándano), diciembre 2016. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8055>

Camacho, C. (2020). Rediseño de un reactor para el proceso de elaboración de yogurt en la planta de lácteos esPOCH-tunshi. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14871>

Campana, I. (2020). Propuesta de un plan de negocios para la comercialización de arándanos en calidad de pasas para la región Arequipa. *Tesis pregrado*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/289293662.pdf>

Campoverde, A., & Reyes, E. (2022). Elaboración, caracterización fisicoquímica, capacidad antioxidante y análisis del ácido ascórbico en harina de frutilla (*fragaria ananassa*)

- de la variedad albi3n. *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/61267>
- Casta3o, E., & Espinoza, A. (2016). Determinaci3n del valor nutricional y nutraceutico de frutos maduros del material sin espinas de *rubus glaucus benth* (mora de castilla) cultivados en el municipio de misrat3 rizaralda. *Tesis pregrado*. Universidad Tecnol3gica de Pereira. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/6782>
- Castro, C., & P3rez, E. (2017). Extracci3n enzim3tica de esteviol gluc3sidos en jugo de mora (*Rubus adenotrichus*). *Rev. Colomb. Investig. Agroindustriales*, 24-38. doi:<https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/download/663/doi.org/10.23850/24220582.663>
- Castro, P. (2017). Determinaci3n de las curvas de crecimiento y acumulaci3n de nutrientes en la variedad albion de fresa (*Fragaria xananassa*) para establecer los requerimientos nutricionales de las plantaciones desarrolladas en las zonas de Fraijanes, Cant3n Central. *Tesis pregrado*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4326/1/41647.pdf>
- Cavero, M. (2020). Estudio de prefactibilidad para la instalaci3n de una planta productora y exportadora de ar3ndanos (*vaccinium myrtillus*) org3nicos. *Tesis pregrado*. Universidad de Lima, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/12766>
- Cayambe, N. (2018). Diagn3stico de la cadena agroproductiva de fresa (*fragaria ananassa*) en tres provincias de la sierra - centro zona 3. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Polit3cnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10403/1/27T0404.pdf>
- Cede3o, L. (2017). Fundamentos basicos de c3lculos de ingenier3a qu3mica con enfoque en los alimentos. Machala: Utmach. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14370/1/Cap.2%20El%20balance%20de%20materia.pdf>
- Ch3vez, O. (2019). Influencia de la soluci3n de cubierta del jugo de ar3ndano (*Vaccinium corymbosum*) en la calidad del fruto de ar3ndano m3nimamente procesado. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Santiago Atun3z de Moyolo, Huaraz. Obtenido de

[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4300/T033\\_4413025\\_0\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4300/T033_4413025_0_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cobo, C. (2014). Consulta de tecnología de los alimentos. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Manabí. Obtenido de <https://es.slideshare.net/carloscobo1/colorantes-alimentarios>

Codex Alimentarius 243. (2012). Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimenticios. Obtenido [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/reglamentos/ANEXO\\_RES\\_283\\_RTCA\\_ADITIVOS\\_ALIMENTARIOS%20\\_COMIECO.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/reglamentos/ANEXO_RES_283_RTCA_ADITIVOS_ALIMENTARIOS%20_COMIECO.pdf)

Cortés, M., Macías, R., Cardona, L., & Arango, J. (2019). Influencia de un recubrimiento comestible adicionado con calcio sobre la calidad de la mora de Castilla. *La Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1), 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1212>

Cosavalente, K., Ruiz, S., & Ganoza, M. (2016). Antocianinas totales y capacidad antioxidante in vitro de extractos de diferente grado etanólico del fruto de *Vacciniumcorymbosum* “Arándano”. *UCV - Scientia*, 8(1), 44-48.

Cubillos, L. (2020). Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio. *Tesis pregrado*. Fundación Universidad de América, Bogotá. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8305/1/6161726-2021-1-IQ.pdf>

Cubillos, L., & Pava, L. (2021). Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio. *Tesis pregrado*. Fundación Universidad de América. Obtenido de <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/8305>

Cuenca, J. (2017). Evaluación de las características físico químicas del colorante de mora, extraído con microondas a diferentes niveles de tiempo y potencia. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9205>

- Cuesta, C., & Castro, M. (2018). Efecto de pretratamientos en la extracción de antocianinas de la mora castilla (*r. glaucus*) y silvestre (*r. adenotrichos*), para su uso como indicador visual de ph. *Tesis pregrado*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Losano, Bogotá. Obtenido: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/3966>
- Delgado, L. (2019). Evaluación del extracto de licopeno partiendo de residuos de diferentes frutas y hortalizas, aplicado en un producto cosmético. *Tesis pregrado*. Fundación Universidad de América, Bogotá. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7615>
- Díaz, K. (2019). Estandarización del proceso de obtención de antocianinas a partir de callos de mora . *Tesis pregrado*. Universidad de Santander, Bucaramanga. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/3753>
- Duarte, A., Jiménez, J., Pineda, J., Gonzales, C., & García, M. (2020). Extracción de sustancias bioactivas de *pleurotus ostreatus* por maceración dinámica. *Acta Biológica Colombiana*. doi:<https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
- Escobar, G. (2021). Efecto de las variables temperatura y tiempo en los procesos de extracción por maceración y ultrasonido sobre el contenido de compuestos fenólicos y. *Tesis pregrado*. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/6408](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6408)
- Escobar, J., Chuiza, M., Coba, R., & Vallejo, S. (2019). Obtención y determinación de la calidad de colorante natural de uvilla para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(3,5), 193-200. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.726>
- Espejel, B. (2019). Producción de fresa (*fragaria x annanasa duch.*) utilizando potencializadores orgánicos y minerales en condiciones protegidas. *Tesis posgrado*. Colegio de Postgraduados, Montecillo. Obtenido de [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3751/1/Blancas\\_Espejel\\_B\\_MC\\_Edafologia\\_2019.pdf](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3751/1/Blancas_Espejel_B_MC_Edafologia_2019.pdf)
- Espinoza, F. (2019). Evaluación del rendimiento de cinco variedades de fresa (*fragaria spp.*) en el centro de investigación y producción agrícola, cañasbamba, yungay, 2017-

2018. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz. Obtenido [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4232/T033\\_46896435\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4232/T033_46896435_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Falcón, P. (2017). Determinación de los parámetros óptimos para la elaboración de una bebida fermentada a partir de arándano (*vaccinium myrtillus l*) al estado maduro. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Moyolo, Huaraz. Obtenido de <http://www.repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2197>
- Ferrer, Y. (2020). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad virens levis en la calidad y vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*). *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31413/1/AL%20751.pdf>
- Freire, D., & Corozo, K. (2021). Elaboración de un producto untable a partir del alpiste (*Phalaris canariensis*) saborizado con coulis de mora castilla (*Rubus glaucus*). *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54212>
- Fuentes, A. (2021). Obtención de un vino a partir de la pulpa de arándanos azules aplicando dos presentaciones de levaduras (hidratada y deshidratada) a diferentes temperaturas de activación (30° c y 35° C). *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Obtenido <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FUENTES%20MORAN%20ALLISSON%20YRINA.pdf>
- García, D., & Campos, M. (2021). Estudio de prefactibilidad de instalación de una planta de producción de antocianinas a partir del maíz morado (*zea mays l.*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9031>
- García, J. (2017). Desarrollo de microencapsulados enriquecidos en carotenoides a partir de residuos de frutas tropicales para uso como colorantes naturales en alimentos. *tesis posgrado*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59901>

- Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Acta biológica Colombiana*, 13(3), 27-33. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>
- Gómez, J. (2020). Cinética del proceso de deshidratación de frutos rojos y elaboración de bebidas fermentadas. Cambios en el color y compuestos bioactivos durante el procesado. *Tesis Doctoral*. Universidad de Córdoba. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/19541>
- Grazón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Acta Biológica Colombiana*, 27-36. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>
- Gualacata, J. (2019). “Control químico del (*Micosphaerella fragariae*), en la hoja del cultivo de la fresa (*Fragaria ananassa*) en la zona de Intihuaycopungo, Otavalo Imbabura”. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Babahoyo, Carchi. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6409>
- Guillén, M. (2018). Efecto de Campos Eléctricos Pulsantes (CEP) en la extracción de antocianinas de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y evaluación de su potencial como colorante natural. *Tesis pregrado*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11036/6246>
- Gutiérrez, S. (2021). Evaluación de productos bioestimulantes por etapa fenológica y determinación de áreas agroecológicas aptas para el cultivo de arándano azul en el estado de Aguascalientes. *Tesis posgrado*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes. Obtenido de <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2095/452837.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, H., Naranjo, M., Campos, L., López, O., & Carrión, Á. (2018). Estudio de los procesos de industrialización de la mora de castilla (*rubus glaucus benth*) y su incidencia en la innovación de productos, en la asociación de trabajadores agrícolas trabajo y desarrollo. *Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/index.html>

- Herrera, X., & Rodriguez, K. (2016). 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. *Tesis pregrado*. Fundación Universidad de America, Bogotá. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/478>
- Huachi, D. (2019). Evaluación de dos bioestimulantes en el cultivo de fresa (*fragaria annanasa*) variedad albión californiana. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Obtenido <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30577>
- Intagre. (2016). Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/variedades-comerciales-de-arandanos-en-el-mundo>
- Iza, F., Rojas, X., & Arguello, Y. (2016). Línea base de la calidad de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en su cadena alimentaria. *Universidad Tecnológica Equinoccial*, 7(3), 82-94. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n3.107>
- Jami, Y. (2021). Caracterización de los recubrimientos comestibles de biopolímeros y aceites esenciales para la conservación de fresa (*fragaria*) y papaya (*carica papaya*). *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15548/1/27T00501.pdf>
- Janiszewska, E. (2017). Carotenoids microencapsulation by spray drying method and supercritical micronization. *Food Research International*, 99(2), 891-901. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.001>
- Jiménez, O. (2017). Obtención, evaluación de pigmentos microencapsulados a partir de frutos xkijit (*Renealmia alpinia*) e incorporación en una matriz alimenticia. *Tesis posgrado*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12371/648>
- Jiménez, A. (2008). Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la extracción de colorante a partir de la flor del árbol de majagua (*hibiscus elatus*). *Tesis pregrado*. Universidad EAFIT, Medellín. Obtenido de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/352/AstridEliana\\_JimenezRa](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/352/AstridEliana_JimenezRa)

mirez\_2008.pdf;jsessionid=B008435F7ADC361190795E5555D8B2D5?sequence=1

- Jiménez, V., & Abdelnour, A. (2017). Protocolo de micropropagación de arándano nativo de Costa Rica (*Vaccinium consanguineum*). *Tecnología en Marcha*, 31(1), 144-159. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3504>
- Lema, F., & Cushquicullma, L. (2020). Reducción del número de organismos de descomposición del *Rubus Glaucus Benth* (Mora de Castilla) y *fragaria ananassa* (Fruquilla) producidas en la provincia de Chimborazo, utilizando un acelerador de electrones. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14285>
- Lillo, A., Carvajal, F., Nuñez, D., Balboa, N., & Alvear, M. (2016). Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(2), 168-174. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n2/v42n2a09.pdf>
- Llamuca, A. (2018). Extracción de colorantes naturales de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), Mora andina (*Rubus glaucus*) y uva (*vitis vinífera*) para el uso en la industria de los alimentos. *Trabajo de titulación*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba.
- López, J. (2020). Efecto antimicrobiano del aceite esencial del arándano azul (*vaccinium corymbosum*) como inhibidor de la escherichia coli en condiciones in vitro. *Tesis pregrado*. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOPEZ%20ENGRACIA%20JUNIOR%20RODOLFO.pdf>
- Lucero, A. (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. *Tesis pregrado*. Fundación Universidad de América, Bogotá. Obtenido <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7593>



- Lucero, A., & Muñoz, A. (2020). Estabilidad y desempeño del colorante antocianico en yogur natural. *Fundación Universidad de América*, 13(1), 33-44. doi:<https://doi.org/10.29097/23461098.306>
- Ludeña, F., Gutiérrez, R., Palomino, L., & Rojas, E. (2019). Obtención de extracto de antocianinas con capacidad antioxidante a partir del descarte de exportación de arándanos para ser utilizado como colorante en la industria alimentaria. *Tesis pregrado*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/9765>
- Lustre, J., & Cabrera, J. (2021). Evaluación de la concentración de colorante natural del arándano (*vaccinium myrtilus*) en la elaboración de fruta confitada de la cáscara de sandía (*citrullus lanatus*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6912>
- Manosalvas, L. (2017). Caracterización físico-química y uso en mermeladas de las fracciones residuales de mora, procedentes de extracciones de colorante con microondas. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9220/1/T-UCE-0004-11.pdf>
- Marquez, C., Caballero, B., & Vanegas, K. (2016). Efecto de edulcorantes no calóricos sobre el desarrollo de mermelada de mora (*Rubus glaucus Benth*). *Temas agrarios*, 21(2), 32-39. doi:<https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.899>
- Martínez, j., Armando, J., Gracia, L., Cuaran, J., & Ocampo, Y. (2016). Pigmentos vegetales y compuestos naturales aplicados en productos cárnicos como colorantes y/o antioxidantes. *Uniminuto*, 51-62. doi:<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.11.21.2016.51-62>
- Moreno, M. (2016). La importancia del color en los alimentos. *Revista alimentaria*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6145139>
- Naspud, M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del fruto de mora (*Rubus glaucus Benth*) obtenidos con tres pretratamientos térmicos. *Tesis pregrado*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16411/1/UPS-CT007983.pdf>

- NTE INEN 1334-3. (2011). Rotulado de productos alimenticios para el consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables.
- NTE INEN 2395. (2011). Leches fermentadas. Requisitos. Quito.
- NTE INEN 2427. (2016). Frutas frescas. Mora. Requisitos. Quito.
- NTE INEN-CODEX 192. (2016). Norma general para aditivos alimentarios (Codex Stan 192-1995, IDT). Quito.
- NTE INEN-ISO 1842. (2013). Productos vegetales y de frutas . Quito.
- NTE INEN-ISO 2172. (2014). Jugos frutas-Determinación del contenido de sólidos solubles-Método picnométrico. Quito.
- NTE INEN-ISO 750. (2013). Productos vegetales y de frutas-Determinación de la acidez titulable (IDT). Quito.
- NTE INEN-ISO 750. (2013). Productos vegetales y de frutas. determinación de la acidez titulable (IDT). Quito.
- Ordóñez, I., & Saavedra, R. (2016). Extracción y uso del colorante natural de la flor de jamaica (*hibiscus sabdariffa*) como alternativa para la elaboración de salchicha y yogur. *Tesis pregrado*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23488>
- Pazmiño, J. (2019). Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (*Fragaria ananassa Weston*). *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18509/1/T-UCE-0004-CAG-083.pdf>
- Peña, J. (2017). Evaluación de la estabilidad genética en plantas micropropagadas de *Vacinium corymbosum L.* var Biloxi Arándano mediante marcadores moleculares RAPDs. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10816>
- Ramírez, M., Rojas, N., & Correa, L. (2006). Obtención de un colorante natural alimentario de mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*). *Ciencia en Desarrollo*, 2(2), 115-130.

Obtenido

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/download/260/264/444](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/download/260/264/444)

Ramirez, Y. (2020). Extracción de antocianinas y fenoles en cáscara de arándano aplicando múltiples respuestas mediante el diseño Box-Behnken". *Tesis pregrado*. Universidad Peruana Unión, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3328>

Ramos, P. (2019). Efecto de los recubrimientos con quitosano en la calidad y vida útil de los arándanos. *Tesis pregrado*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/85630/files/TAZ-TFG-2019-1692.pdf>

Robayo, M. (2000). Extracción y secado por atomización del colorante de Mora Castilla (*Rubus Glaucus*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Colombia, Manisales. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7040>

Rubio, E., Perez, R., Ávila, T., Gómez, J., & García, P. (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de Rubus con potencial nutraceutico y alimenticio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*(23), 291-301. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2028>

Ruiz, C. (2021). Extracción y caracterización de antocianinas mediante técnicas fisicoquímicas para su uso en preparados de alta cocina. *Tesis pregrado*. Universitat Politècnica de Catalunya, Cataluña. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/348388>

Ruiz, L., & Sepúlveda, O. (2016). Análisis nutricional y nutraceutico de frutos de *rubus glaucus benth* (mora de castilla) material sin espinas cultivado en apia risaralda. *Tesis pregrado*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/6783>

Sánchez, D. (2020). Diseño de un modelo de comercialización en el marco de la cadena productiva de la mora: caso provincia de Tungurahua. *Tesis posgrado*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6474>

Sánchez, D. (2022). Efecto de sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de arándano (*ericaceae vaccinium*) variedad biloxi a nivel de vivero en Guayaquil. *Tesis pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59546/1/DOMENICA%20SANCHEZ%20PANIMBOZA-%20TESIS%20FINAL%20FINAL%20.pdf>

Sánchez, J. (2013). La química del color en los alimentos. *Químics viva*, 234-246. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>

Sanchez, M. (2019). Extracción y caracterización de fructanos a partir de plantas de sotol (*dasyliirion spp.*) y agave (*agave tequilana weber var. azul*) mediante métodos enzimáticos asistidos con tecnologías de ultrasonido y su aplicación en alimentos. *Tesis doctoral*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/18349>

Sandoval, L. (2018). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso, contenido antocianinas y capacidad antioxidante de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L.*) variedad Bilox. *Tesis pregrado*. Universidad César Vallejo, Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27176>

Sanjurjo, J. (2017). Encapsulamiento de pigmentos naturales con actividad antioxidante de especies florales. *Tesis posgrado*. Instituto Tecnológica de Toluca, Metepec. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4050>

Sotelo, A. (2020). Desarrolló de bebidas de frutos rojos y cítricos enriquecidas con polifenoles simples y polímeros extraíbles y sus beneficios sobre la obesidad. *Tesis posgrado*. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. Obtenido de <http://ring.uaq.mx/handle/123456789/2342>

Soto, M., & Rosales, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *pinus durangensis* y *quercus sideroxyla*. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 18(4), 701-714. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061>

Sulqui, O. (2018). Presencia de *Peronospora sparsa* en las fases florales y del fruto en el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth.*). *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29256>

Sulqui, R. (2021). Evaluación del efecto de dos productos orgánicos, para el control de trips (*franklinella occidentalis*) en el cultivo de fresa (*fragaria ananassa*) variedad albión.

- Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ceballos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34781>
- Taipe, S. (2021). Efecto de la proporción de fruta y tiempo de maceración en las características fisicoquímicas y contenido de antocianinas totales del macerado de *berberis flexuosa*. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Huancavilca, Huancavilca. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3904>
- Tierra, V. (2018). Extracción de colorantes naturales de camote (*ipomoea batatas*), col morada (*brassica oleracea var. capitata*) y maíz morado (*zea mays l.*) para el uso en la industria de alimentos. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9025>
- Torres, M. (2020). Diseño de un proceso para la obtención de colorantes naturales a partir de la remolacha (*beta vulgaris*), granada (*punica granatum*) y tomate de árbol injerto (*solanum betaceum cav.*), en seco y húmedo. *Tesis pregrado*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14111/1/96T00583.pdf>
- Tovar, K. (2021). Incidencia del consumo de tartrazina en personas de 18 a 30 años, en la provincia de Tungurahua. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/33644/1/AL%20803.pdf>
- Tuitice, A. (2021). Antocianinas y su aplicación como colorantes naturales para alimentos. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22622>
- Varo, M. (2018). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos rojos y bebidas elaboradas a partir de ellos. *Tesis pregrado*. Universidad de Córdoba. Obtenido de <https://helvia.uco.es/handle/10396/17657>
- Vega, C. (2018). Estudio de línea base y diagnóstico del cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus, Benth*) en Angamarca, Cotopaxi. *Tesis pregrado*. Universidad Central del Ecuador. Quito. Obtenido

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16840/1/T-UCE-0004-CAG-029.pdf>

Veliz, B. (2020). Efecto de la concentración de nanopartículas de quitosano en recubrimientos de quitosano/goma de tara (*caesalpinia spinosa*) sobre la conservación de arándano (*vaccinium myrtillus*). *Tesis pregrado*. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes. Obtenido de <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/2261/TESIS%20-%20VELIZ%20MIRANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villacis, M. (2021). Fuentes naturales de origen vegetal para la obtención de antocianinas. *Tesis pregrado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32599/1/AL%20782.pdf>

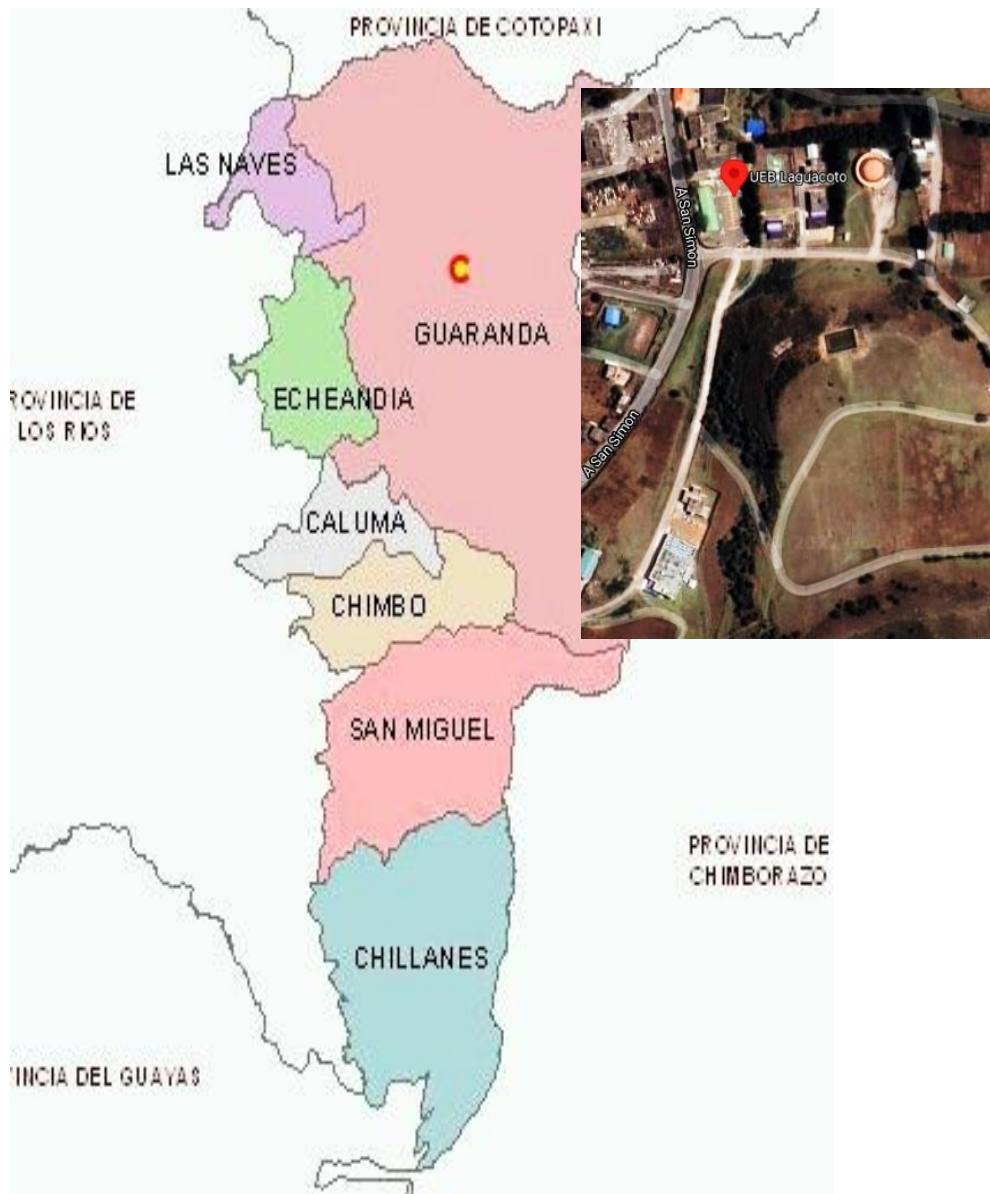
Yepez, M. (2019). Adición de antocianinas extraídas del fruto de *Vaccinium floribundum Kunth* y antocianinas estabilizadas en nanopartículas de zeína en yogur natural, como alternativa a los colorantes de síntesis. *Tesis pregrado*. Universidad Central de Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18501>

Zapata, L. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%c3%b3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20%281%29.PDF?sequence=21&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Mapa de ubicación de la investigación



*Fuente.* Google maps (2021)

## Anexo 2

### Caracterización de la materia prima

Análisis	Método	Materia prima		
		Mora	Fresa Albión	Arándano
pH	NTE INEN-ISO 1842	3,35	4,0	3,0
Acidez titulable	NTE INEN-ISO 750	1,34 %	0,64 %	1,66 %
°Brix	NTE INEN-ISO 2172	6,0	6,2	10,5
Índice de madurez	NTE INEN 2427	4,47 °Brix/ acidez titulable	9,68 °Brix/ acidez titulable	6,32 °Brix/ acidez titulable

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 3

### Volumen de los pigmentos extraídos

Materia prima	Métodos de extracción		
	Maceración	Solventes orgánicos	Enzimas
Mora	28 mL	25 mL	30 mL
Fresa Albión	20 mL	33 mL	33 mL
Arándano	22 mL	22 mL	28 mL

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)



## Anexo 4

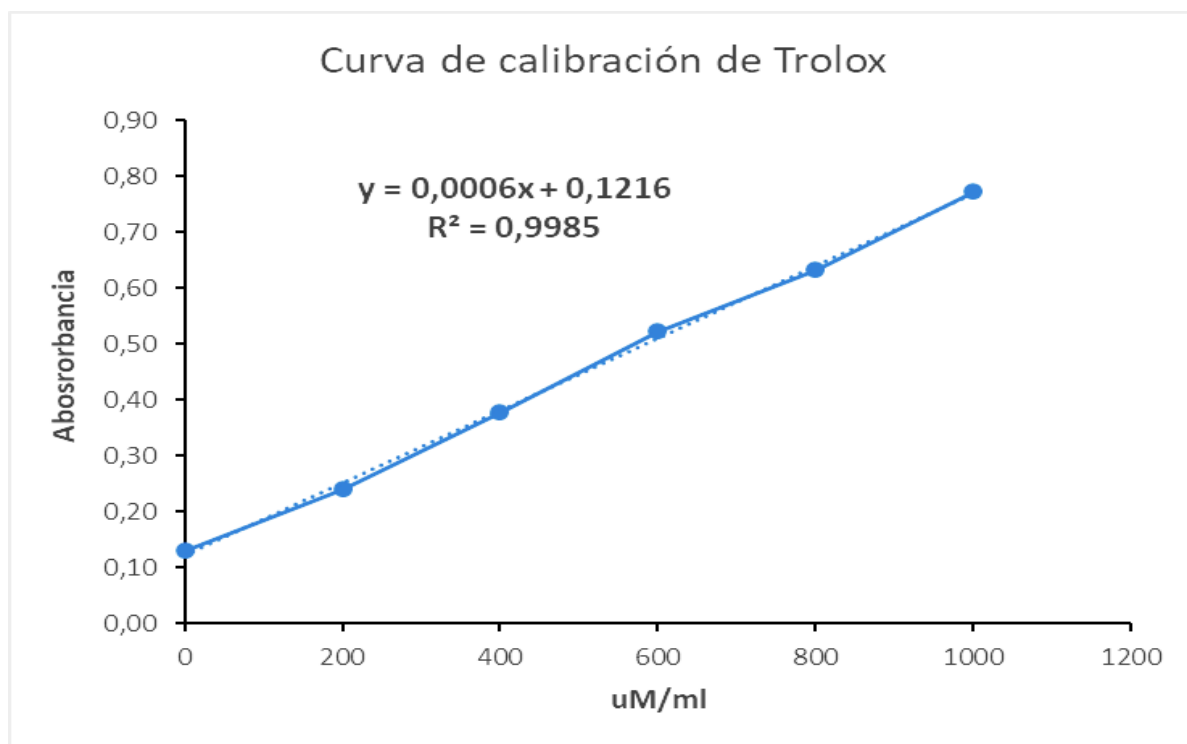
### Análisis físico-químico de los pigmentos

Tratamientos	Humedad %	pH	Acidez titulable %	Antocianinas $\mu\text{mol}$ de trolox/g muestra
1	9,3	2,8	1	14007,21
2	10,5	3,2	1	14103,63
3	13,9	2,8	0,9	13428,69
4	5,3	3,5	0,7	13814,37
5	8,5	4,2	1	14296,47
6	6,3	3,3	1,2	14151,84
7	15,7	2,6	1,3	14392,89
8	17,9	3,4	1	14971,3
9	12,9	2,9	1,2	13621,53

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 5

### Curva de calibración de las antocianinas



*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 6

Valores promedio del análisis sensorial: sabor, color, olor y viscosidad

### Sabor

Tratamiento	Catadores										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1	5	7	7	5	5	7	5	7	5	7	7
T2	5	7	7	3	5	7	5	7	3	7	7
T3	5	5	5	3	7	7	5	7	5	5	7
T4	5	5	5	5	5	7	3	5	5	7	3
T5	5	5	3	5	3	7	3	7	3	5	3
T6	5	5	7	5	7	7	7	7	7	7	3
T7	7	7	7	5	7	7	7	7	3	5	5
T8	3	7	3	5	7	5	7	7	7	3	7
T9	7	3	5	5	5	5	7	7	7	7	5

Trabajo experimental: Manobanda & Saca, (2022)

### Color

Tratamiento	Catadores										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1	4	4	6	6	4	5	5	4	5	5	3
T2	6	5	6	5	5	6	5	6	5	5	1
T3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5
T4	7	3	5	5	3	5	3	5	3	3	3
T5	5	3	5	5	3	5	3	5	3	3	3
T6	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5
T7	7	5	7	5	6	5	6	5	6	5	5
T8	7	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7
T9	7	3	5	5	5	7	5	5	5	7	5

Trabajo experimental: Manobanda & Saca, (2022)

## Olor

Tratamiento	Catadores										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1	3	5	7	5	5	7	7	3	5	5	3
T2	3	5	7	5	5	5	5	7	5	5	3
T3	3	5	5	5	7	5	5	7	5	5	3
T4	7	7	5	5	7	3	5	5	5	7	3
T5	5	7	5	5	5	5	5	7	5	3	3
T6	5	7	7	5	5	5	7	7	7	5	5
T7	7	5	7	3	3	7	7	5	5	5	7
T8	3	5	5	5	7	5	5	7	7	5	7
T9	7	3	5	5	5	5	5	7	5	5	7

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Viscosidad

Tratamiento	Catadores										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1	3	5	5	5	5	7	5	7	5	7	3
T2	3	5	7	5	3	5	5	7	5	7	3
T3	3	5	5	5	7	3	5	5	5	5	5
T4	7	3	5	3	7	3	5	5	5	5	3
T5	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3
T6	5	3	7	5	5	5	7	5	7	5	3
T7	7	7	5	5	7	5	7	7	7	7	5
T8	1	7	5	5	7	5	5	7	5	3	3
T9	7	5	5	5	5	5	3	5	7	5	3

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 7

### Caracterización de la materia prima

#### Acidez titulable



pH



°Brix



*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 8

### Métodos de extracción

---

#### Solventes orgánicos



#### Maceración



---

#### Enzimas



#### Concentración de pigmentos



---

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)



## Anexo 9

### Análisis del pigmento

Humedad



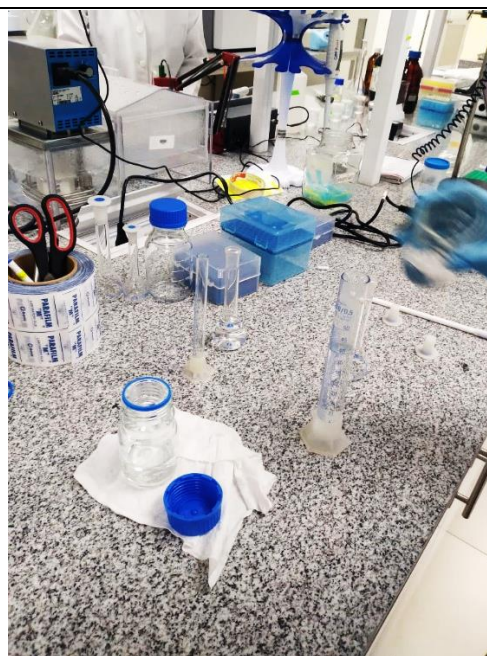
pH



Acidez titulable



Espectrofotometría



*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 10

### Producto comercial

---



Frasco de 5 cm



Envasado del pigmento



Etiquetado



Producto comercial

---

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)



## Anexo 11

### *Adición del pigmento en el yogurt*

---



Recepción de la materia prima



Filtrado



Pasteurización



Incubación

---





Preparación del jarabe



Adición del jarabe



Agregado del pigmento



Envasado final

---

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## Anexo 12

### Cataciones del producto

---



---

Preparación de las muestras

---



---

Lugar de cataciones



---

Capacitación a los catadores

---

*Trabajo experimental:* Manobanda & Saca, (2022)

## GLOSARIO

**Antioxidantes:** Químicos que interactúan con los radicales libres y los neutralizan, impidiendo causar daño a nivel molecular.

**Antocianina:** Son las responsables de proporcionar color rojo, azul y morado, en una clase de flavonoides muy interesante por su extraordinaria capacidad antioxidante.

**Carotenoides:** Son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides se encuentran naturalmente en las plantas y otros organismos fotosintéticos como las algas en algunas clases de hongos y bacterias.

**Cianidina:** Es un compuesto orgánico natural responsable de la pigmentación de muchos frutos rojos, incluso es un poderoso antioxidante, posee propiedades antioxidantes, también se usa como antiinflamatorio y como tratamiento para la diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer.

**Colorantes:** Son sustancias de origen natural o sintético que se utilizan para realzar el color de los alimentos debido a la pérdida de color durante el procesamiento industrial o para hacerlos más agradables a la vista y aceptables para los consumidores.

**Colorantes sintéticos:** Son compuestos químicos obtenidos por síntesis, en productos de origen vegetal, se utilizan como aditivos alimentarios y son solubles en agua, por la presencia de grupos ácido sulfónico, por lo que son de muy fácil utilización.

**Colorantes naturales:** Son preparados obtenidos a partir de productos alimenticios y otras sustancias naturales obtenidas por extracción física o química y que inducen a la elección de la materia colorante, los tintes naturales son pigmentos vegetales de plantas (raíces, bayas, cortezas, hojas, madera) y otras fuentes orgánicas como hongos y líquenes.

**Compuestos fenólicos:** Son grupos de fitoquímicos que se encuentran en frutas y verduras, la actividad antioxidante de frutas, verduras y bebidas de origen vegetal como el té, el vino tinto y el aceite de oliva genera la actividad antioxidante.

**Cumarina:** Se extrae de las plantas ayudando a tratar los coágulos de sangre en los vasos sanguíneos y para tratar ciertas afecciones cardíacas.

**Enzima:** Son proteínas complejas que sufren cambios químicos en todo el cuerpo y ayudan a descomponer los alimentos consumidos para que el cuerpo los use.

**Extracto:** Sustancia concentrada que es obtenida de las plantas, semillas u otra cosa por diversos procedimientos.

**Flavonoides:** Son los pigmentos producidos por el metabolismo secundario de las plantas más comunes y contribuyen a una amplia gama de colores, desde el amarillo el rojo hasta el azul, en la formación del color las antocianinas.

**Pigmentos:** Es el grupo de fitoquímicos que se encuentran en la mayoría de las frutas y verduras, la actividad antioxidante de las frutas, verduras y bebidas de origen vegetal como el té.