



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL
HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Cacuango Carlosama Edison Anibal
Sacatoro Tipan Mario Orlando

Tutor:

Manuel Enrique Fernández Paredes

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cacuango Carlosama Edison Anibal, con cédula de ciudadanía No. 1728205731 y Sacatoro Tipan Mario Orlando, con cédula de ciudadanía No. 0550400071, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)**”, siendo el Ingeniero Mg. Manuel Enrique Fernández Paredes, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 18 de febrero del 2026

Edison Anibal Cacuango Carlosama
C.C: 1728205731
ESTUDIANTE

Mario Orlando Sacatoro Tipan
C.C: 0550400071
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DEL AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CACUANGO CARLOSAMA EDISON ANIBAL**, identificado con cédula de ciudadanía **1728205731** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.
- f) **CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de febrero del 2026.

Edison Anibal Cacuango Carlosama

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SACATORO TIPAN MARIO ORLANDO**, identificado con cédula de ciudadanía **0550400071** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.
- f) **CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de febrero del 2026.

Mario Orlando Sacatoro Tipan

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”, de Cacuango Carlosama Edison Anibal y Sacatoro Tipan Mario Orlando, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 18 de febrero del 2026

Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

C.C: 0501511604

DOCENTE TUTOR

AVAL DEL TRIBUNAL DE LECTORES

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Cacuango Carlosama Edison Anibal y Sacatoro Tipan Mario Orlando, con el título de Proyecto de Investigación: “**OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de febrero del 2026

Ing. Edwin Fabián Cerda Andino, Mg.

C.C: 0501369805

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Edwin Ramiro Ceballos Carvajal, Mg.

C.C: 0501864854

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Renato Agustín Romero Corral

C.C: 1717122483

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación académica.

A mis padres y familia, quienes han sido mi principal apoyo moral y emocional durante todo este proceso, motivándome constantemente a seguir adelante y alcanzar mis metas profesionales.

A la institución educativa y a todos los docentes que formaron parte de mi preparación académica, por compartir sus conocimientos, experiencias y valores que contribuyeron significativamente a mi desarrollo profesional.

De manera especial, agradezco a mi director(a) de tesis por su orientación, paciencia y asesoramiento permanente durante el desarrollo de esta investigación, aportando con sus conocimientos para la culminación exitosa del presente trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, directa o indirectamente, colaboraron y brindaron su apoyo para la realización de esta tesis.

Edison Anibal Cacuango Carlosama

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar esta meta, por iluminar mi camino en los momentos de dificultad y por permitirme culminar con éxito esta etapa tan importante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, especialmente a la carrera de Agroindustria, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por todos los conocimientos impartidos a lo largo de esta importante etapa de mi vida. De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento a cada uno de los docentes que, con su dedicación y experiencia, contribuyeron a mi crecimiento académico y personal.

A mi familia, en especial a mis padres, por su apoyo incondicional, sus consejos y el esfuerzo constante que realizaron para ayudarme a cumplir esta meta. Gracias por ser mi ejemplo de perseverancia, humildad y responsabilidad, y por enseñarme el verdadero valor del sacrificio y la constancia.

A mi compañero de tesis Edison Cacuango, por el compromiso, la colaboración y la amistad demostrada durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, a mi tutor Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, por su guía, paciencia y valiosos aportes que fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Mario Orlando Sacatoro Tipan

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haber estado presente en cada etapa de mi vida, siendo la base fundamental que me ha brindado fortaleza, sabiduría y perseverancia para alcanzar esta meta académica.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y motivación permanente durante toda mi carrera universitaria, convirtiéndose en el pilar esencial para continuar y no rendirme ante las dificultades.

A mis profesores, quienes con su conocimiento, orientación y enseñanza contribuyeron a mi formación profesional y personal a lo largo de cada asignatura cursada.

A los docentes miembros del tribunal, mi sincero agradecimiento por el apoyo brindado y por guiarnos durante el desarrollo de nuestro plan de investigación.

Finalmente, dedico este logro a mi tutor de tesis, por su acompañamiento, paciencia y apoyo constante durante todo el proceso investigativo, haciendo posible la culminación exitosa de este trabajo.

Edison Anibal Cacuango Carlosama

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para no rendirme ante las dificultades presentadas en el camino.

A mi padre Damián Sacatoro y mi madre Laura Tipan, quienes han sido el motor fundamental de mi vida, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y la confianza depositada en mí. Este logro también les pertenece, pues gracias a su apoyo y sacrificio he podido alcanzar esta meta tan importante.

A mis hermanos y hermanas quienes estuvieron presentes durante este proceso, brindándome ánimo y palabras de aliento en los momentos más desafiantes.

Finalmente, dedico este trabajo a mi familia, por su motivación permanente y por creer siempre en mis capacidades, impulsándome a superarme cada día, y por haber contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional, formando parte fundamental de esta etapa tan importante de mi vida.

Mario Orlando Sacatoro Tipan

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DEL AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DEL TRIBUNAL DE LECTORES	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA.....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xiii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	3
2. Diseño del proyecto	4
2.1. Planteamiento del problema.....	4
2.2. Marco contextual	5
2.3. Formulación del problema	7
3. OBJETIVOS:.....	7
4. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
5. MARCO TEÓRICO	8
6. MARCO CONCEPTUAL	23
7. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
7.1. Enfoque de la investigación	25
7.2. Tipo y nivel de investigación	25
7.3. Métodos de investigación.....	25
7.4. Metodología	26

7.4.1.	Preparación de la muestra.....	26
7.4.2.	Extracción por el método de Soxhlet.....	26
7.4.3.	Cuantificación de antocianinas monoméricas por diferencial de pH	27
7.4.4.	Aplicación de colorante en yogurt natural.....	29
7.5.	Hipótesis.....	29
7.7.	Diseño experimental.....	30
8.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
9.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	44
10.	RECURSOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO	46
11.	CONCLUSIONES	47
12.	RECOMENDACIONES.....	47
13.	BIBLIOGRAFÍA	48
14.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cuadro de actividades</i>	7
Tabla 2.....	11
<i>Intervalos de longitudes de onda asociados a la percepción de los distintos colores del espectro visible</i>	11
Tabla 3.....	31
<i>Factores y niveles propuestos</i>	31
Tabla 4 <i>Tratamientos experimentales</i>	31
Tabla 5 <i>Estructura de la tabla ANOVA</i>	33
Tabla 6.....	34
<i>Compuestos bioactivos del M. rupestris</i>	34
Tabla 7.....	35
<i>Absorbancia a pH 1,0</i>	35
Tabla 8.....	35
<i>Absorbancia a pH 4,5</i>	35
Tabla 9.....	36
<i>Antocianinas monoméricas mg /10g</i>	36
Tabla 10.....	37
<i>Análisis de varianza (ANOVA) para antocianinas monoméricas (mg/10 g)</i>	37
Tabla 11.....	38
<i>Comparación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$)</i>	38
Tabla 12.....	38
<i>Selección del mejor tratamiento</i>	38
Tabla 13.....	40
<i>Análisis de pH y exposición a la luz del mejor tratamiento</i>	40
Tabla 14.....	41

<i>Análisis de absorbancia del mejor tratamiento</i>	41
Tabla 15	41
<i>Análisis de solubilidad del mejor tratamiento</i>	41
Tabla 16.....	43
<i>Resultados de aplicación del colorante al yogurt natural</i>	43
Tabla 17	46
<i>Presupuesto del proyecto</i>	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	14
<i>Estructuras químicas representativas de los tipos más comunes de colorantes naturales aplicados en los sistemas alimentarios</i>	14

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL
HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”.**

Autores:

Cacuango Carlosama Edison Anibal
Sacatoro Tipan Mario Orlando

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo obtener un colorante natural a partir del hualicón (*Macleania rupestris*) y evaluar el efecto del tiempo de extracción y la relación fruta/solvente sobre la concentración de antocianinas. Se emplea un diseño experimental factorial 3×2, considerando como factores el tiempo de extracción (30, 45 y 60 minutos) y la relación fruta/solvente (1:25 y 1:30), con dos repeticiones por tratamiento. La extracción del colorante se realizó mediante el método Soxhlet y la cuantificación de antocianinas monoméricas se efectuó por espectrofotometría UV-Vis utilizando el método diferencial de pH, expresando los resultados como equivalentes de cianidina-3-glucósido. El análisis estadístico mediante ANOVA factorial muestra que el tiempo de extracción, la relación fruta/solvente y la interacción influyeron significativamente ($p < 0,05$) sobre la concentración de antocianinas. La prueba de Tukey permite identificar que el tratamiento T5 (60 min. 1:25) presenta la mayor concentración promedio de antocianinas monoméricas de 8,95 mg eq. cianidina-3-glucósido /10 g de peso seco, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos. Los tratamientos T3 y T6 no evidencian diferencias significativas entre sí. En la evaluación de las características fisicoquímicas se obtuvo los siguientes resultados: el mejor tratamiento presenta un pH ácido de 3,22 después de 24 horas de exposición a la luz natural; en relación con estabilidad del color, la absorbancia a 540 nm presenta un valor inicial de 1,059 el cual disminuye a 0,926 luego de 24 horas de exposición a la luz natural y la solubilidad en agua de 93,4 ml de colorante/100 ml de agua, finalmente se realizó la aplicación preliminar en yogurt natural en concentraciones de 0,2 %, 0,4 % y 0,6 % (v/v) y se evidencia una distribución homogénea del color y estabilidad visual durante 48 horas de almacenamiento en refrigeración. Los resultados confirman el potencial del hualicón como fuente de antocianinas con posible aplicación como colorante natural en alimentos líquidos.

Palabras clave: Colorante natural, hualicón, antocianinas, Soxhlet, absorbancia, yogurt

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL
HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”.**

Authors:

Cacuango Carlosama Edison Anibal
Sacatoro Tipan Mario Orlando

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain a natural dye from hualicón (*Macleania rupestris*) and evaluate the effect of extraction time and pulp/solvent ratio on anthocyanin concentration. A 3×2 factorial experimental design was used considering extraction time (30, 45, and 60 minutes) and pulp/solvent ratio (1:25 and 1:30) as factors, with two replicates per treatment. The dye was extracted using the Soxhlet method, and monomeric anthocyanins were quantified by UV-Vis spectrophotometry using the pH differential method, with results expressed as cyanidin-3-glucoside equivalents. Statistical analysis using factorial ANOVA shows that extraction time, fruit/solvent ratio, and interaction significantly influenced ($p < 0.05$) anthocyanin concentration. The Tukey test identified that treatment T5 (60 min. 1:25) had the highest average concentration of monomeric anthocyanins of 8.95 mg eq. cianidina-3-glucósido /10 g dry weight, statistically differing from the other treatments. Treatments T3 and T6 showed no significant differences between them. The evaluation of physicochemical characteristics yielded the following results: the best treatment had an acidic pH of 3.22 after 24 hours of exposure to natural light; in terms of color stability, the absorbance at 540 nm had an initial value of 1.059, which decreased to 0.926 after 24 hours of exposure to natural light, and the water solubility was 93.4 ml of dye/100 ml of water; Finally, a preliminary application was carried out in natural yogurt at concentrations of 0.2%, 0.4%, and 0.6% (v/v), showing homogeneous color distribution and visual stability during 48 hours of refrigerated storage. The results confirm the potential of hualicón as a source of anthocyanins with possible application as a natural colorant in liquid foods.

Keywords: Natural dye, hualicón, anthocyanins, Soxhlet, absorbance, yogurt

INTRODUCCIÓN

En la industria agroalimentaria, el color constituye uno de los atributos sensoriales más relevantes en la aceptación de los productos por parte del consumidor, ya que influye directamente en la percepción de calidad, frescura y naturalidad. Por esta razón, el uso de colorantes se ha consolidado como una práctica tecnológica habitual en la elaboración de alimentos procesados, con el fin de estandarizar su apariencia y mejorar su aceptabilidad comercial. Tradicionalmente, estos colorantes han sido de origen sintético; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el interés por el empleo de colorantes naturales obtenidos a partir de fuentes vegetales (Barzana et al., 2002).

Los colorantes naturales de origen vegetal se caracterizan principalmente por la presencia de compuestos fenólicos, entre ellos las antocianinas, responsables de tonalidades que varían del rojo a la púrpura. Estos compuestos no solo aportan color, sino que además presentan afinidad con matrices alimentarias acuosas, lo que favorece su aplicación en productos como bebidas, néctares y preparados líquidos. En este contexto, diversas investigaciones han evaluado frutos ricos en antocianinas como potenciales fuentes de colorantes naturales para su uso agroindustrial (Lakshmikanthan et al., 2024).

Ecuador posee una amplia biodiversidad asociada a sus condiciones climáticas y geográficas, lo que permite la existencia de especies vegetales nativas con potencial de aprovechamiento tecnológico. Entre ellas se encuentra el hualicón (*Macleania rupestris*), un fruto andino caracterizado por su intensa coloración y por su uso tradicional a nivel local (Enriquez, Katherine, et al., 2023). La información científica relacionada con su utilización como fuente de colorante natural es limitada, tanto por los procesos de extracción y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. Se busca analizar el comportamiento de las antocianinas presentes en el huailicon bajo diferentes condiciones de extracción, considerando su posible aplicación como colorante natural en una matriz alimentaria. Se generó información

experimental que permita conocer el efecto de variables del proceso sobre la concentración del pigmento obtenido.

El objetivo de la investigación fue obtener un colorante natural a partir de hualicón (*Macleania rupestris*) evaluando el efecto del tiempo de extracción y la relación fruta/solvente sobre el contenido de antocianinas. El estudio se desarrolló a nivel laboratorio, donde se evaluó características fisicoquímicas del colorante y su aplicación preliminar en yogurt. Se utilizó un diseño experimental que permitió analizar la influencia de variables de extracción sobre la concentración de antocianinas.

La caracterización fisicoquímica fue la variable respuesta y adicionalmente se realizaron pruebas de aplicación del colorante en una matriz líquida, con el fin de evaluar su comportamiento y estabilidad. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en la concentración de antocianinas en función de la extracción evaluadas, se identificaron parámetros favorables para la obtención del colorante. Se observó un comportamiento estable del pigmento en la aplicación del yogurt, demostrando el potencial del hualicón como fuente de colorante natural.

El trabajo se ha estructurado en cinco partes, comenzando con la introducción, marco teórico, metodología, discusiones de los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del Proyecto:

Obtención de un colorante natural a partir del hualicón (*Macleania Rupestris*)

1.2. Fecha de inicio: octubre 2025

1.3. Fecha de finalización: marzo 2026

1.4. Lugar de ejecución:

Cotopaxi, Latacunga, Eloy Alfaro, Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi

1.5. Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.6. Carrera que auspicia:

Carrera de Agroindustria

1.7. Equipo de Trabajo:

Docente Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes. Mg

Autores:

Cacuango Carlosama Edison Aníbal

Sacatoro Tipan Mario Orlando

1.8. Línea de investigación:

Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

1.9. Sub línea de investigación

Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

2. Diseño del proyecto

2.1. Planteamiento del problema

A nivel macro, el uso de colorantes en alimentos procesados se mantiene como una práctica tecnológica extendida para estandarizar apariencia y aceptación del producto. Sin embargo, la evidencia científica ha sostenido preocupaciones sobre ciertos colorantes sintéticos y su asociación con efectos adversos en población sensible. Una revisión publicada en *Environmental Health* reporta que, en estudios de provocación controlados, una proporción importante identificó señales de asociación entre la exposición a colorantes sintéticos y resultados conductuales adversos en niños, lo que refuerza el interés científico y sanitario en alternativas más seguras y en el control del uso de aditivos (Miller et al., 2022).

(NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA ALIMENTOS & PROCESADOS, 2023) menciona que, en Ecuador se regula la formulación y modificación de alimentos procesados incluyendo el manejo de aditivos y colorantes dentro de su normativa sanitaria, lo que evidencia que el tema es relevante para el control de calidad y la vigilancia sanitaria. En esa línea, ARCSA no solo norma el uso y cambios de formulación relacionados con colorantes, sino que también ha emitido comunicaciones y acciones regulatorias recientes frente a alertas por colorantes específicos (p. ej., “Rojo No. 3”), reflejando un contexto donde el uso de colorantes en productos locales requiere seguimiento técnico y sustitución cuando corresponde

En el nivel micro (territorio/recurso específico), pese a la disponibilidad de biodiversidad andina con frutas de coloración intensa, persiste una brecha entre el potencial del recurso y su aprovechamiento tecnológico como insumo natural. El hualicón (*Macleania rupestris*) destaca como especie nativa con compuestos fenólicos y metabolitos antioxidantes reportados en literatura científica reciente; por ejemplo, investigaciones

publicadas en revistas arbitradas describen perfiles fitoquímicos y propiedades biológicas del extracto del fruto, lo que respalda su interés como fuente de compuestos con capacidad pigmentante (como las antocianinas, habituales responsables de tonalidades rojo–morado en matrices vegetales). No obstante, este conocimiento aún no se traduce, de manera consistente, en protocolos tecnológicos validados para extracción orientada a uso agroindustrial, estabilidad fisicoquímica y aplicación en matrices alimentarias bajo condiciones controladas (Mayorga-Ramos et al., 2025a)

La situación actual muestra, una necesidad concreta: mientras la regulación sanitaria y la evidencia científica incrementan la atención sobre colorantes sintéticos, se requiere fortalecer alternativas naturales con respaldo experimental y pertinencia local. La ausencia de información aplicada sobre fuentes nativas limita la innovación agroindustrial y la posibilidad de sustituir colorantes sintéticos por alternativas locales con valor agregado.

2.2. Marco contextual

La presente investigación se enmarca en el ámbito de la Ingeniería Agroindustrial, disciplina orientada a la transformación, conservación y aprovechamiento tecnológico de materias primas de origen agrícola con el fin de generar productos con valor agregado. Dentro de este contexto, entre los procesos relevantes en la industria alimentaria es la incorporación de aditivos como los colorantes, que permiten mejorar la apariencia y estandarización de los productos procesados, principalmente en bebidas y matrices líquidas.

En el sector agroindustrial ecuatoriano el uso de colorantes sintéticos continúa siendo predominante por su disponibilidad comercial, estabilidad y facilidad de aplicación en los procesos productivos. El aprovechamiento de recursos vegetales nativos como fuente de colorantes naturales aún es limitado principalmente por la falta de estudios

técnicos que permitan su caracterización, extracción y aplicación bajo condiciones controladas de proceso.

Desde el punto de vista geográfico el hualicón (*Macleania rupestris*) es un fruto nativo que crece en zonas andinas del Ecuador, donde es recolectado de forma tradicional y no tiene una cadena Agroindustrial, lo que evidencia una brecha entre la disponibilidad de la materia prima y su aprovechamiento tecnológico, aspecto importante para la Ingeniería Agroindustrial, que busca optimizar procesos de transformación y uso de insumos agrícolas.

En el sector productivo y económico la ausencia de procesos agroindustriales definidos para el hualicón limita la generación de valor agregado y restringe su incorporación en la industria alimentaria como insumo funcional, afectando a pequeños productores y recolectores, quienes no cuentan con alternativas tecnológicas que permitan transformar el fruto en un producto con mayor valor comercial, manteniendo su uso en escalas reducidas y de bajo impacto económico. El desarrollo agroindustrial ha priorizado el uso de materias primas ampliamente estudiadas y procesos estandarizados

El desarrollo agroindustrial ha priorizado el uso de materias primas ampliamente estudiadas y procesos estandarizados, lo que hace propicio la investigación aplicada sobre frutos nativos con potencial tecnológico. Especies como el hualicón no han sido integradas de manera sistemática en procesos agroindustriales a pesar de sus características fisicoquímicas favorables para la obtención de colorantes naturales.

Todo ello conlleva a buscar el desarrollo de procesos agroindustriales orientados a la innovación de productos alimentarios, al no contar con información técnica suficiente sobre la obtención y aplicación de colorantes naturales a partir del hualicón. La situación limita la optimización de procesos, la diversificación de insumos y el desarrollo de productos agroindustriales acordes a las tendencias actuales del sector alimentario.

2.3. Formulación del problema

¿Cómo influyen el tiempo de extracción y la relación fruta/solvente en la concentración de antocianinas obtenidas mediante el método de Soxhlet a partir del hualicón (*Macleania rupestris*) para la obtención de un colorante natural?

3. OBJETIVOS:

5.1. General

Obtener un colorante natural a partir del hualicón (*Macleania Rupestris*) para su aplicación en productos agroindustriales.

5.2. Específicos

- Identificar los compuestos bioactivos presentes en la fruta del hualicón (*Macleania Rupestris*), mediante investigaciones bibliográficas.
- Determinar la concentración de antocianinas extraídas mediante el método Soxhlet, en función del tiempo de extracción y la relación fruta/solvente.
- Evaluar las características fisicoquímicas del mejor tratamiento, a escala de laboratorio.

4. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1

Cuadro de actividades

Objetivo	Actividades	Metodología aplicada	Resultados
Identificar los compuestos bioactivos presentes en la fruta del hualicón (<i>Macleania rupestris</i>).	Identificación de compuestos bioactivos	Revisión bibliográfica de artículos científicos y fuentes sobre los compuestos bioactivos del hualicón y especies afines.	Se encontró valores elevados en la concentración de antocianinas monoméricas asociadas a la coloración intensa del fruto y propiedades funcionales.

Determinar la concentración de antocianinas (método Soxhlet)	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección, selección y acondicionamiento de las muestras (frutos) • Deshidratación y molienda de los frutos • Extracción con el equipo Soxhlet con cada tratamiento • Medición de la absorbancia a 520–700 nm. • Cálculo de concentración de antocianinas • Análisis estadístico de los resultados 	<p>Extracción por Soxhlet</p> <p>Lectura por espectrofotometría UV-Vis</p> <p>Método pH diferencial para determinar la concentración de antocianinas</p> <p>Análisis de varianza (ANOVA) para determinar efectos significativos.</p>	<p>Se obtuvo el colorante natural con diferentes concentraciones de antocianinas según el tiempo de extracción y la relación fruta/solvente. El análisis estadístico permitió identificar el mejor tratamiento asociado a la mayor concentración de antocianinas y mayor intensidad del colorante.</p>
Evaluar las características fisicoquímicas, a escala de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de pH, absorbancia, solubilidad y estabilidad frente a luz y temperatura. • Pruebas preliminares de aplicación del colorante en yogurt natural 	<p>Ensayos fisicoquímicos en laboratorio.</p> <p>Prueba de aplicación.</p>	<p>El colorante presentó un perfil fisicoquímico adecuado y estabilidad compatible con aplicaciones alimentarias líquidas. La aplicación del colorante en yogurt natural evidenció su viabilidad tecnológica</p>

Elaborado por: Cacuango & Sacatoro, 2026

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Hualicón (*Macleania Rupestris*)

La familia *Ericaceae* comprende un amplio grupo de especies vegetales distribuidas principalmente en ecosistemas altoandinos y de páramo, donde desempeñan funciones ecológicas relevantes y aportan frutos comestibles con potencial alimentario. Dentro de esta

familia se encuentra *Macleania rupestris* Kunth A.C. Sm., conocida como uva camarona o hualicón, una especie nativa de regiones andinas que se distribuye desde Centroamérica hasta Sudamérica incluyendo Ecuador y Perú, en rangos altitudinales aproximados entre 2 200 y 3 500 m s. n. m., la planta produce bayas de coloración púrpura oscura a negra, de sabor dulce y agradable, tradicionalmente consumidas directamente o en preparaciones artesanales como dulces y mermeladas. Diversos estudios señalan que los frutos de especies de *Ericaceae* contienen compuestos bioactivos, principalmente antocianinas y otros polifenoles con actividad antioxidante, lo que evidencia su potencial alimentario y funcional; sin embargo, su aprovechamiento tecnológico e industrial continúa siendo limitado debido a la escasa investigación aplicada sobre su composición y usos agroindustriales (Dastmalchi et al., 2011)

5.2. Definición y función de los colorantes alimentarios

En los alimentos, el color constituye el primer estímulo sensorial percibido por el consumidor y cumple un papel determinante en la aceptación del producto, incluso antes de que intervengan el olor o el sabor. La apariencia visual transmite información inmediata sobre calidad y frescura por lo que debe responder a las expectativas del consumidor para favorecer la decisión de compra. Los colorantes alimentarios forman parte de los aditivos tecnológicos incorporados con el propósito de modificar o mantener características visuales del alimento, ya sea para uniformar el color, corregir tonalidades indeseadas o intensificar la apariencia natural. Pero el uso de colorantes artificiales puede influir negativamente en la percepción del consumidor impulsando el interés por alternativas que cumplan la función tecnológica sin afectar la aceptabilidad del producto (Carocho et al., 2014).

Los colorantes de origen natural obtenidos principalmente de vegetales y minerales fueron utilizados desde la antigüedad en la elaboración de alimentos. El uso de colorantes artificiales se inició de manera temprana con la adición de tintes al vino alrededor del siglo III a.C. El desarrollo de los colorantes sintéticos se posicionó en el siglo XIX con el

descubrimiento del primer tinte derivado del carbón, fue donde impulsó su rápida adopción en la industria. En Estados Unidos la regulación de los colorantes alimentarios comenzó a finales del siglo XIX, iniciaron con sustancias que posteriormente se reconocieron como nocivas por las limitaciones científicas de la época. A partir de 1927 la supervisión de los colorantes y otros aditivos alimentarios pasó a estar bajo la autoridad de la Administración de Alimentos y Medicamentos estableciendo un marco regulatorio que continúa vigente para el control de la seguridad alimentaria (Durazzo et al., 2022).

5.3. Categorización de colorantes alimentarios

Los colorantes alimentarios se clasifican generalmente en tres categorías según su forma de presentación y uso tecnológico: colorantes puros, lacas y mezclas. Los colorantes puros corresponden a sustancias individuales que no han sido combinadas ni modificadas químicamente, mientras que las lacas se obtienen mediante la fijación del colorante sobre un sustrato insoluble a través de procesos de precipitación. Por su parte, las mezclas resultan de la combinación de dos o más colorantes o de su dilución con agentes portadores, sin que ocurran transformaciones químicas en el proceso (Durazzo et al., 2022).

Colorantes alimentarios: regulaciones y esfuerzos de homogeneización

En 1961, la FAO y la OMS establecieron el Codex Alimentarius, un conjunto de normas internacionales orientadas a armonizar los criterios relacionados con la seguridad y calidad de los alimentos, incluidas las disposiciones sobre aditivos alimentarios como los colorantes, adoptadas por numerosos países. Actualmente los organismos reguladores como la FDA y EFSA han intensificado los procesos de evaluación y reevaluación de la seguridad de los aditivos, con el respaldo de investigaciones científicas. Los procedimientos de autorización para nuevos aditivos son complejos y costosos limitando su acceso principalmente a grandes empresas capaces de asumir los elevados costos asociados a los estudios de seguridad exigidos. Algunas sustancias han sido restringidas o retiradas tras

nuevas evaluaciones de exposición y riesgo en el marco de procesos regulatorios periódicos (Durazzo et al., 2022).

Fundamento fisicoquímico de los colorantes

Desde un enfoque fisicoquímico, el color se explica a partir de las transiciones electrónicas que ocurren en los átomos y moléculas, las cuales originan fenómenos de absorción y emisión de radiación dentro del espectro visible (aproximadamente entre 400 y 700 nm), perceptible por el ojo humano. El color observado corresponde a las longitudes de onda que no son absorbidas por la sustancia y que son reflejadas o transmitidas. Contextualmente un colorante se define como un compuesto generalmente orgánico, que al aplicarse sobre un sustrato modifica su apariencia cromática mediante cambios en las regiones de absorción del espectro visible permitiendo intensificar, alterar o conferir color. Esta concepción científica del color, abordada históricamente desde diversas disciplinas encuentra su fundamento en principios de la química y la física que explican la interacción entre la materia y la radiación electromagnética (Ramírez et al., 2020).

Tabla 2

Intervalos de longitudes de onda asociados a la percepción de los distintos colores del espectro visible.

Rango de longitud de onda absorbida (nm)	Rango de longitud de onda emitido (nm)	Color percibido
~470-500	~700-620	Rojo
~430-470	~620-592	Naranja
~400-430	~592-578	Amarillo
~610-700	~578-500	Verde
~590-610	~500-450	Azul
~570-590	~450-400	Violeta

Fuente: (Ramírez et al., 2020).

Colorantes naturales

En la actualidad, por diversas razones, el color en los alimentos se pierde, lo que hace necesario añadir productos que mejoren la apariencia de los mismos; por lo tanto, el uso de

colorantes naturales ha crecido, ya que muchos están relacionados con múltiples beneficios para la salud, especialmente por sus propiedades antioxidantes.

Clasificación de Colorantes Naturales

Las fuentes de colores naturales provienen principalmente de plantas, microorganismos, animales/insectos y minerales. Los pigmentos que aportan color a las plantas incluyen la clorofila (verde), carotenoides (naranja, amarillo) y antocianinas (rojo, azul, púrpura). Además, algunos animales e insectos producen colores naturales, como los carotenoides en las plumas de aves y la cáscara de ciertos reptiles. Los microorganismos como bacterias y hongos también producen colores naturales, destacándose los carotenoides y las ficobiliproteínas (pigmentos rojos, azules y púrpuras) (Singh et al., 2023).

Otro posible criterio de clasificación de los colorantes naturales se basa en su origen (por ejemplo, plantas, animales, microorganismos y minerales) (Benucci et al., 2022):

- Los pigmentos vegetales son compuestos orgánicos producidos por rutas bioquímicas de las plantas, con propiedades fisicoquímicas específicas y funciones como la fotosíntesis, la atracción de polinizadores y la protección frente a depredadores y radiación solar. Entre los principales se encuentran porfirinas, carotenoides, antocianinas y betalaínas, que absorben y reflejan distintas longitudes de onda de la luz.
- Se obtienen pigmentos de diversas especies animales, donde estos cumplen funciones como el transporte de oxígeno en la sangre, la protección frente a depredadores o radiación ultravioleta y la participación en el apareamiento.
- Los microorganismos (bacterias, hongos y microalgas) también producen una gran variedad de pigmentos, capaces de generar casi cualquier tono de color. Por ejemplo, el pigmento azul (ficocianina) puede obtenerse de la microalga *Arthrospira platensis*

(espirulina), mientras que el colorante rojo (carotenoides) se aísla del hongo *Monascus sp.* y de la bacteria *Paracoccus carotinifaciens*.

- Los minerales han sido empleados desde tiempos antiguos como colorantes en alimentos, cosméticos y arte (por ejemplo, la viridiana). Su tonalidad depende de sus propiedades químicas y físicas.

Además, los colorantes naturales también pueden clasificarse según su estructura química, considerando que, a pesar de la amplia gama de pigmentos naturales que se han utilizado en la industria alimentaria, las antocianinas (ANC), carotenoides, ficobiliproteínas, betalaínas y clorofilas siguen siendo los más comúnmente aplicados. A continuación, se presentan a los tipos de pigmentos según su estructura química (Benucci et al., 2022).

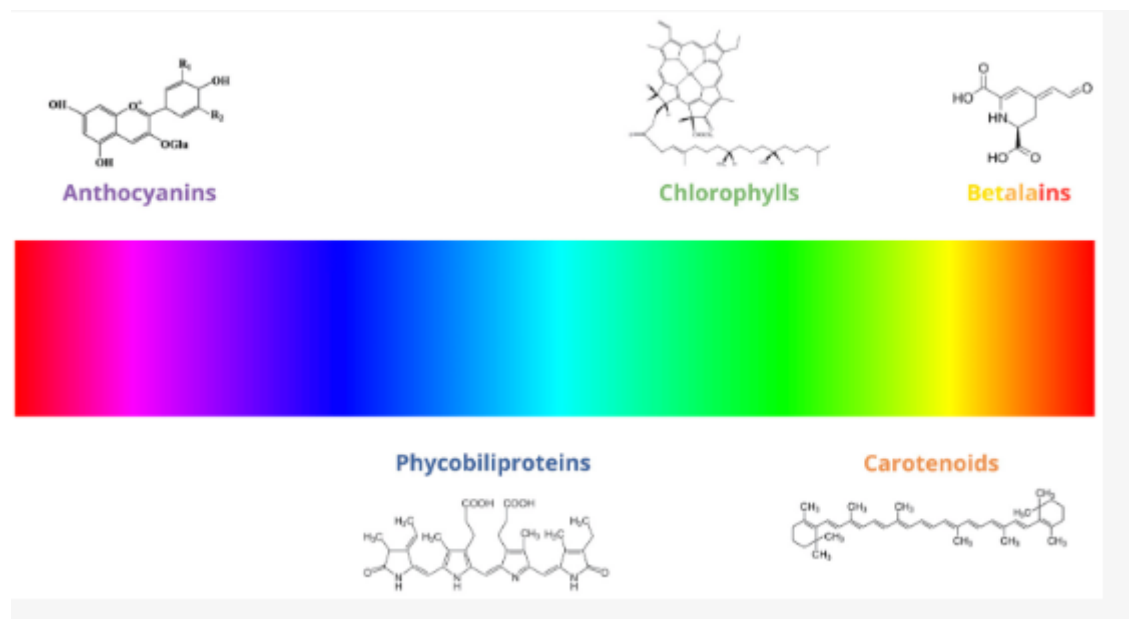
- **Antocianinas:** pigmentos hidrosolubles que dan tonos rojo-azul según el pH, están presentes en las frutas y flores, poseen propiedades antioxidantes, se utiliza en bebidas y lácteos.
- **Carotenoides:** compuestos liposolubles de color amarillo-rojo como el licopeno, son antioxidantes usados en productos cárnicos y grasas, posee una baja solubilidad en el agua.
- **Betalaínas:** pigmentos rojos y amarillos que son solubles en agua y más estables a pH neutro, son empleados en bebidas, helados y yogures.
- **Clorofilas y ficobiliproteínas:** colorantes verdes y azules usados en alimentos que son estables en rangos moderados de pH, pero sensibles al calor.

En la ilustración 1, se representa las estructuras químicas representativas de los principales grupos de colorantes naturales aplicados en la industria alimentaria, entre los que destacan las antocianinas, clorofilas, betalainas, ficobiliproteínas y carotenoides. Estos compuestos poseen sistemas conjugados de dobles enlaces responsables de la absorción de la

luz en diferentes longitudes de onda del espectro visible, lo que les confiere su color característico.

Ilustración 1

Estructuras químicas representativas de los tipos más comunes de colorantes naturales aplicados en los sistemas alimentarios



Fuente: (Magalhães et al., 2024)

Propiedades Físico-Químicas del Colorante Natural

Las características fisicoquímicas de los colorantes naturales son importantes para determinar su estabilidad y su aplicación en la industria alimentaria. Por ejemplo, los colorantes betalainos presentes en la remolacha roja y en otras especies vegetales poseen una estructura nitrogenada y son pigmentos hidrosolubles con propiedades antioxidantes. Su sensibilidad a la temperatura, la luz y el pH representa una limitación para su uso en productos que requieren mantener estabilidad durante periodos prolongados. La disposición molecular de las betalainas les permite actuar como donadores de electrones atribuyéndole la actividad antioxidante (Martins et al., 2024)

Los colorantes naturales presentan la capacidad de absorber luz gracias a sus sistemas de electrones conjugados, facilitando transiciones electrónicas responsables de generar una amplia gama de colores visibles. El poder colorante es elevado, pero su resistencia a la decoloración suele ser menor en comparación con la de los colorantes sintéticos. La estructura molecular compleja de estos pigmentos favorece su afinidad por materiales específicos como fibras textiles y alimentos, donde son empleados con frecuencia para proporcionar color sin comprometer la seguridad del producto (Acquaviva et al., 2010).

Ventajas y Desafíos de los Colorantes Naturales

- Ventajas de los colorantes naturales (Affat, 2021):
- Son biodegradables y no generan una contaminación significativa al ser eliminados.
- Se obtienen de fuentes renovables, principalmente plantas y animales.
- Requieren pocas reacciones químicas durante su proceso de obtención.
- No presentan grandes dificultades para la eliminación de residuos.
- Ofrecen tonalidades suaves y naturales, visualmente agradables.
- Algunos, como el carmín utilizado en cosméticos, son seguros y no provocan efectos adversos en la salud cuando se ingieren.

Desventajas de los colorantes naturales (Sajda .S, 2021)

- Se necesita una cantidad mayor de colorante natural para teñir el mismo volumen de material en comparación con los sintéticos reflejando un incremento de costos.
- Es difícil lograr una estandarización y mezcla uniforme de los pigmentos naturales.
- Los colores suelen degradarse con rapidez y son inestables comparados con los sintéticos.
- La producción puede complicarse debido a la variabilidad estacional y geográfica de las materias primas.

Aplicaciones de los Colorantes Naturales en Alimentos

Los colorantes naturales son muy valorados en la industria alimentaria debido a sus propiedades sensoriales y al aumento de la demanda de productos más saludables y naturales. Entre los diversos usos de estos colorantes se destacan los carotenoides, antocianinas y betalainas que se emplean extensamente para dar coloración a diversos alimentos como bebidas, postres y productos lácteos. Estos pigmentos no solo proporcionan color, sino que también ofrecen ciertos beneficios para la salud como propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Luzardo-Ocampo et al., 2021). Uno de los desafíos más importantes es la estabilidad de los colorantes debido a su sensibilidad ante factores como la iluminación ambiental o el pH y la temperatura. Esto restringe su aplicación en ciertos alimentos (Vega et al., 2023).

En el ámbito de las antocianinas como ejemplo específico de compuestos utilizados en la industria alimentaria en productos como bebidas refrescantes y postres helados; son reconocidas por su habilidad para crear una diversidad de tonalidades que dependen del nivel de acidez presente en el alimento a utilizarlas. Aunque ofrecen un gran potencial debido a su capacidad colorante natural para alimentos y bebidas; su limitada estabilidad plantea un reto importante para su implementación a gran escala dentro del sector alimenticio. Por otra parte las betalainas extraídas de ingredientes como la remolacha y se emplean en la fabricación de helados y pasteles. Sin embargo su susceptibilidad a la luz y al calor restringe su durabilidad. Este factor ha generado interés en investigaciones relacionadas a métodos de preservación (Sajda et al., 2021).

Factores que afectan la estabilidad de los colorantes naturales

La naturaleza ofrece una amplia variedad de compuestos adecuados para la coloración de alimentos, entre los que destacan las antocianinas y betalainas, solubles en agua, así como los carotenoides y clorofilas, solubles en aceite. Pero la sustitución de colorantes sintéticos por naturales representa un desafío porque el color y la estabilidad de los pigmentos vegetales

dependen de factores como la estructura y concentración del pigmento, la intensidad lumínica, la presencia de metales, el pH, la temperatura, la actividad enzimática, el oxígeno, el ácido ascórbico, los azúcares, la flexibilidad durante el procesamiento, el efecto de duración y la rentabilidad. Por eso los colorantes sintéticos resultan más favorables (Jadhav & Bhujbal, 2020).

La estabilidad de los colorantes naturales en los alimentos se condiciona por factores como la matriz alimentaria y las condiciones de procesamiento y almacenamiento. Son sensibles a la luz, el oxígeno, los iones metálicos, la temperatura y el pH, factores que pueden afectar su estabilidad y vida útil en los productos alimenticios (Paola et al., 2024).

- **Temperatura:** el calor degrada las antocianinas, carotenoides y betalaínas, reduciendo color y actividad antioxidante.
- **pH:** influye en la estabilidad, las antocianinas son más estables en medio ácido y las betalaínas entre pH 3–7.
- **Luz y oxígeno:** provocan fotooxidación e isomerización afectando especialmente a antocianinas y carotenoides.
- **Iones metálicos:** algunos iones se estabilizan (Al^{3+} , Fe^{3+}) y otros aceleran la degradación, como en clorofilas.
- **Encapsulación:** Las técnicas como la microencapsulación con maltodextrina mejoran la estabilidad frente a oxidación y cambios ambientales

Características físicas

Colorantes directos: Son los grupos de colorantes de antocianina, carotinoide derivados de calcona. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir o pintar en frío o en caliente. A veces se usa sustancias auxiliares como ácidos o sales. Como ejemplo tenemos la flor de cártamo, cúrcuma, azafrán, cempoalxóchitl, etc.

Mordentado: Este tipo de colorantes no tienen por sí mismo el poder de tinter, solo con un tratamiento especial de sales metálicas solubles que reaccionan sobre la fibra. Esta técnica se aplica a la mayoría de las plantas que dan color como la gardenia, cempoalxóchitl, rubia, cochinilla, palo de Campeche y de Brasil, etc.

Antocianinas

Las antocianinas son los principales pigmentos solubles en agua que pueden ser percibidos por el ojo humano. Forman parte de los flavonoides y su estructura fundamental es un núcleo de flavón, que está compuesto por dos anillos aromáticos conectados por una cadena de tres carbonos (Toscano Flores & Porras Ortiz, 2023).

Las antocianinas son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura que se pueden encontrar en las uvas, manzanas, rosas, fresas y otros productos de origen vegetal, principalmente frutas (cáscaras) y flores. Tiene algunas propiedades como por ejemplo debido a una deficiencia del núcleo de flavilio, funcionan como indicadores de pH, es decir su color depende de las condiciones de acidez o alcalinidad del sistema en que se encuentra (Arteaga B. & Oquendo C., 2019).

Según Zapata (2014) estos compuestos son colorantes naturales que han llamado la atención por su naturaleza no tóxica y porque, al ser solubles en agua, se pueden emplear como colorantes en productos alimentarios. Asimismo, gracias a sus características antioxidantes, existen múltiples estudios que les confieren ventajas para la salud, tales como la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurológicas, cáncer y diabetes, entre otros.

Estos rasgos de las antocianinas, que actúan como colorantes y antioxidantes, son relevantes para investigar técnicas de extracción con el fin de emplear el producto en aplicaciones tecnológicas, especialmente como componente en la industria alimentaria y añadirlo a alimentos y bebidas.

La distribución de carotenoides entre los distintos grupos de plantas no presenta un único patrón. En verduras, el contenido en carotenoides sigue el modelo general de los cloroplastos de todas las plantas, siendo superior, generalmente luteína, β -caroteno, violaxantina y neoxantina, en este orden, los alcaloides. En pequeñas cantidades se encuentran zeaxantina, β -caroteno, β -criptoxantina y anteraxantina. En los casos, las xantofilas se encuentran en la alcaloides, aunque en algunos casos, los pigmentos Mayoritarios son carotenos, como es el caso del licopeno del tomate. A veces, en ciertos frutos que ocurren carotenoides, además de ser mayoritario, se limita a una sola especie de plantas (Meléndez Marinez et al., 2004)

Estructura antocianina

En la naturaleza, las antocianinas siempre se mezclan con diferentes cadenas de azúcar en las manchas 3 y/o 5, lo que les ayuda a disolverse mejor. Entonces, en el mundo de los sacaruros glucosilantes, tenemos cosas como glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutina, soforosa, sambubiosa y caballer P- Coumaric, Coffee, Ferúlico, Synapic Stintzing y el equipo en 2002 descubrieron que cambiar las partes de azúcar y ácido en las antocianinas puede hacer que se vuelvan más moradas.

Antocianinas.

Las antocianinas se están considerando como posibles sustitutos de los colorantes sintéticos. Estas sustancias poseen un valor agregado por su capacidad antioxidante y citotóxica (Santacruz, 2011).

Técnicas de extracción de colorante natural

El procedimiento de extracción (sólido-líquido) es un método de separación de componentes activos mediante el uso de un disolvente. Complicado en la realización del proyecto, la purificación nos asiste en reconocer cuáles serán las características físicas y químicas. La extracción sólido-líquido se fundamenta en la interacción entre la muestra y el

disolvente, lo que implica la separación de una mezcla por disolución de cada uno de sus componentes. Esta técnica puede servir como preparación de la muestra antes de un análisis con otra técnica instrumental, como en el caso de la extracción de colorante natural para su posterior análisis mediante espectrofotometría UV (Sangoquisa Hinojosa, 2023).

Flavonoides

Los flavonoides constituyen un grupo ampliamente distribuido de colorantes naturales presentes en frutas, flores y hierbas, responsables de tonalidades intensas y asociados a propiedades funcionales. También se encuentran en productos de origen apícola, como la miel y el propóleo, debido a su origen floral. Dependiendo de su estructura los flavonoides aportan colores que varían entre amarillo, anaranjado y rojo, siendo utilizados principalmente para conferir color natural a bebidas, otros alimentos y aplicaciones en las industrias cosmética y textil. Su comportamiento cromático y funcional está determinado por la disposición estructural de sus anillos aromáticos, característica que define los distintos tipos de flavonoides estudiados (Gupta, 2025).

Extracción de colorantes naturales

La extracción de colorantes naturales a partir de materiales vegetales se realiza mediante distintos métodos que incluyen el secado y la molienda de la materia prima, seguidos de la selección de un disolvente apropiado según el pigmento de interés. Los compuestos colorantes se obtienen mediante técnicas de extracción convencionales o avanzadas y, posteriormente, pueden ser separados y caracterizados utilizando métodos analíticos como técnicas cromatográficas y espectrales (Ashfaq et al., 2022)

Micro extracción en fase sólida

La micro extracción en fase sólida es una técnica analítica que permite integrar en un solo procedimiento el muestreo, la extracción, la concentración y la introducción del analito, sin necesidad de emplear grandes volúmenes de disolventes. Su principio se basa en el

equilibrio de partición del compuesto de interés entre la fase extractante y la matriz de la muestra, seguido de la liberación del analito concentrado para su análisis posterior. Este método destaca por su simplicidad operativa y por el uso reducido de solventes; sin embargo, su aplicación se ve limitada por la escasa disponibilidad comercial de fases estacionarias específicas (Yadav et al., 2023).

Extracción con fluidos supercríticos

La extracción con fluidos supercríticos se da cuando hay una elevada capacidad de disolución que presentan ciertos gases cuando se encuentran por encima de su punto crítico. En este proceso el colorante es solubilizado mediante un fluido supercrítico, principalmente dióxido de carbono bajo condiciones controladas de presión y temperatura. El CO₂ es el fluido más utilizado por su baja toxicidad, no inflamable, bajo costo y condiciones críticas moderadas. La eficiencia del método radica en que pequeñas variaciones de presión o temperatura generan cambios significativos en la densidad y poder disolvente del fluido. No obstante, el elevado costo del equipamiento limita su aplicación a escalas industriales o especializadas (Yadav et al., 2023).

Extracción con líquido presurizado

Este método emplea temperaturas elevadas y presiones moderadas a altas para favorecer la solubilización del compuesto colorante, reduciendo el tiempo de extracción y el consumo de solvente. El procedimiento consiste en dispersar previamente la muestra con un material inerte y someterla a una etapa estática de contacto con el disolvente, seguida de una fase dinámica en la que el solvente circula a través del sistema. La eficiencia de la extracción depende de variables como el tipo de solvente, la temperatura, la presión y el material adsorbente utilizado. Aunque permite obtener extractos en menor tiempo y con buena eficiencia, su principal desventaja es el alto costo asociado al mantenimiento y limpieza del equipo (Yadav et al., 2023).

Extracción asistida por microondas

La extracción asistida por microondas utiliza radiación electromagnética para calentar rápidamente la matriz vegetal en presencia de un solvente adecuado, facilitando la liberación del compuesto colorante hacia el medio extractante. Este método se caracteriza por su rapidez y por ser aplicable a compuestos sensibles al calor, siempre que se controlen adecuadamente las condiciones de operación. Su rendimiento depende de factores como la potencia de microondas, el tiempo de exposición, la naturaleza del solvente y el tipo de muestra. Puede desarrollarse en sistemas abiertos o cerrados, siendo estos últimos más eficientes en términos de consumo de solvente y retención de compuestos volátiles, aunque con limitaciones en la cantidad de muestra procesada (Yadav et al., 2023).

Extracción en fase sólida

La extracción en fase sólida se basa en la retención selectiva del analito sobre un material adsorbente sólido, seguida de su elución con un disolvente adecuado. Este procedimiento es conceptualmente similar a la extracción líquido-líquido, pero presenta ventajas significativas como una mayor eficiencia de recuperación, menor formación de emulsiones y un manejo más sencillo. Se emplean distintos tipos de adsorbentes, entre ellos materiales a base de sílice, carbono o arcillas, que permiten concentrar y purificar los compuestos colorantes de interés (Yadav et al., 2023).

Técnicas mediadas por surfactantes

Las técnicas mediadas por surfactantes utilizan agentes tensioactivos, generalmente no iónicos, para facilitar la transferencia y concentración de compuestos hidrofóbicos desde medios acuosos. En este proceso, los analitos se incorporan al sistema micelar formado por el surfactante, incrementando su interacción y estabilidad. Estas técnicas suelen combinarse con ultrasonido o microondas para mejorar la eficiencia de extracción y representan una

alternativa eficaz para la recuperación de compuestos con baja solubilidad en agua (Yadav et al., 2023)

6. MARCO CONCEPTUAL

Colorante natural.

Un colorante natural se define como una sustancia obtenida de fuentes vegetales, animales o minerales, capaz de conferir color a un alimento sin haber sido sintetizada químicamente. En el ámbito agroindustrial, estos colorantes se emplean principalmente en matrices alimentarias líquidas y semisólidas, siendo valorados por su origen natural y compatibilidad con formulaciones alimentarias (Lee et al., 2001).

Antocianinas.

Las antocianinas son compuestos fenólicos hidrosolubles pertenecientes al grupo de los flavonoides, responsables de las coloraciones rojas, púrpuras y azuladas presentes en frutas y flores. Su estabilidad y tonalidad dependen del pH del medio, la temperatura y la presencia de otros compuestos. Estas sustancias pueden ser cuantificadas mediante espectrofotometría UV-Vis, siendo ampliamente utilizadas como colorantes naturales en alimentos (Giusti & Wrolstad, 2001; Harborne & Williams, 2000).

Extracción sólida/líquido.

La extracción sólida/líquido es un proceso de separación que permite transferir compuestos solubles desde una matriz sólida hacia un solvente líquido mediante fenómenos de difusión y solubilidad. Este es ampliamente aplicado en la ingeniería agroindustrial para la obtención de compuestos bioactivos a partir de materias primas vegetales (Alatefi et al., 2023).

Método Soxhlet.

El método Soxhlet es una técnica clásica de extracción sólido/líquido basado en ciclos continuos de evaporación, condensación y sifonamiento del solvente, dando lugar a una extracción eficiente de compuestos solubles desde matrices sólidas. La reproducibilidad y

simplicidad la vuelve versátil para ser utilizado en investigaciones de laboratorio para la obtención de extractos vegetales (Luque de Castro & García-Ayuso, 1998).

Tiempo de extracción.

El tiempo de extracción corresponde al período durante el cual la matriz sólida se encuentra en contacto con el solvente durante el proceso extractivo. Influye directamente en la eficiencia de extracción, debido a que un mayor tiempo puede favorecer la liberación de compuestos bioactivos hasta alcanzar un equilibrio entre fases (Periasamy et al., 2016).

Relación fruta/solvente.

La relación fruta/solvente se define como la proporción entre la cantidad de materia prima vegetal y el volumen de solvente empleado durante la extracción. Esta variable condiciona la solubilización del compuesto de interés y la concentración final del extracto, siendo un factor determinante en procesos de extracción de antocianinas (Meng et al., 2025).

Concentración de antocianinas.

La concentración de antocianinas representa la cantidad de pigmentos presentes en el extracto obtenido y se expresa comúnmente mediante valores de absorbancia a longitudes de onda específicas del espectro visible, generalmente entre 520 y 540 nm. Este parámetro es utilizado como indicador de la intensidad del colorante natural obtenido (Mattioli et al., 2020).

Antocianinas monoméricas

Las antocianinas monoméricas presentan un cambio reversible de color en función del pH del medio. En condiciones altamente ácidas (pH 1,0) las antocianinas predominan en la forma de catión flavilio que le da una coloración intensa, y en condiciones de pH 4,5 se transforman en estructuras menos coloreadas o incoloras. Esta diferencia estructural conlleva a la determinación espectrofotométrica de las antocianinas mediante la medición de la absorbancia a 520 nm, longitud de onda correspondiente al máximo de absorción del pigmento y utilizando 700 nm como corrección por turbidez. La diferencia de absorbancia entre ambos

pH es proporcional a la concentración de antocianinas monoméricas presentes en la muestra (Teng et al., 2020)

7. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la obtención y análisis de datos numéricos provenientes de mediciones experimentales. Este enfoque permitió evaluar de manera objetiva el efecto de las variables del proceso de extracción sobre la concentración de antocianinas del colorante natural obtenido a partir del hualicón (*Macleania rupestris*).

7.2. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con su finalidad, el estudio corresponde a una investigación aplicada, ya que estuvo orientado a la obtención de un producto específico “un colorante natural” mediante procedimientos propios de la Ingeniería Agroindustrial. Asimismo, la investigación presenta un nivel experimental, al manipular deliberadamente las variables independientes bajo condiciones controladas de laboratorio para analizar su efecto sobre una variable dependiente.

En cuanto al alcance, la investigación es de tipo explicativo, debido a que buscó establecer relaciones de causa–efecto entre el tiempo de extracción y la relación fruta/solvente, como variables independientes, y la concentración de antocianinas como variable dependiente.

7.3. Métodos de investigación

Los métodos utilizados fueron el método analítico, que permitió descomponer el proceso de extracción en sus componentes fundamentales para su análisis individual, y el método inductivo, mediante el cual se interpretaron los resultados experimentales obtenidos para establecer conclusiones generales a partir de observaciones particulares.

7.4. Metodología

7.4.1. Preparación de la muestra

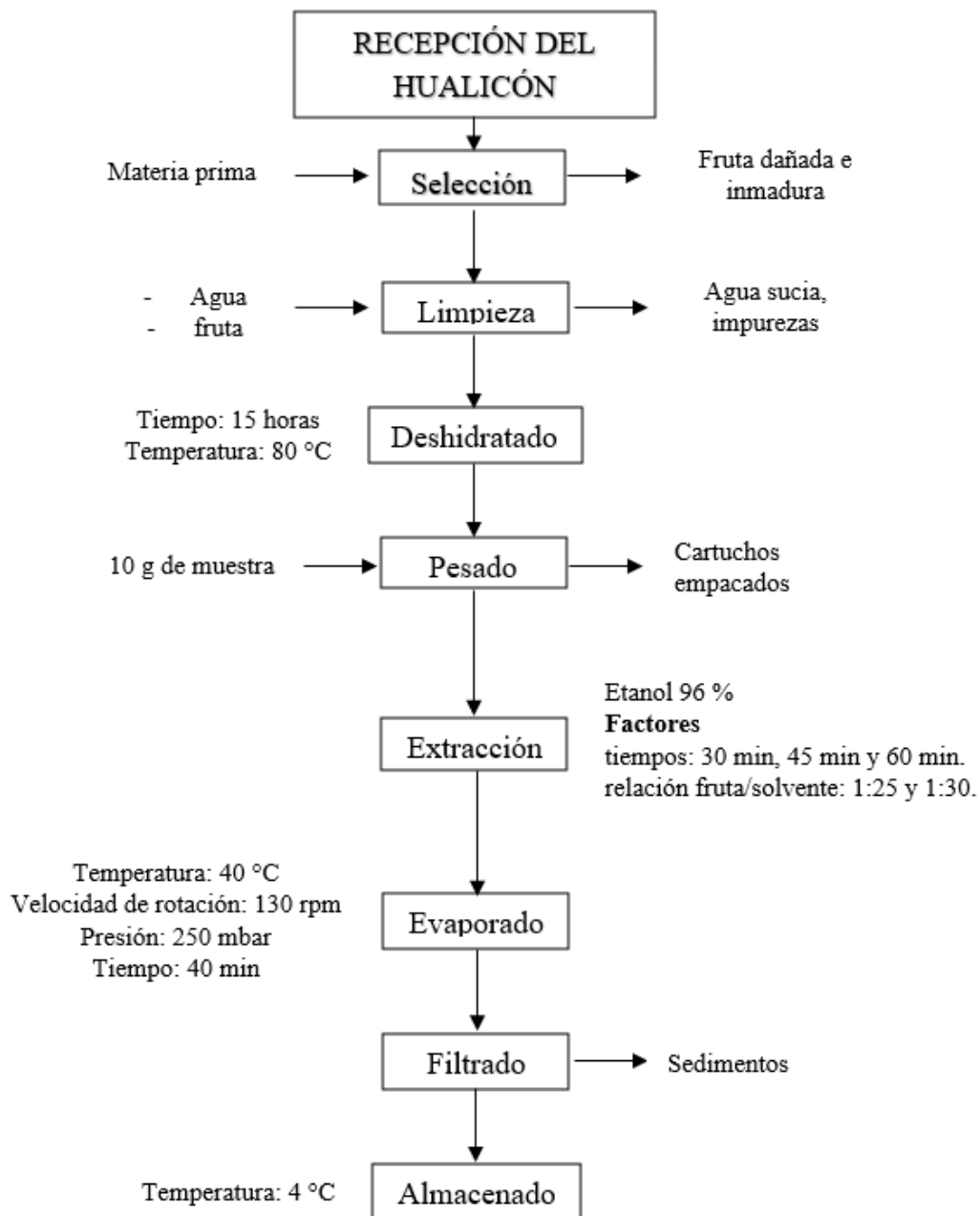
La preparación de la muestra consistió en la limpieza y selección de fruta de hualicón, secado en horno a 80 °C durante 15 h hasta obtener fruta deshidratada, seguida de molienda hasta tamaño de partícula ≤ 1 mm. La muestra molida fue empacada en bolsas herméticas y almacenada a 4 °C hasta su extracción mediante el método Soxhlet (Constantin & Istrati, 2022).

7.4.2. Extracción por el método de Soxhlet

La extracción del colorante se realizó mediante el método de Soxhlet, empleando como solvente etanol al 96 % (v/v), siguiendo la metodología de (Boeing et al., 2014) con algunas modificaciones. Se utilizaron 10 g de muestra seca y molida (≤ 1 mm), colocada en el cartucho de extracción. Se evaluaron tres tiempos de extracción: 30, 45 y 60 minutos, contados a partir del inicio del reflujo continuo. Asimismo, se trabajó con dos relaciones fruta/solvente: 1:25 y 1:30 (g/mL), correspondientes a 250 mL y 300 mL de etanol por cada 10 gramos de muestra, respectivamente, con el fin de analizar su efecto sobre la eficiencia de extracción de antocianinas.

El sistema fue sometido a reflujo continuo durante el tiempo definido en el diseño experimental. Finalizada la extracción, el extracto fue concentrado en un rotavapor, colocándolo en un matraz balón ocupando menos del 60 % de su capacidad. Se programó el equipo a una temperatura de baño de 40 °C, velocidad de rotación de 130 rpm y presión aproximada de 250 mbar, manteniendo el proceso durante 30–40 minutos. El producto obtenido fue almacenado en recipientes ámbar a 4 °C hasta su análisis posterior

Diagrama de flujo de proceso de extracción del colorante natural.



Elaborado por: Cacuango Edison & Sacatoro Mario, 2025

7.4.3. Cuantificación de antocianinas monoméricas por diferencial de pH

Los resultados se expresaron como equivalentes de cianidina-3-glucósido, empleando un método espectrofotométrico

- **Preparación de la solución**

La solución tampón de cloruro de potasio (0,025 M, pH 1,0) se preparó disolviendo 1,86 g de KCl en aproximadamente 980 mL de agua destilada, ajustando el pH a 1,0 con ácido clorhídrico concentrado y aforando a 1 L con agua destilada. Asimismo, la solución tampón de acetato de sodio (0,4 M, pH 4,5) se preparó disolviendo 54,43 g de acetato de sodio anhidro en aproximadamente 960 mL de agua destilada, ajustando el pH a 4,5 con ácido clorhídrico y completando el volumen final a 1 L con agua destilada, de acuerdo con el procedimiento descrito para el método diferencial de pH (Teng et al., 2020)

- **Procedimiento de ensayo**

Para el análisis se procedió a tomar 1 mL del extracto y se diluyó en cada una de las soluciones tampón (pH 1,0 y pH 4,5) hasta obtener valores de absorbancia comprendidos entre 0,2 y 1,2. Las soluciones se mantuvieron en oscuridad durante 30 minutos para permitir el equilibrio de color. Posteriormente, se midió la absorbancia de cada muestra a 520 nm y 700 nm mediante un espectrofotómetro UV-Vis utilizando cubetas de 1 cm de paso óptico y agua destilada como blanco.

Para el cálculo de la concentración de antocianinas se aplicó de la Ley de Beer-

Lambert:

Ecuación 1:

$$\text{Antocianinas monoméricos mg/100g} = \frac{A \cdot PM \cdot FD \cdot 10}{\epsilon \cdot l}$$

Donde:

A= absorbancia ((A520nm – A700nm) pH1.0 – (A520nm – A700nm) pH4.5)

PM= peso molecular de la antocianina (449,2 g/mol)

FD= factor dilución (10)

ε = absorptividad molar ($26900\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$)

l = espesor de la celda en cm

1000 = factor de conversión

Se selecciono el mejor tratamiento para evaluación fisicoquímica.

- **Propiedades Físicas**

Se evaluaron el pH, la solubilidad en agua y en otros solventes, así como la estabilidad del colorante bajo diferentes condiciones de luz, temperatura y pH.

7.4.4. Aplicación de colorante en yogurt natural

La aplicación preliminar del colorante natural de hualicón se realizó en yogurt natural sin adición de colorantes ni saborizantes, estableciéndose cuatro muestras experimentales: un control sin colorante (M0) que fue yogurt comercial y tres tratamientos con concentraciones de 0,2 %, 0,4 % y 0,6 % (v/v), identificadas como M1, M2 y M3; el colorante fue incorporado directamente a la matriz láctea y homogenizado, envasándose las muestras en recipientes de vidrio de 160 mL y almacenándose en refrigeración, realizándose evaluaciones a 0, 24 y 48 horas mediante observación visual del color y la homogeneidad del sistema, así como la determinación del pH con un potenciómetro calibrado, desarrollándose el ensayo como una prueba preliminar. Para todo este análisis se utilizó como referencia a (Pinto et al., 2023).

7.5. Hipótesis

Hipótesis Nula (H_0)

El tiempo de extracción y la relación fruta/solvente no influyen significativamente en la concentración de antocianinas obtenidas a partir del hualicón (*Macleania rupestris*).

Hipótesis Alternativa (H_1)

El tiempo de extracción y la relación fruta/solvente influyen significativamente en la concentración de antocianinas obtenidas a partir del hualicón (*Macleania rupestris*).

7.6. Validación de hipótesis.

El análisis estadístico mostro que el tiempo de extracción y la relación fruta solvente si afectan significativamente la concentración de antocianinas obtenidas del hualicon (*Macleania rupestris*), ya que los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando que ambos factores influyen en la concentración de antocianinas extraídas.

7.7. Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial 3×2 para analizar el efecto de dos factores principales:

- **A:** Tiempo de extracción (minutos)
- **B:** Relación fruta/solvente (m/v)

El factor A (tiempo de extracción) se evaluó en tres niveles (30 min, 45 min y 60 min), mientras que el factor B (relación fruta/solvente) se estudió en dos niveles (1:25 y 1:30).

Cada combinación de niveles conformó un tratamiento, dando un total de seis tratamientos experimentales (3×2).

Para cada tratamiento se realizaron dos repeticiones ($r = 2$) resultando en 12 unidades experimentales. El diseño permitió evaluar los efectos principales de ambos factores y su interacción ($A \times B$) sobre la concentración de antocianinas extraídas de la fruta del hualicón determinada por espectrofotometría UV-Vis.

El diseño factorial 3×2 permitió identificar el mejor tratamiento que maximizó la concentración del pigmento y una base estadística sólida para la interpretación de los resultados. La inclusión de dos repeticiones fortaleció la validez y confiabilidad experimental, al reducir la variabilidad del error y aumentar la precisión en la estimación de los efectos de los factores.

7.7.1. Factores y niveles propuestos:

Los valores del tiempo de extracción y de la relación fruta/solvente se definieron a partir de antecedentes bibliográficos sobre la extracción de antocianinas mediante el método Soxhlet. Estudios realizados en matrices vegetales ricas en antocianinas, como agraz y residuos de mora de Castilla, reportan el uso de etanol como solvente, relaciones sólido-solvente entre 1:15 y 1:30 y tiempos de extracción que pueden alcanzar hasta 240 minutos, obteniéndose concentraciones significativas de cianidina-3-glucósido (Castro Castilla & Mendoza Remolina, 2021). Considerando estos rangos y con el fin de evitar posibles procesos de degradación térmica del pigmento, en el presente estudio se seleccionaron tiempos de extracción moderados de 30, 45 y 60 minutos y relaciones fruta/solvente de 1:25 y 1:30,

Tabla 3

Factores y niveles propuestos

Factor	Descripción	Niveles	
Factor A	Tiempo	30 min	a1
		45 min	a2
		60 min	a3
Factor B	Proporción fruta/solvente	1:25	b1
		1:30	b2

Elaborado por: Edison Cacuango y Mario Sacatoro

Tabla de tratamientos por bloque

Tabla 4

Tratamientos experimentales

No	Tratamiento	Tiempo (A)	Relación (B)	Repetición	Descripción del tratamiento
T1	a1b1	30 min	1:25	1	Extracción con menor tiempo y menor proporción.
T2	a1b2	30 min	1:30	1	Extracción con menor tiempo y mayor proporción.
T3	a2b1	45 min	1:25	1	Extracción con tiempo intermedio y menor proporción.

T4	a2b2	45 min	1:30	1	Extracción con tiempo intermedio y mayor proporción.
T5	a3b1	60 min	1:25	1	Extracción con mayor tiempo y menor proporción.
T6	a3b2	60 min	1:30	1	Extracción con mayor tiempo y mayor proporción.
T1	a1b1	30 min	1:25	1	Extracción con menor tiempo y menor proporción.
T2	a1b2	30 min	1:30	2	Extracción con menor tiempo y mayor proporción.
T3	a2b1	45 min	1:25	2	Extracción con tiempo intermedio y menor proporción.
T4	a2b2	45 min	1:30	2	Extracción con tiempo intermedio y mayor proporción.
T5	a3b1	60 min	1:25	2	Extracción con mayor tiempo y menor proporción.
T6	a3b2	60 min	1:30	2	Extracción con mayor tiempo y mayor proporción.

Elaborado por: Edison Cacuango y Mario Sacatoro

Cada tratamiento se realizó con dos repeticiones ($r = 2$), obteniéndose un total de 12 unidades experimentales. Las muestras extraídas fueron analizadas mediante espectrofotometría UV-Vis, determinándose la concentración de antocianinas (mg/L) como variable de respuesta.

7.7.2. Variable dependiente:

Concentración de antocianinas extraídas (mg/L), determinada por espectrofotometría UV-Vis entre 520 y 700 nm.

Variabes independientes:

A: Tiempo de extracción (min).

B: Relación futa/solvente (m/v).

7.7.3. Análisis estadístico

Los datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) factorial 3×2, con el objetivo de identificar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y los efectos de interacción entre los factores tiempo y relación. El modelo estadístico del ANOVA se expresó como:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : respuesta observada (concentración de antocianinas),
- μ : media general,
- A_i : efecto del factor tiempo,
- B_j : efecto del factor relación fruta/solvente,
- $(AB)_{ij}$: interacción entre los factores,
- ϵ_{ijk} : error experimental aleatorio.

Tabla 2

Estructura de la tabla ANOVA

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado	p-valor
Tiempo (A)	2	SC _a	CM _a	F _a	p _a
Relación (B)	1	SC _b	CM _b	F _b	p _b
Interacción (A×B)	2	SC _{ab}	CM _{ab}	F _{ab}	p _{ab}
Error	(r-1)(t-1)	SC _e	CM _e		
Total	N-1	SC _t			

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

(gl: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; F: estadístico F)

El nivel de significancia fue $\alpha = 0,05$. Cuando el valor de p fue menor que 0,05, se rechazó la hipótesis nula, concluyéndose que el factor o la interacción tuvo un efecto significativo sobre la extracción de antocianinas. En los casos en que se presentaron

diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar los tratamientos con mayor rendimiento.

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1.1. Compuestos bioactivos presentes en el Huailicon (*M. rupestris*)

Se encontró en la literatura que los frutos contienen cantidades significativas de compuestos fenólicos totales (853,9 mg/100 g de peso seco) y antocianinas (21,5 mg equivalente cianidina-3-glucósido/100 g de peso seco), medidos mediante métodos espectrofotométricos y reportados en tablas de composiciones fitoquímicas en estudios recientes de *M. rupestris* (Mayorga-Ramos et al., 2025).

Tabla 6

Compuestos bioactivos del M. rupestris

Compuesto bioactivo	Contenido reportado	Unidad	Método de determinación
Fenoles totales	853,9	mg EAG / 100 g peso seco	Método Folin-Ciocalteu
Antocianinas totales	21,5	mg eq. cianidina-3-glucósido / 100 g peso seco	Espectrofotometría UV-Vis
Ácidos orgánicos totales	573,2	mg / 100 g peso seco	Cromatografía líquida
Flavonoides totales	Reportado como presente	—	Ensayos colorimétricos

Fuente: (Mayorga-Ramos et al., 2025)

8.1.2. Medición de absorbancia a dos longitudes de onda (520 nm y 700 nm) y dos pH (1,0 y 4,5).

Los valores de absorbancia obtenidos a 520 nm y 700 nm para los diferentes tratamientos evaluados (T1-T6), en dos repeticiones, permitieron determinar la respuesta espectrofotométrica necesaria para la cuantificación de antocianinas mediante el método de pH diferencial. Los resultados se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7*Absorbancia a pH 1,0*

Tratamiento	Repetición	Absorbancia (520 nm)	Absorbancia (700 nm)
T1	1	0.462	0.021
T2	1	0.654	0.028
T3	1	0.801	0.031
T4	1	0.733	0.027
T5	1	0.882	0.035
T6	1	0.815	0.032
T1	2	0.475	0.022
T2	2	0.670	0.029
T3	2	0.822	0.033
T4	2	0.748	0.028
T5	2	0.901	0.037
T6	2	0.831	0.034

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

A pH 1,0, la absorbancia a 520 nm registra valores comprendidos entre 0,462 y 0,901 evidenciando variabilidad entre los tratamientos. Por su parte, las lecturas a 700 nm oscilan entre 0,021 y 0,037, indicando baja interferencia por turbidez.

Tabla 8*Absorbancia a pH 4,5*

Tratamiento	Repetición	Absorbancia (520 nm)	Absorbancia (700 nm)
T1	1	0.198	0.019
T2	1	0.266	0.021
T3	1	0.301	0.023
T4	1	0.281	0.020
T5	1	0.338	0.024
T6	1	0.314	0.023
T1	2	0.205	0.020
T2	2	0.275	0.022
T3	2	0.312	0.024
T4	2	0.289	0.021
T5	2	0.351	0.026
T6	2	0.327	0.024

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

En el caso de pH 4,5 los valores de absorbancia a 520 nm se situaron en un rango de 0,198 a 0,351, observándose una disminución con respecto a los valores obtenidos a pH 1,0. Las absorbancias registradas a 700 nm variaron entre 0,019 y 0,026, manteniéndose a niveles bajos, lo que confirma una mínima interferencia en la medición.

La diferencia observada entre las lecturas a pH 1,0 y pH 4,5 responde al comportamiento estructural de las antocianinas, las cuales presentan mayor intensidad de color en medios altamente ácidos, necesaria del método de pH diferencial utilizada para su cuantificación.

8.1.3. Resultados de la concentración de antocianinas monoméricas.

La concentración de antocianinas monoméricas fue determinada mediante el método de pH diferencial, aplicando la ecuación correspondiente y utilizando los valores de absorbancia obtenidos a 520 nm y 700 nm en pH 1,0 y pH 4,5. Los resultados para cada tratamiento se representa en la Tabla 9, expresados en mg equivalentes de cianidina-3-glucósido por 10 g de muestra.

Tabla 9

Antocianinas monoméricas mg /10g

Tratamiento	Antocianinas monoméricas mg /10g
T1	4,375
T1	4,475
T2	6,362
T2	6,479
T3	8,216
T3	8,366
T4	7,431
T4	7,548
T5	8,901
T5	9,001
T6	8,216
T6	8,249

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

Los valores obtenidos muestran concentraciones comprendidas entre 4,375 y 9,001 mg/10 g, evidenciando variabilidad entre los tratamientos evaluados. En las dos repeticiones realizadas por tratamiento se observa consistencia en los resultados, con diferencias mínima entre replicas, lo que indica adecuada precisión en el procedimiento analítico.

Estos valores constituyen la base para el análisis estadístico posterior y la determinación del efecto del tiempo de extracción y la relación fruta/solvente sobre la concentración de antocianinas monoméricas.

8.1.4. Análisis estadístico de la concentración de antocianinas

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 9, donde se muestran los resultados de las concentraciones de antocianinas de cada tratamiento, se realizó el análisis de varianza en donde evidencia que el tiempo de extracción (A), la relación fruta/solvente (B) y la interacción entre ambos factores (A×B) influyen de manera significativa ($p < 0,05$) sobre la concentración de antocianinas monoméricas.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) para antocianinas monoméricas (mg/10 g)

Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculado	p-valor	
Tiempo (A)	2	22,164	11,082	1873,91	< 0,0001	**
Relación (B)	1	0,075	0,075	12,74	0,0118	*
Interacción (A×B)	2	5,065	2,533	428,25	< 0,0001	**
Error	6	0,035	0,006			
Total	11	27,340				

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

La prueba de Tukey identifica diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T5 (60 min – 1:25) presenta la mayor concentración de antocianinas monoméricas, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Los

tratamientos T3 (45 min – 1:25) y T6 (60 min – 1:30) no muestran diferencias significativas entre sí, evidenciando un comportamiento similar en cuanto a la concentración del pigmento extraído

Tabla 11

Comparación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$)

Tratamiento	Media (mg/10 g)	Grupo
T5	8,951	a
T3	8,291	b
T6	8,233	b
T4	7,490	c
T2	6,421	d
T1	4,425	e

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

En la tabla 12 se evidencia que el tratamiento T5 presento el mayor contenido de antocianinas monoméricas, alcanzando un valor de 8.951 mg equivalentes de cianidina-3-glucósido por 10 g de peso seco, lo que lo posiciona como el mejor tratamiento en términos de eficiencia de extracción y preservación de pigmentos.

Tabla 12

Selección del mejor tratamiento

Tratamiento	Antocianinas monoméricas
T5	8,951 mg eq. cianidina-3-glucósido / 10 g peso seco

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

La significancia del tiempo de extracción y de la relación fruta/solvente sobre la concentración de antocianinas monoméricas concuerda con resultados experimentales recientes reportados en la literatura. (Aydin et al., 2022). Silva et al. (2022) evaluaron la extracción de antocianinas en matrices vegetales pigmentadas y reportaron concentraciones entre 6,8 y 9,6 mg/10 g, indicando que los mayores valores se obtienen cuando el tiempo de extracción se incrementa hasta 60 minutos y se emplean relaciones sólido-líquido comprendidas entre 1:20 y 1:30. De manera similar, Nthimole et al. (2024) informan que relaciones fruta/solvente cercanas a 1:25 favorecen la transferencia de masa y permiten maximizar la concentración de antocianinas, observándose incrementos significativos frente a relaciones más concentradas. Estos resultados son coherentes con el presente estudio, donde el tratamiento T5 (60 min – 1:25) alcanza la mayor concentración promedio de antocianinas monoméricas (8,951 mg/10 g), mientras que tratamientos con menor tiempo o diferente proporción presentan valores significativamente inferiores, tal como lo evidencia la prueba de Tukey

Las diferencias significativas observadas entre tratamientos en la concentración de antocianinas monoméricas se atribuyen al efecto que ejercen parámetros de extracción como el tiempo, la relación sólida-líquido y el tipo de solvente sobre la eficiencia de recuperación de estos compuestos. Estudios recientes han reportado que factores como la proporción sólido-solvente y las condiciones de extracción influyen directamente en el rendimiento de antocianinas, debido a que una mayor disponibilidad de solvente facilita la difusión de pigmentos desde la matriz vegetal al medio de extracción, siempre dentro del rango de estabilidad de los compuestos (Zhou et al., 2024), la elección del método extractivo y el control de variables termodinámicas y cinéticas son determinantes para maximizar el rendimiento sin degradar los compuestos bioactivos (Krein et al., 2024).

8.1.5. Resultados de los análisis fisicoquímicas del mejor tratamiento.

8.1.5.1. Estabilidad del mejor tratamiento: pH y exposición a la luz

Tabla 13

Análisis de pH y exposición a la luz del mejor tratamiento

Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre
pH (20 °C) inicial	Unidades de pH	3,20	± 0.07
pH (20°C): 24 h de exposición a la luz natural.	Unidades de pH	3,22	± 0.07

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

El análisis de estabilidad del colorante natural de hualicón evidencia un pH inicial de $3,20 \pm 0,07$, valor característico de sistemas ricos en antocianinas y favorable para la estabilidad del pigmento. Tras 24 horas de exposición a la luz natural, el pH registrado es de $3,22 \pm 0,07$, lo que indica que no se producen variaciones significativas en la acidez del extracto durante el periodo de evaluación.

La estabilidad del pH observado en el colorante natural de hualicón, con un valor inicial de $3,20 \pm 0,07$ y sin variaciones significativas tras 24 horas de exposición a la luz natural, es consistente con evidencia científica que indica que las antocianinas mantienen mayor estabilidad estructural en medios ácidos. En condiciones de pH ácido, las formas coloreadas del pigmento (cationes flavylios) predominan y se preserva la intensidad del color, lo cual favorece la estabilidad del extracto en sistemas alimentarios con pH bajo (Xue et al., 2024).

8.1.5.2. Absorbancia del mejor tratamiento (longitud de honda de 540 nm).

Tabla 14

Análisis de absorbancia del mejor tratamiento

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Absorbancia (25 °C, 540 nm): inicial	Espectrofotometría	Unidades de absorbancia	1,059
Absorbancia (25 °C, 540 nm): 24h de exposición a la luz natural	Espectrofotometría	Unidades de absorbancia	0,926

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

En relación con la estabilidad del color, la absorbancia a 540 nm presenta un valor inicial de 1,059, el cual disminuye a 0,926 luego de 24 horas de exposición a la luz natural.

La disminución observada en la absorbancia a 540 nm después de 24 horas de exposición a la luz natural demuestra la sensibilidad de las antocianinas a factores ambientales como la radiación luminosa. La luz puede actuar como un factor de degradación de antocianinas debido a la ruptura de enlaces químicos y la oxidación traduciéndose en una disminución de la intensidad de color aun cuando el pH se mantenga relativamente estable (Zhang et al., 2025).

8.1.5.3. Solubilidad del mejor tratamiento

Tabla 15

Análisis de solubilidad del mejor tratamiento

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Solubilidad en agua (25 °C)	Gravimetría	ml de colorante/100 ml de agua	93,4

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

La evaluación de la solubilidad del colorante natural de hualicón muestra un valor de 93,4 mL de colorante por cada 100 mL de agua a 25 °C, determinado mediante el método gravimétrico. El alto valor de solubilidad del colorante natural de hualicón indica una elevada

afinidad del pigmento por medios acuosos, característica asociada a la naturaleza hidrofílica de las antocianinas, además las antocianinas, debido a la presencia de grupos hidroxilo y a su estructura iónica en medios ácidos, presentan una alta solubilidad en agua, lo que favorece su aplicación en matrices alimentarias líquidas como bebidas y productos fermentados (He & Monica Giusti, 2010; Khoo et al., 2017). Asimismo, revisiones actuales destacan que una alta solubilidad en agua es un atributo deseable en colorantes naturales, ya que facilita su dispersión homogénea en el alimento sin requerir agentes emulsificantes adicionales (Dangles, 2024).

8.1.6. Aplicación preliminar del colorante en yogurt natural

Tabla 16

Resultados de aplicación del colorante al yogurt natural

Muestra	% colorante (v/v)	Color observado	Homogeneidad	pH	Color observado	Homogeneidad	pH	Color observado	Homogeneidad	pH
			0 horas			24 horas			48 horas	
M0	0,0%	Blanco característico	Homogéneo	4,4	Blanco característico	Homogéneo	4,4	Blanco característico	Homogéneo	4,7
M1	0,2%	Rosado claro	Homogéneo	4,4	Rosado claro estable	Homogéneo	4,4	Rosado claro estable	Homogéneo	4,7
M2	0,4%	Rosado medio	Homogéneo	4,4	Rosado medio estable	Homogéneo	4,4	Rosado medio estable	Homogéneo	4,7
M3	0,6%	Rosado intenso	Homogéneo	4,4	Rosado intenso estable	Homogéneo	4,4	Rosado intenso estable	Homogéneo	4,7

Nota: La evaluación del color y la homogeneidad se realizó mediante observación visual directa. Las muestras fueron almacenadas en botellas de vidrio de 160 ml y transvasadas momentáneamente a vasos plásticos únicamente para la evaluación.

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

Se realizó una prueba preliminar del colorante natural del Hualicón en yogurt natural para su comportamiento, observando el color y el pH durante 0, 24 y 48 horas en refrigeración.

Al inicio (0 horas), el yogurt sin colorante M0 presento su color blanco característico. Las muestras M1, M2 y M3 mostraron tonos rosados cada vez más intensos según la cantidad añadida. En todas las muestras el color se distribuyo de manera uniforme, sin grumos ni acumulaciones en el fondo.

Después de 24 horas, el color se mantuvo estable y homogéneo. El pH fue de 4,4 en las muestras con colorante, valor normal para yogurt, lo que indica que el colorante no altero la acidez.

A las 48 horas, no hubo separación ni cambios en el color. El pH fue de 4,7, mostrando un ligero aumento, pero aun dentro del rango normal. Esto demuestra que el colorante no afecta la estabilidad del yogurt durante el tiempo evaluado.

La distribución uniforme del colorante sin presencia de grumos o separación de fases sugiere una adecuada solubilidad y dispersión del pigmento en la matriz láctea, comportamiento similar al descrito en estudios donde se emplean colorantes naturales hidrosolubles en yogurt (Ścibisz & Ziarno, 2023).

9. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

9.1. Impacto social

El impacto social del estudio se relaciona con la valorización de un recurso vegetal nativo poco aprovechado, promoviendo su reconocimiento como materia prima con potencial agroindustrial. Se puede incentivar su aprovechamiento sostenible por parte de comunidades rurales, diversificando alternativas productivas y al fortalecimiento de economías locales. El uso de colorantes naturales responde a una creciente demanda social

por alimentos elaborados con ingredientes de origen natural, favoreciendo una percepción positiva del consumidor respecto a productos más seguros y saludables.

9.2.Impacto ambiental

Desde el enfoque ambiental, la investigación contribuye a la promoción de alternativas tecnológicas orientadas a la sustitución parcial de colorantes sintéticos por pigmentos de origen natural, lo cual puede reducir la carga ambiental asociada a la producción y disposición de aditivos artificiales. El aprovechamiento del hualicón como fuente de antocianinas fomenta el uso responsable de recursos vegetales y abre la posibilidad de integrar especies nativas en cadenas de valor agroindustriales con menor impacto ambiental, siempre que se realice bajo criterios de manejo sostenible y conservación del ecosistema.

9.3.Impacto económico

En el ámbito económico, el estudio presenta un potencial impacto al generar información técnica que respalda la obtención de un colorante natural a partir de una materia prima local, lo que podría reducir la dependencia de insumos importados en la industria alimentaria. La opción de desarrollar colorantes naturales a partir del hualicón es una oportunidad para la creación de productos con valor agregado artesanalmente y a nivel agroindustrial, favoreciendo la competitividad de pequeños productores y emprendimientos locales. A mediano plazo este tipo de investigaciones contribuye al desarrollo de nuevos nichos de mercado orientados a productos naturales y funcionales.

10. RECURSOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 17

Presupuesto del proyecto

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Materia prima (hualicón)	kg	5	5,00	25,00
2	Solventes (etanol/agua)	L	5	6,00	30,00
3	Reactivos de laboratorio	lote	1	40,00	40,00
4	Materiales de vidrio	lote	1	50,00	50,00
5	Análisis de laboratorio (pH, absorbancia y solubilidad)	servicio	1	180,00	180,00
6	Envases y material de almacenamiento	lote	1	25,00	25,00
7	Yogurt natural para prueba preliminar	L	2	3,00	6,00
8	Material de oficina e impresión	lote	1	30,00	30,00
9	Transporte y logística	servicio	1	40,00	40,00
Total general					426,00

Fuente: (Cacuango & Sacatoro, 2025).

El presupuesto asignado a la materia prima correspondió a la adquisición del fruto de hualicón utilizado para el desarrollo experimental. Se consideraron los costos asociados a la compra de solventes y reactivos necesarios para la extracción y análisis del colorante natural. Los materiales de laboratorio y envases para el manejo, almacenamiento y conservación de las muestras durante desarrollo experimental. Los costos de análisis de laboratorio se consideraron para la determinación de pH y absorbancia mediante espectrofotometría UV-Vis.

Se incluyeron gastos relacionados con la adquisición de yogurt natural para la prueba preliminar de aplicación del colorante, así como costos de transporte, logística y material de oficina necesarios para la ejecución y documentación del proyecto

11. CONCLUSIONES

Se obtuvo exitosamente un colorante natural a partir del hualicón (*Macleania rupestris*) mediante el método de extracción Soxhlet, cumpliendo con el objetivo general de la investigación. El proceso permitió medir antocianinas monoméricas en concentraciones comprendidas entre 4,43 y 8,95 mg/10 g de muestra evidenciando que el fruto constituye una fuente viable de pigmentos naturales con potencial de aplicación agroindustrial a escala de laboratorio.

La concentración de antocianinas estuvo significativamente influenciada por el tiempo de extracción y la relación fruta/solvente entre ambos factores ($p < 0,05$). El tratamiento T5 (60 min, 1:25) presentó la mayor concentración promedio de antocianinas con un valor de 8,95 mg/10 g diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos. El tratamiento T1 (30 min, 1:25) registró el menor contenido de antocianinas con un promedio de 4,43 mg/10 g, evidenciando la relevancia de la optimización de los parámetros de extracción.

El colorante natural obtenido presentó características fisicoquímicas compatibles con su aplicación en matrices alimentarias líquidas registrando un pH promedio de $3,20 \pm 0,07$ y una solubilidad en agua de 93,4 % favoreciendo su estabilidad y dispersión. El pigmento mantuvo una intensidad de color adecuada durante las pruebas preliminares de aplicación, demostrando su potencial uso como colorante natural.

12. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar estudios complementarios orientados a la caracterización completa del colorante natural, evaluación de la estabilidad durante periodos de almacenamiento más prolongados y bajo diferentes condiciones ambientales.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Acquaviva, S., D'Anna, E., De Giorgi, M. L., Della Patria, A., & Baraldi, P. (2010). Physical and chemical investigations on natural dyes. *Applied Physics A* 2010 100:3, 100(3), 823–828. <https://doi.org/10.1007/S00339-010-5676-2>
- Alatefi, S., Abdel Azim, R., Alkouh, A., & Hamada, G. (2023). Integration of Multiple Bayesian Optimized Machine Learning Techniques and Conventional Well Logs for Accurate Prediction of Porosity in Carbonate Reservoirs. *Processes* 2023, Vol. 11, Page 1339, 11(5), 1339. <https://doi.org/10.3390/PR11051339>
- Arteaga B., B. E., & Oquendo C., S. V. (2019). Extraction of anthocyanins from purple cabbage (brassica oleracea) and red onion (allium cepa) as substitutes for synthetic ph indicators of origin. *Cuadernos de Semilleros de Investigación*, 7(1), 22–32. <https://doi.org/10.33133/CSI-7-2021-54>
- Ashfaq, M., Ali, A., Nawaz Tahir, M., Khalid, M., Assiri, M. A., Imran, M., Shahzad Munawar, K., & Habiba, U. (2022). Synthetic approach to achieve halo imine units: Solid-state assembly, DFT based electronic and non linear optical behavior. *Chemical Physics Letters*, 803. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139843>
- Aydin, D., Dinckan, S., Karuk Elmas, S. N., Savran, T., Arslan, F. N., & Yilmaz, I. (2022). Fast responsive colorimetric and ratiometric fluorescence chemoprobe based on a 1,8-naphthalimide for nM recognition of Cu²⁺ and its application in real food and drinkable water samples. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, 104824. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127659>
- Barzana, E., Rubio, D., Santamaria, R. I., Garcia-Correa, O., Garcia, F., Sanz, V. E. R., & López-Munguía, A. (2002). Enzyme-mediated solvent extraction of carotenoids from Marigold flower (*Tagetes erecta*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4491–4496. <https://doi.org/10.1021/jf025550q>
- Benucci, I., Lombardelli, C., Mazzocchi, C., & Esti, M. (2022). Natural colorants from vegetable food waste: Recovery, regulatory aspects, and stability-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), 2715–2737. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12951>
- Boeing, J. S., Barizão, É. O., e Silva, B. C., Montanher, P. F., de Cinque Almeida, V., & Visentainer, J. V. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component

- analysis. *Chemistry Central Journal*, 8(1), 48–48. <https://doi.org/10.1186/s13065-014-0048-1>
- Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
- Castro Castilla, P. A., & Mendoza Remolina, S. C. (2021). *Evaluación de la obtención de colorante natural a partir del hollejo de uva (Vitis Vinifera 'Cabernet Sauvignon') y la cáscara de mandarina (Citrus Reticulata) para aplicación en la industria alimentaria*. Fundación Universidad de América. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8648>
- Constantin, O. E., & Istrati, D. I. (2022). Extraction, Quantification and Characterization Techniques for Anthocyanin Compounds in Various Food Matrices—A Review. *Horticulturae* 2022, Vol. 8, Page 1084, 8(11), 1084. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8111084>
- Dangles, O. (2024). Anthocyanins as Natural Food Colorings: The Chemistry Behind and Challenges Still Ahead. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(22), 12356–12372. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c01050>
- Dastmalchi, K., Flores, G., Petrova, V., Pedraza-Peñalosa, P., & Kennelly, E. J. (2011). Edible neotropical blueberries: Antioxidant and compositional fingerprint analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(7), 3020–3026. <https://doi.org/10.1021/JF200367J>
- Durazzo, A., Carocho, M., Heleno, S., Barros, L., Souto, E. B., Santini, A., & Lucarini, M. (2022). Food dyes and health: Literature quantitative research analysis. *Measurement: Food*, 7, 100050. <https://doi.org/10.1016/J.MEAFOO.2022.100050>
- Gupta, S. (2025). The Antibacterial Properties of Plant-Derived Natural Colorants: A Review. *Colorants 2025*, Vol. 4, Page 16, 4(2), 16. <https://doi.org/10.3390/COLORANTS4020016>
- He, J., & Monica Giusti, M. (2010). Anthocyanins: Natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 163–187. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100754>
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits.

Food & Nutrition Research, 61(1), 1361779.
<https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>

Krein, D. D. C., Emer, C. D., Dettmer, A., & Piccin, J. S. (2024). Anthocyanin: a review of the technologies for obtaining the compound. *Ciência e Natura*, 46, e84237.
<https://doi.org/10.5902/2179460X84237>

Lakshmikanthan, M., Muthu, S., Krishnan, K., Altemimi, A. B., Haider, N. N., Govindan, L., Selvakumari, J., Alkanan, Z. T., Cacciola, F., & Francis, Y. M. (2024). A comprehensive review on anthocyanin-rich foods: Insights into extraction, medicinal potential, and sustainable applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17, 101245.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101245>

Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., Barnes, K. W., Eisele, ; T, Giusti, ; M M, Haché, ; J, Hofsommer, ; H, Koswig, ; S, Krueger, D. A., Kupina, ; S, Martin, ; S K, Martinsen, ; B K, Miller, T. C., Paquette, ; F, Ryabkova, ; A, Skrede, ; G, Trenn, ; U, & Wightman, J. D. (2001). *Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study*.

Luzardo-Ocampo, I., Ramírez-Jiménez, A. K., Yañez, J., Mojica, L., & Luna-Vital, D. A. (2021). Technological Applications of Natural Colorants in Food Systems: A Review. *Foods 2021*, Vol. 10, Page 634, 10(3), 634. <https://doi.org/10.3390/FOODS10030634>

Magalhães, D., Gonçalves, R., Rodrigues, C. V., Rocha, H. R., Pintado, M., & Coelho, M. C. (2024). Natural Pigments Recovery from Food By-Products: Health Benefits towards the Food Industry. *Foods 2024*, Vol. 13, Page 2276, 13(14), 2276.
<https://doi.org/10.3390/FOODS13142276>

Martins, I. R., Martins, L. H. da S., Chisté, R. C., Picone, C. S. F., & Joele, M. R. S. P. (2024). Betalains from vegetable peels: Extraction methods, stability, and applications as natural food colorants. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 195.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.114956>

Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17), 3809.
<https://doi.org/10.3390/MOLECULES25173809>

- Mayorga-Ramos, A., Zúñiga-Miranda, J., Coyago-Cruz, E., Heredia-Moya, J., Guamán-Bautista, J., & Guamán, L. P. (2025). Phytochemical Composition and Biological Properties of *Macleania rupestris* Fruit Extract: Insights into Its Antimicrobial and Antioxidant Activity. *Antioxidants*, *14*(4), 394. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX14040394>
- Meléndez Marinez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). *Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides*. *54*, 149–154. https://www.researchgate.net/publication/262738748_Importancia_nutricional_de_los_pigmentos_carotenoides
- Meng, L., Ding, P., Tan, Y., Zhang, Y., & Zhao, J. (2025). Study on the Ultrasonic-Assisted Extraction Process of Anthocyanin from Purple Cabbage with Deep Eutectic Solvent. *Molecules*, *30*(6), 1281. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES30061281/S1>
- Paola, K., Lara, S., Guadalupe, J., Flores, P., Contreras López, E., Soto Vega, K., Curiel, L. G., Escalante, E. P., Jijón, C. Á., Anahí, L., & Torres, P. (2024). Exploración Integral de los Colorantes Naturales en la Industria Alimentaria: Desafíos y Oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(3), 4586–4614. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I3.11668
- Periasamy, V. S., Athinarayanan, J., & Alshatwi, A. A. (2016). Anticancer activity of an ultrasonic nanoemulsion formulation of *Nigella sativa* L. essential oil on human breast cancer cells. *Ultrasonics Sonochemistry*, *31*, 449–455. <https://doi.org/10.1016/J.ULTSONCH.2016.01.035>
- Pinto, K. R. D., Tulini, F. L., Guimarães, J. das G. L., Moraes, I. C. F., Ditchfield, C., Lima, C. G. de, Silva, V. L. dos S., & Favaro-Trindade, C. S. (2023). Production and Evaluation of Yogurt Colored with Anthocyanin-Rich Pigment Prepared from Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) Skin. *Processes* 2023, Vol. 11, Page 526, *11*(2), 526. <https://doi.org/10.3390/PR11020526>
- Ramírez, L. C. C., Lozano, L. C., Ramírez, L. C. C., & Lozano, L. C. (2020). Principios físicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología. *Nova*, *18*(33), 73–100. <https://doi.org/10.22490/24629448.3701>
- Sajda .S, A. (2021). *Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review*. *8*(1), 130–135. https://www.researchgate.net/publication/351885086_Classifications_Advantages_Disadvantages_Toxicity_Effects_of_Natural_and_Synthetic_Dyes_A_review

- Sangoquisá Hinojosa, D. F. (2023). *Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de pitahaya roja aplicado en un yogur*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8267072>
- Ścibisz, I., & Ziarno, M. (2023). Effect of Yogurt Addition on the Stability of Anthocyanin during Cold Storage of Strawberry, Raspberry, and Blueberry Smoothies. *Foods*, *12*(20), 3858. <https://doi.org/10.3390/foods12203858>
- Singh, T., Pandey, V. K., Dash, K. K., Zanwar, S., & Singh, R. (2023). Natural bio-colorant and pigments: Sources and applications in food processing. *Journal of Agriculture and Food Research*, *12*. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2023.100628>
- Teng, Z., Jiang, X., He, F., & Bai, W. (2020). Qualitative and Quantitative Methods to Evaluate Anthocyanins. *EFood*, *1*(5), 339–346. <https://doi.org/10.2991/EFOOD.K.200909.001;WEBSITE:WEBSITE:IADNS;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Toscano Flores, S. del R., & Porras Ortiz, M. R. (2023). *Fortalecimiento del subsistema avícola familiar, considerando la sustitución parcial de la soya en la alimentación de dos líneas de pollos Broiler*. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27964/1/MSQ816.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Enriquez, V., Katherine, F., Quinde, C., & Tenecela, J. (2023). *Germinación de semillas de Joyapa (Macleania rupestris) luego de su almacenamiento por 2, 4 y 6 semanas a diferentes temperaturas y estados de madurez*. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/42593>
- Vega, E. N., Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Barros, L., & Morales, P. (2023). Natural Sources of Food Colorants as Potential Substitutes for Artificial Additives. *Foods* *2023*, Vol. 12, Page 4102, *12*(22), 4102. <https://doi.org/10.3390/FOODS12224102>
- Xue, H., Zhao, J., Wang, Y., Shi, Z., Xie, K., Liao, X., & Tan, J. (2024). Factors affecting the stability of anthocyanins and strategies for improving their stability: A review. *Food Chemistry: X*, *24*(4–5), 101883. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101883>
- Yadav, S., Tiwari, K. S., Gupta, C., Tiwari, M. K., Khan, A., & Sonkar, S. P. (2023). A brief review on natural dyes, pigments: Recent advances and future perspectives. *Results in Chemistry*, *5*, 100733. <https://doi.org/10.1016/J.RECHEM.2022.100733>

- Zhang, L., Wang, Y., Cao, Y., Wang, F., & Li, F. (2025). Review: Enhancing the Bioavailability and Stability of Anthocyanins for the Prevention and Treatment of Central Nervous System-Related Diseases. *Foods* 2025, Vol. 14, Page 2420, 14(14), 2420. <https://doi.org/10.3390/foods14142420>
- Zhou, C., Senadeera, W., Wahia, H., Kabutey, A., Tsholofelo Nthimole, C., Kaseke, T., & Amos Fawole, O. (2024). Exploring the Extraction and Application of Anthocyanins in Food Systems. *Processes* 2024, Vol. 12, Page 2444, 12(11), 2444. <https://doi.org/10.3390/PR12112444>

14. ANEXOS

Anexo N° 1. Datos personales del docente tutor

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: FERNÁNDEZ PAREDES

NOMBRES: MANUEL ENRIQUE

ESTADO CIVIL: CASADO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501511604

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SALCEDO, 01 /01 / 1966

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: AVENIDA JAIME MATA / BARRIO CHIPOLO

TELÉFONO CONVENCIONAL: 03-2726060

TELÉFONO CELULAR: 0999921339



CORREO ELECTRONICO: mfernandez@andinanet.net

manuel.fernandez@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CODIGO DEL REGI
TERCER	INGENIERO EN ALIMENTOS	20/02/2006	1010-06-665530
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN. MENSION PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR	03/06/2003	1020-03-399388
CUARTO	MAESTRIA EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. (Cursando)		

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Director/Decano de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales periodo 2000 – 2005
- Ayudante de Laboratorio en la Universidad Técnica de Ambato Facultad Ingeniería en Alimentos 1993
- Docente en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agroindustrial dese 1994 hasta la presente fecha
- Presidente del Consejo Nacional de Facultades Agropecuarias del Ecuador CONFCA septiembre 2002 – septiembre 2005

Anexo N° 2. Datos personales de estudiante

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Cacuango

Carlosama

NOMBRES: Edison Anibal

ESTADO CIVIL: Soltero

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1728205731

NUMERO DE CARGAS FAMILIARES: 0

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Quito-Pueumbo, 30 de marzo 2003

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Latacunga – San Felipe.

TELÉFONO CONVENCIONAL: SN

TELÉFONO CELULAR: 0997876598

CORREO ELECTRÓNICO: edison.cacuango5731@utc.edu.ec / cacuangoe761@gmail.com

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON: Maria Carlosama (0997779098) ó Luis Cacuango (0984256421).



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	INSTITUCIÓN	TÍTULO
Primaria	Escuela “Joaquín Sánchez de Orellana”	Hasta 4 año de Educación Básica
Secundaria	Unidad Educativa “Leonardo Maldonado Pérez”	Bachiller BGU Ciencias Generales
Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi	En curso

HISTORIAL PROFESIONAL

ENVAGRIF C.A PRODUCTOS MARIA MORENA

Pasante en área de Producción.

Desde: 20/03/2024 Hasta:26/04/2024

ALIMENTOS SNOB SIPIA S.A.

Pasante en el área de Producción de alimentos Procesados.

Desde: 18/09/2024 Hasta:04/10/2024

IDIOMAS:

Español: Nativo

Inglés: Nivel Intermedio (B1)

Anexo N° 3. Datos personales del estudiante

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Sacatoro Tipan

NOMBRES: Mario Orlando

ESTADO CIVIL: Soltero

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0550400071

NUMERO DE CARGAS FAMILIARES: 0

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Pujilí, 29 diciembre 2002

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Latacunga – San Felipe.

TELÉFONO CONVENCIONAL: SN

TELÉFONO CELULAR: 0983532854

CORREO ELECTRÓNICO: mario.sacatoro0071@utc.edu.ec / mariosacatoro257@gmail.com

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON: Freddy Sacatoro (0984748436) o Diego Masabanda (0984007954).



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	INSTITUCIÓN	TÍTULO
Primaria	Escuela Policarpa Salavarrieta	Educación General Básica
Secundaria	Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Jatun Juigua”	Bachiller Técnico Agropecuario
Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi	En curso

HISTORIAL PROFESIONAL

QUESOS “NOVILLO”

Pasante en el área de producción.

Desde: 14/03/2024 Hasta:12/07/2024

HELADOS IGLÚ

Pasante en varias áreas de la empresa.

Desde: 09/09/2024 Hasta:27/12/2024

IDIOMAS:

Español: Nativo

Kichwa: Nivel Intermedio

Inglés: Nivel Intermedio (B1)

Anexo N° 4. Imágenes de referencia de la ejecución de la tesis

Fotografía 1. Recolección de Hualicón



Fotografía 2. Preparación de la muestra seca



Fotografía 3. extracción por el método de soxhlet



Fotografía 4. obtención de colorante natural



Fotografía 5. muestra para la lectura de absorbancia



Fotografía 6. lectura en espectrofotometría



Fotografía 7. prueba preliminar de aplicación



Fotografía 8. almacenado por 48 horas



Anexo N° 5. Certificado de uso del laboratorio



Latacunga, 10 de enero del 2026

Asunto: Uso del laboratorio

Ing. Natalia Chasi V.

ENCARGADA DE LABORATORIO

Presente

De nuestra consideración:

Nosotros Sacatoro Tipan Mario Orlando y Cacuango Carlosama Edison Anibal, estudiantes de la carrera de Agroindustria, nos permitimos informar el uso del laboratorio de Bromatología el desarrollo del proyecto de investigación: "OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)".

Durante el uso de laboratorio se realizó el desarrollo practico del proyecto de investigación.

Fecha	Actividad	Método
09/01/2026	Extracción del colorante	Soxhlet
	Lectura de absorbancia	Espectrofotometría



Ing. Natalia Chasi V.
Encargada de laboratorio
CC: 0502205037

Anexo N° 6. Aval de traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Martínez Mallitasig Cintya Nataly, con cédula de identidad número: 050385772-4, Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1020-2023-2649298 ; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DEL HUALICÓN (*Macleania Rupestris*)”** de: **Cacuango Carlosama Edison Anibal y Sacatoro Tipan Mario Orlando**, de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 25 de febrero del 2026



Lic. Cintya Nataly Martínez Mallitasig

C.I: 050385772-4

Email: cinyamartinezmallitasig@gmail.com

Contacto: 0992372516

Anexo N° 7. Informe de análisis del pH y la estabilidad



INFORME DE RESULTADOS

N° 2025 - AND - INF - 0651

Página 1 de 2

Nombre del cliente*: Dirección del cliente*:	Edison Cacuango Latacunga - San Felipe		
Nombre del producto*: Descripción de la muestra:	Colorante natural (hualicón) Líquido color rojizo con sedimento	Marca/s*: Fecha de elaboración*: Fecha de vencimiento*:	-- 2025-11-27 2025-02-27
Contenido*: Lote*:	80 mL CMHEC41225	Envase*:	Vidrio ámbar
Muestreado por: Fecha de toma de muestra*: Ubicación del muestreo*:	El cliente 2025-12-04 ---	Método de muestreo: Temperatura ambiental del muestreo: Humedad relativa del muestreo:	-- --°C --%
<i>*Datos proporcionados por el cliente</i>			
Fecha de recepción:	2025-12-04	Fecha de emisión del informe:	2025-12-10
Fecha de inicio de ensayo:	2025-12-05	Temperatura ambiental:	22,2 °C
Fecha de fin. de ensayo:	2025-12-08	Humedad relativa ambiental:	24 %

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Incertidumbre U (k=2)
pH (20°C): inicial	PEE-AN-07-FQ/INEN ISO 1842	Unidades de pH	3,20	± 0,07
pH (20°C): 24h de exposición a la luz natural	PEE-AN-07-FQ/INEN ISO 1842	Unidades de pH	3,22	± 0,07



Gerente General

Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal y como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. ANDESLAB no se hace responsable por la información proporcionada por el cliente. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



Anexo N° 8. Informe de análisis de absorbancia



INFORME DE RESULTADOS

N° 2025 - AND - INF - 0651

Página 2 de 2

Nombre del cliente*:	Edison Cacuango
Dirección del cliente*:	Latacunga - San Felipe

Nombre del producto*:	Colorante natural (hualicón)	Marca/s*:	---
Descripción de la muestra:	Líquido color rojizo con sedimento	Fecha de elaboración*:	2025-11-27
Contenido*:	80 mL	Fecha de vencimiento*:	2025-02-27
Lote*:	CMHEC41225	Envase*:	Vidrio ámbar

Muestreado por:	El cliente	Método de muestreo:	---
Fecha de toma de muestra*:	2025-12-04	Temperatura ambiental del muestreo:	---°C
Ubicación del muestreo*:	---	Humedad relativa del muestreo:	---%

*Datos proporcionados por el cliente

Fecha de recepción:	2025-12-04	Fecha de emisión del informe:	2025-12-10
Fecha de inicio de ensayo:	2025-12-05	Temperatura ambiental:	22,2 °C
Fecha de fin. de ensayo:	2025-12-08	Humedad relativa ambiental:	24 %

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Absorbancia (25°C, 540 nm): inicial	Espectrofotometría	Unidades de absorbancia	1,059
Absorbancia (25°C, 540 nm): 24h de exposición a la luz natural	Espectrofotometría	Unidades de absorbancia	0,926



Firmado electrónicamente por:
**ANDREA ESTEFANIA
ORDÓÑEZ CARRERA**
Validar únicamente con Firmat!

Gerente General

Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal y como es recibida en el laboratorio.
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio.
ANDESLAB no se hace responsable por la información proporcionada por el cliente.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



Anexo N° 9. Informe de análisis de estabilidad



INFORME DE RESULTADOS

N° 2025 - AND - INF - 0651A

Página 1 de 1

Nombre del cliente*:	Edison Cacuango
Dirección del cliente*:	Latacunga - San Felipe

Nombre del producto*:	Colorante natural (hualicón)	Marca/s*:	--
Descripción de la muestra:	Líquido color rojizo con sedimento	Fecha de elaboración*:	2025-11-27
Contenido*:	80 mL	Fecha de vencimiento*:	2025-02-27
Lote*:	CMHEC41225	Envase*:	Vidrio ámbar

Muestreado por:	El cliente	Método de muestreo:	---
Fecha de toma de muestra*:	2025-12-04	Temperatura ambiental del muestreo:	---°C
Ubicación del muestreo*:	---	Humedad relativa del muestreo:	---%

*Datos proporcionados por el cliente

Fecha de recepción:	2025-12-11	Fecha de emisión del informe:	2025-12-12
Fecha de inicio de ensayo:	2025-12-11	Temperatura ambiental:	20,7 °C
Fecha de fin. de ensayo:	2025-12-12	Humedad relativa ambiental:	42 %

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Solubilidad en agua (25°C)	Gravimetría	ml de colorante/100 ml de agua	93,4



Firmado electrónicamente por:
**ANDREA ESTEFANIA
ORDONEZ CARRERA**
Validar electrónicamente con Firmat!

Gerente General

Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal y como es recibida en el laboratorio.
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio.
ANDESLAB no se hace responsable por la información proporcionada por el cliente.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

La Razón Social de laboratorio es
Lidia Aida Taipe Galarza con
Nombre Comercial AndesLab.

Av. Simón Bolívar N2-34 y Rafael Pérez Pareja
(02) 2 314 119/ 0999 2789065
informes@andeslaboratorios.com
www.andeslaboratorios.com

FG-01-05
Versión 04: 2025-03-05

