



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
TESIS

**EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE SUBPRODUCTO DE SAÚCO (*Sambucus nigra L.*)
USANDO SOLVENTE VERDE: efecto de las variables de proceso en el rendimiento del
colorante y el contenido de antocianinas**

Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INNOVACIÓN ALIMENTARIA

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

OBJETIVO 3: SALUD Y BIENESTAR

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

2.11.01 (ALIMENTOS Y BEBIDAS)

PRESENTADO POR:

MAX ANTONY LAGUNA BERNARDO

(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0428-099X>)

ASESOR

DR. TAMARA TAMARIZ STALEIN JACKSON

(ORCID; 0000-0003-2720-3724)

CO – ASESOR:

DR. CORNELIO SANTIAGO HEBER PELEG

(ORCID: 0000-0003-2261-7004)

Pampas – Perú

2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	
Expediente N° 4-2025-UNAT/FI-EPIIA	Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo", ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día 17 de junio del 2025, a las 11:30 horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Comisión Organizadora N° 235-2023-CO-UNAT de 25 de julio del 2023, con el propósito de llevar a cabo el Acto de Sustentación de la tesis de Titulación Profesional:

**"EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE SUBPRODUCTO DE SAUCO (SAMBUCUS NIGRA L.)
USANDO SOLVENTE VERDE: EFECTO DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN EL
RENDIMIENTO DEL COLORANTE Y EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS"**

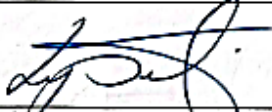
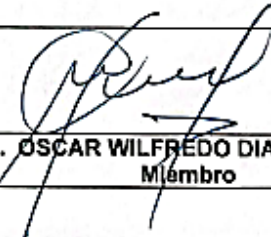
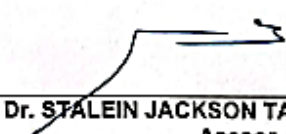
Dicha tesis ha sido presentada por el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **MAX ANTONY LAGUNA BERNARDO** y asesorado por el docente Dr. **STALEIN JACKSON TAMARA TAMARIZ** adscrito al Departamento Académico de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara: Aprobado, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, con la calificación de 15, que corresponde a la condición²: Bueno.

En consecuencia, el sustentante:

- Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.
- NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 12:45 horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

	
Dra. LUCÍA RUTH PANTOJA TIRADO Presidente	Dr. OSCAR WILFREDO DIAZ GAMBOA Miembro
	
Dr. STALEIN JACKSON TAMARA TAMARIZ Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.

UNAT

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Ley de Creación N° 29716



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 006-2025

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que la tesis titulada: "EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE SUBPRODUCTO DE SAÚCO (*Sambucus nigra* L) USANDO SOLVENTE VERDE: efecto de las variables de proceso en el rendimiento del colorante y el contenido de antocianinas", desarrollado por el bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias alimentarias MAX ANTONY LAGUNA BERNARDO, asesorado por el DR. TAMARA TAMARIZ STALEIN JACKSON, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de quince (15 %) el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 06 de junio de 2025



Dr. Gino Paul Prieto Rosales
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

<https://unat.edu.pe/>



mesadepartes@unat.edu.pe

OFICINA ADMINISTRATIVA:
J. Bolognes N° 418 - 418 - Pampas - Tayacaja - Huancavelica.

OFICINA DE ADMISIÓN:
J. Lima, Vicosha con J. Bolognes, Pampa Privada
Pampas - Tayacaja - Huancavelica.

LOCAL ACADÉMICO:
Calle Pampa (309) metros al J. Alonso Ugarte,
Dpto. Huancavelica - Tayacaja - Huancavelica.

AGRADECIMIENTO

Con profundo sentir quiero agradecer a Dios por ser mi fortaleza y guía a lo largo de este proceso, a mi familia, especialmente a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental para alcanzar esta meta. Expreso mi más profunda estima y gratitud a mi asesor de tesis, DR. TAMARA TAMARIZ STALEIN JACKSON, y a mi co-asesor, DR. HEBER PELEG CORNELIO SANTIAGO, por su infinita paciencia, su invaluable guía y orientación. Sus conocimientos y consejos lograron ser de suma importancia para el éxito de esta investigación. igual manera quiero reconocer el apoyo de los técnicos de laboratorio de la UNAT, y sobre todo a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”.

DEDICATORIA

A mis padres, Ana María Bernardo de la Cruz y José Luis Laguna Córdova, familiares y amigos, cuya incondicionalidad y sacrificio han sido mi mayor motivación. Su amor y apoyo me han permitido alcanzar esta meta gracias por escucharme, animarme y celebrar conmigo cada logro. Gracias por estar siempre a mi lado y creer en mí siempre.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	2
II. MARCO TEÒRICO.....	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1 Sauco (Sambucus nigra L.)	6
2.2.2 Taxonomía y morfología.....	6
2.2.3 Características botánicas	6
2.2.4 Producción a nivel nacional	9
2.2.5 Subproductos Alimentarios	9
2.2.6 Composición química.....	10
2.2.7 Composición nutricional	10
2.2.8 Compuestos bioactivos presentes en el sauco (Sambucus nigra L.)	11
2.2.9 Colorantes Naturales	15
2.2.10 Extracción por solventes	16
2.2.11 Relación: sólido/solvente	16
2.2.12 Cambios inducidos por la temperatura en antocianinas	17
III. METODOLOGÌA	18
3.1 Tipo y nivel de la investigación	18
3.2 Desarrollo de variables	18
3.2.1 Diseño experimental de tratamientos	18
3.3 Población y muestra.....	20
3.4 Procedimiento de la investigación	21
3.4.1 Obtención de la materia prima	22

3.4.2 Obtención de sub producto de Sauco variedad (<i>Sambucus nigra</i> L.).....	23
3.4.3 Análisis proximal de sub producto de sauco.....	25
3.4.4 Obtención de extractos de sub producto de sauco.....	25
3.4.5 Cuantificación de contenido de antocianinas.....	27
3.4.6 Determinación del rendimiento de antocianinas de sub producto de sauco.....	28
3.5 Técnica e Instrumentos.....	28
3.5.1 Materiales.....	29
3.5.2 Equipos e Instrumentos.....	30
3.5.3 Reactivos.....	30
3.6 Análisis Estadístico.....	31
3.6.1 Hipótesis estadísticas.....	31
3.6.2 Estadístico.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
4.1 Análisis proximal de sub producto de sauco fresco.....	33
4.2 Determinación de antocianinas en sub producto de sauco.....	34
4.2.1 Análisis de Varianza para el contenido de antocianinas.....	35
4.2.2 Interacción y efectos principales.....	36
4.3 Determinación del rendimiento de antocianinas.....	37
4.3.1 Análisis de varianza del rendimiento.....	38
4.3.2 Interacción y efectos principales.....	39
V. DISCUSIÓN.....	40
5.1 Análisis proximal de sub producto de sauco fresco.....	40
5.2 Efecto de la temperatura en el contenido de antocianinas.....	41
5.3 Efecto de la relación solido/solvente en la eficiencia de extracción.....	42
5.4 Interacción entre la temperatura y relación solido/solvente.....	42
5.5 Rendimiento de la extracción.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. REMCOMENDACIONES.....	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48
IX. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de fibra, minerales y aminoácidos presentes en el sauco.....	10
Tabla 2. Composición proximal del sauco por 100 gramos.....	11
Tabla 3. Esquema del diseño factorial 3^2	19
Tabla 4. Orden de tratamientos del diseño factorial 3^2	19
Tabla 5. Hipótesis nula.....	30
Tabla 6. Hipótesis Alternativa.....	31
Tabla 7. Análisis proximal de sub producto de sauco (<i>Sambucus Nigra</i> L.)	33
Tabla 8. Contenido de antocianinas (cianidina 3-glucòsido (mg/kg)	34
Tabla 9. Información del factor contenido de antocianinas	35
Tabla 10. Análisis de varianza para el contenido de antocianinas.....	35
Tabla 11. Rendimiento de antocianinas de subproducto de sauco.....	37
Tabla 12. Información del factor rendimiento.....	38
Tabla 13. Análisis de varianza para el rendimiento	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de <i>Sambucus nigra</i> L.....	7
Figura 2. Bayas de sauco (<i>Sambucus Nigra</i>) L	8
Figura 3. Estructura de la antocianina - 3 O- glucósido	12
Figura 4. Principales propiedades bioactivas atribuidas a las antocianinas	13
Figura 5. Diagrama resumen de las actividades según la metodología	21
Figura 6. Ubicación geográfica del Anexo de Colca, distrito de Acraquia, Provincia Tayacaja- Región Huancavelica	22
Figura 7. Diagrama de flujo, obtención de subproductos de sauco	24
Figura 8. Diagrama de flujo, obtención de extractos de subproductos de sauco (<i>Sambucus Nigra</i> L.).....	27
Figura 9. Efectos principales para el contenido de antocianinas	36
Figura 10. Efectos de interacción para el contenido de antocianinas	37
Figura 11. Efectos principales para el rendimiento	39
Figura 12. Efectos de interacción para el rendimiento	40

Resumen

Las bayas de saúco (*Sambucus nigra L.*) contienen compuestos bioactivos de alto valor, entre los que destacan las antocianinas hidrosolubles, siendo la cianidina-3-glucósido una de las más representativas. Estas sustancias se concentran en mayor proporción en los subproductos del fruto, como las cáscaras y semillas, los cuales representan aproximadamente el 22 % del peso total del saúco y son comúnmente descartados. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y la relación sólido/solvente sobre el rendimiento y el contenido de antocianinas extraídas a partir de estos subproductos. Para lo cual se empleó un diseño factorial 3^2 , considerando tres niveles de temperatura (40, 60 y 80 °C) y tres proporciones sólido/solvente (1:5, 1:10 y 1:15 g/mL). La extracción se realizó mediante ultrasonido, utilizando un solvente etanol/agua (50:50) acidificado a pH 2.5. El contenido de antocianinas se cuantificó por el método del pH diferencial y el rendimiento se calculó en función de la concentración obtenida. Los resultados mostraron que la temperatura de 60 °C y la relación 1:15 g/mL generaron el mayor contenido de antocianinas (855.88 mg/kg) y el mayor rendimiento (26.53 $\mu\text{mol/mL}$). Se determinó mediante ANOVA que ambos factores y su interacción influyen significativamente ($p < 0.05$) en las variables respuesta. Se concluye que existe una condición adecuada de la extracción de colorantes naturales, lo cual promueve el aprovechamiento sostenible de subproductos agroindustriales. Este estudio respalda la viabilidad del uso del subproducto de saúco como fuente de pigmentos naturales para las industrias alimentaria.

Palabras Clave: *Sambucus Nigra L.*, sub producto, extracción, antocianinas, rendimiento,

Abstract

Elderberries (*Sambucus nigra L.*) contain high-value bioactive compounds, among which water-soluble anthocyanins stand out, with cyanidin-3-glucoside being one of the most representative. These compounds are found in higher concentrations in the fruit's by-products, such as peels and seeds, which account for approximately 22% of the total weight of the elderberry and are commonly discarded. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of temperature and solid/solvent ratio on the yield and anthocyanin content extracted from these by-products. A 3² factorial design was employed, considering three temperature levels (40, 60, and 80 °C) and three solid/solvent ratios (1:5, 1:10, and 1:15 g/mL). Extraction was carried out using ultrasound-assisted extraction, with a 50:50 ethanol/water solvent acidified to pH 2.5. Total anthocyanin content was quantified using the pH differential method, and yield was calculated based on the concentration obtained.

The results showed that 60 °C and a 1:15 g/mL ratio produced the highest anthocyanin content (855.88 mg/kg) and the greatest yield (26.53 µmol/mL). ANOVA revealed that both factors and their interaction had a statistically significant influence ($p < 0.05$) on the response variables. It is concluded that there is an optimal condition for the extraction of natural colorants, which promotes the sustainable use of agro-industrial by-products. This study supports the feasibility of using elderberry by-products as a source of natural pigments for the food industry.

Key words: *Sambucus Nigra L.*, sub product, extraction, anthocyanins, yield

I. INTRODUCCIÓN

El sauco (*Sambucus nigra* L.) una especie altamente adaptable a una gran diversidad de condiciones climáticas, desde las regiones templadas de Europa hasta las subtropicales de América (Waswa et al., 2022; Fu et al., 2020). En el Perú se cultiva de manera óptima en regiones templadas y los andes peruanos entre los 2800 y 3900 msnm. Árbol ancestral también denominado en el idioma quechua como rayan, layan o arrayán (Galan et al., 2020; Asale, 2020). Sus frutos son bayas pequeñas, poseen una forma esférica similar a la estructura de la uva (Tomas, 2019; Ferreira et al., 2020). Agrupados en racimos colgantes, poseen drupas redondeadas y de color púrpura oscuro con un ligero aroma, dentro de ellas contiene semillas comprimibles (Waswa et al., 2022). En ellas se identificaron alrededor de 425 constituyentes secundarios, incluidos compuestos fenólicos, ácidos grasos y pectinas. Los metabolitos más abundantemente aislados en el sauco fueron los compuestos fenólicos, antocianinas y terpenoides (Fu et al., 2020). Dichos niveles elevados de antocianinas reaccionan como antioxidantes de forma natural, actuando como una defensa efectiva contra el daño ocasionado por los radicales libres y las enfermedades degenerativas (Rojas et al., 2021; Teixeira et al., 2022). Su vistoso color azul púrpura se atribuye a las antocianinas presentes en esta fruta, cabe recalcar que la mayor parte de los compuestos bioactivos se encuentran en la parte no comestible de los frutos como la piel y semillas (Casati et al., 2019; Ahl, 2023). Denominados como subproductos de sauco (cáscaras y semillas), a menudo considerados como desechos, contienen compuestos importantes en antocianinas que pueden usarse como colorantes naturales (Kitrytė et al., 2019). Sin embargo, la extracción eficiente de estos compuestos bioactivos es un desafío, puesto que existen factores determinantes como la acción de la temperatura y la cantidad de solvente por muestra (Pangestu, 2020). Así también, el uso adecuado de solventes para una adecuada extracción es importante, por ello los solventes verdes como alternativa para la extracción de colorantes es una opción más afable con el medio ambiente a diferencia de los solventes tradicionales como el metanol, acetona y acetato de etilo (Pascariu et al., 2024). En ese contexto, la industria alimentaria a nivel nacional procesa el sauco, generando sub productos con un gran potencial para su uso comercial (Ferreira et al., 2020). No obstante, existen muy pocos estudios con respecto a extracción de colorante de subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.) utilizando solventes verdes. Dada la relevancia de los aspectos anteriormente mencionados, se presenta la siguiente problemática: ¿Cuál será el efecto de la temperatura de extracción y la relación: solido/solvente en el rendimiento de colorante y contenido de

antocianinas de subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.)? Y se plantea la hipótesis general: La temperatura de extracción de colorante y la relación: solido/solvente afecta de manera significativa en el rendimiento y el contenido de antocianinas totales de los subproductos de sauco. Así mismo, el objetivo general de la investigación es evaluar el efecto de las variables de proceso de extracción (temperatura y la relación: solido/solvente) sobre el rendimiento del colorante y el contenido de antocianinas totales de subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.) utilizando solventes verdes (agua y etanol). Como objetivos específicos: a) Recolectar bayas de sauco fresco (*Sambucus nigra* L.) y obtener subproducto (cascaras y semillas), provenientes del anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja, región Huancavelica. b) Determinar la composición proximal del subproducto de sauco. c) Extraer colorante acuoso de antocianinas a partir de subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.) utilizando un equipo de baño por ultrasonido. d) Cuantificar el contenido de antocianinas del colorante extraído de los sub productos de sauco mediante el método de pH diferencial. e) Determinar el rendimiento de las antocianinas del colorante extraído a partir de subproductos de sauco. Los resultados de la presente investigación contribuyen a brindar información sobre el efecto de la temperatura de extracción y la relación: sólido/solvente, sobre el contenido de antocianinas y el rendimiento de colorante de subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.) utilizando solventes verdes, dirigidas a empresas involucradas a la transformación del sauco, promoviendo el aprovechamiento íntegro del fruto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El sauco (*Sambucus nigra* L.), con su alto contenido de antioxidantes, ha sido consumido por generaciones por la población andina. En la última década ha cobrado relevancia en la producción industrial, lo que ha dado lugar a subproductos con un gran potencial para ser aprovechados de manera más eficiente (Galán de Mera et al., 2020). Estos subproductos pueden ser reutilizados para crear productos de alto valor añadido, ya que contienen compuestos bioactivos, como las antocianinas, que ofrecen numerosos beneficios para la salud (Bertolo et al., 2023). Sin embargo, existe poca información científica sobre el efecto de la temperatura y la relación: sólido/solvente sobre el contenido de antocianinas y el rendimiento del colorante extraído a partir de subproductos de sauco (*Sambucus nigra* L.) usando solventes verdes. Aunque hay una cantidad considerable de estudios sobre la extracción de antocianinas y compuestos bioactivos del fruto entero, muy pocos se enfocan en los subproductos del sauco.

Rojas et al. (2019) en su investigación, estudiaron el bagazo de cuatro bayas peruanas, entre ellas *Sambucus peruviana* Kunth, evaluando la capacidad antioxidante, el contenido fenólico total y los compuestos fenólicos presentes tanto en la pulpa como en el bagazo. El contenido fenólico total en los extractos acuosos de sauco se determinó siguiendo el método de Folin-Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante se midió utilizando los métodos ABTS y DPPH. La cuantificación de los compuestos fenólicos se realizó mediante un sistema de cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC). Los resultados indicaron que las cuatro bayas cultivadas en la región de Amazonas, Perú, son una fuente rica en compuestos antioxidantes, concentrados principalmente en el bagazo. El bagazo de sauco presentó mayor contenido fenólico total y capacidad antioxidante en comparación con la pulpa y el bagazo de las otras bayas, mostrando una fuerte correlación positiva entre ambas propiedades bioactivas. Además, el bagazo de sauco contenía las mayores concentraciones de catequina (153.32 ± 0.79 $\mu\text{g/gfw}$), ácido clorogénico (509.71 ± 1.11 $\mu\text{g/gfw}$), ácido cafeico (44.50 ± 1.23 $\mu\text{g/gfw}$) y ácido p-cumárico (58.13 ± 0.12 $\mu\text{g/gfw}$).

Un estudio realizado por Tomás (2019) evaluó la estabilidad del extracto acuoso de antocianinas obtenido a partir de la cáscara de sauco de la variedad *Sambucus peruviana* Kunth, utilizando extracción asistida por microondas. La investigación se

desarrolló mediante un enfoque experimental, que incluyó la cuantificación de antocianinas mediante el método de pH diferencial y la evaluación de la capacidad antioxidante por el método DPPH.

Los resultados permitieron determinar las condiciones óptimas de extracción: 10 minutos de homogeneización, uso de etanol al 50 % como solvente, una proporción materia prima/solvente de 1:15, irradiación durante 90 segundos y una potencia de 700 vatios. Bajo estos parámetros, se obtuvo un contenido de 270.27 ± 0.00 mg/100 ml. de antocianinas, 101.16 ± 0.00 mg/100 ml. de compuestos fenólicos y un rendimiento total de $50 \mu\text{mol}/100$ ml.

Asimismo, se evidenció que el extracto mostró una mayor estabilidad en cuanto al contenido de antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante cuando fue almacenado a una temperatura de 4°C y un pH de 2.5, condiciones que favorecen la conservación de sus propiedades bioactivas.

Por otro lado, el estudio realizado por Vásquez et al. (2024) evaluó diferentes métodos de extracción de pigmentos antocianínicos a partir de la coronta de maíz morado (*Zea mays* L.), aportando información relevante para su posible aplicación en la industria alimentaria y de colorantes naturales. El objetivo principal de esta investigación fue comparar cuatro técnicas de extracción, haciendo especial énfasis en el método de extracción sólido/líquido. Para ello, se analizaron parámetros críticos como la relación soluto/solvente, el pH del medio, la temperatura y el tiempo de extracción, a fin de determinar las condiciones más eficientes. Los resultados indicaron que, entre los métodos evaluados, la extracción sólido/líquido fue la más efectiva para obtener antocianinas a partir de la coronta de maíz morado. En particular, la extracción asistida por ultrasonido, empleando una solución de agua y etanol al 20%, con una relación soluto/solvente de 1:15 (g/mL), pH 2.5, temperatura de 60°C y un tiempo de 15 minutos, permitió alcanzar los mayores niveles de eficiencia y rendimiento en la recuperación de antocianinas, consolidándose como una alternativa viable y sustentable para aplicaciones industriales.

Estos estudios resultan relevantes para la presente investigación, ya que proporciona información detallada sobre los parámetros de extracción y las condiciones que favorecen la estabilidad de las antocianinas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sauco (*Sambucus nigra* L.)

Originario de Europa, *Sambucus nigra* L. evolucionó y se adaptó al ambiente andino desde el Plioceno. También tuvo una gran importancia en la cultura incaica, donde era cultivado y utilizado medicinalmente, se refleja en su nombre quechua, “Rayan”. Este término, con múltiples acepciones, evidencia la profunda conexión entre las plantas y las sociedades andinas (De Mera et al., 2020). Esta especie se distribuye ampliamente desde Argentina hasta Costa Rica, prosperando en los Andes peruanos entre los 2800 y 3900 msnm. Requiere abundantes lluvias (1000-2000 mm/año), suelos fértiles y ácidos. Se cultiva con éxito en diversas regiones peruanas, como Apurímac, Junín, Huancavelica y Cusco, donde sus frutos son consumidos localmente y cada vez más demandados en mercados especializados. (Paucar 2014).

2.2.2 Taxonomía y morfología

Según la jefatura de del herbario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos mediante constancia N.º 122-USM-MHN-2023 (Anexo 3) deja en conocimiento que la muestra de sauco de la presente investigación ha sido estudiada y clasificada como: *Sambucus nigra* L. y tiene la siguiente posición taxonómica:

ORDEN: Dipsacales

FAMILIA: VIBURNACEAE

GENERO: *Sambucus*

ESPECIE *Sambucus nigra* L.

Nombres comunes: Saúco, Rayan, Alayán (De Mera et al., 2020).

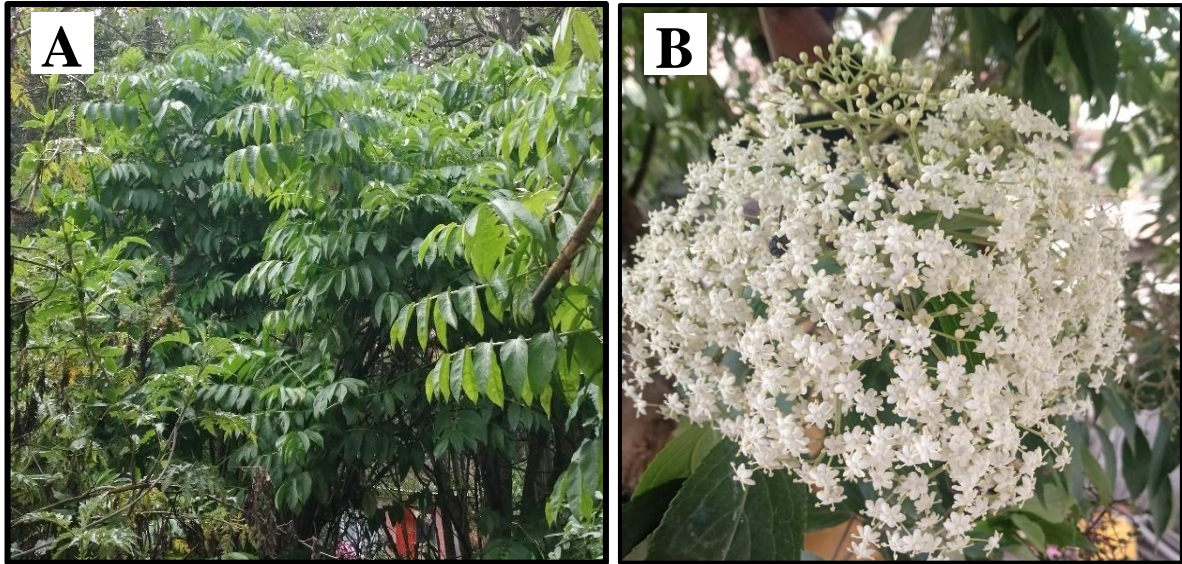
2.2.3 Características botánicas

El sauco también cultivado como planta ornamental debido a los atractivos colores de su follaje. Por acción de los pájaros sus semillas se propagan rápidamente colonizando los bordes de los bosques y zonas cercanas a ríos y carreteras. El sauco puede alcanzar una altura entre 4 y 6 metros. Sus ramas suelen ser arqueadas (Fig. 1A), con medula porosa blanca, y presentan hojas en forma de sierra lisa. Las flores son de color blanco, pequeñas hermafroditas, dispuestas en grandes corimbos (Fig. 1B), se producen desde la primavera

hasta el verano (Desde septiembre hasta el mes de marzo en la provincia de Tayacaja). La maduración de las bayas se produce hasta finales del verano (Ferreira et al. (2020).

Figura 1.

Morfología de (Sambucus nigra L.)



Nota. Morfología del arbusto variedad *S. nigra* L. (A). *S. nigra* L. en fase de floración (B). Provenientes del Anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja – Huancavelica

2.2.3.1 Fruto

El fruto del sauco es una drupa globosa de aproximadamente 5-6 mm de diámetro. Su pericarpio, inicialmente verde, experimenta una coloración progresiva hacia tonos violeta oscuro y azulados durante su maduración (Fig. 2), poseen racimos que suelen pesar entre 180 a 415 gramos (Busso, 2019). La composición nutricional de las bayas de sauco se destaca por su alto contenido de agua (71-78%), fibra dietética (pectina, pectinato de calcio y celulosa) y minerales esenciales como son: Potasio, fosforo, hierro, zinc, magnesio y manganeso, entre los que destacan el magnesio (25,99 mg/100g y calcio 28,06 mg/100g). Así mismo, contiene vitamina C (6,11 a 116,7 mg/100 g (Ferreira et al. (2020).

Figura 2.

Bayas de sauco variedad (Sambucus nigra L.)



Nota. Sauco (*Sambucus nigra* L.) bayas maduras provenientes Anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja – Huancavelica

2.2.3.2 Piel o cáscara (*Sambucus Nigra* L.)

La piel del fruto es una membrana fina que envuelve al sauco, es una verdadera despensa de compuestos bioactivos. En ella se encuentran sustancias aromáticas y pigmentos, como la cianidina, que aportan color y sabor al fruto. La cantidad e intensidad de estos pigmentos, influyen directamente en la apariencia y atractivo visual del fruto (Esteward, 2023). Específicamente en la cáscara del sauco se encuentran una gran cantidad de antocianinas y pigmentos fenólicos solubles en agua, estos son los responsables de la coloración roja, morada y azul en numerosos tejidos vegetales. Estos compuestos, sintetizados como metabolitos secundarios, se encuentran en hojas, raíces, flores y frutos. (Bueno et al., 2012).

2.2.3.3 Maduración (*Sambucus Nigra* L.)

La madurez de las bayas de sauco se distingue por su color y la facilidad con que se separan del racimo. En principio presentan una tonalidad verde, luego pasan a un tono marrón verdoso y finalmente adquieren un color morado intenso con pulpa de tono violeta. Las semillas, en su mayoría, son pequeñas e infértiles. Cuando alcanzan su madurez

completa, las bayas contienen la mayor cantidad de azúcar y una menor proporción de ácidos. (Pascariu et al., 2024).

2.2.4 Producción a nivel nacional

En Perú, la producción principal de sauco se concentra en las regiones de Huancavelica, Junín, Ancash y Apurímac. Siendo relevante para las pequeñas industrias rurales que utilizan su fruto (Tomas 2019). Para el año 2022 se reportaron a nivel nacional una producción de 333 toneladas de sauco, cultivadas en un área de 76 hectáreas donde el rendimiento promedio a nivel nacional fue de 4.372 toneladas por hectárea. Siendo Apurímac y Junín los departamentos que destacan como las principales regiones productoras de sauco en Perú, con 247 y 86 toneladas producidas, respectivamente. Junín presenta el mayor rendimiento por hectárea (6.631 t/ha), mientras que Apurímac tiene un rendimiento de 3.908 t/ha (MIDAGRI, 2022).

2.2.5 Subproductos Alimentarios

Los subproductos alimentarios son materiales residuales o secundarios generados durante las etapas de procesamiento y preparación de alimentos, que originalmente no estaban destinados al consumo humano. Entre ellos se incluyen partes como semillas, cáscaras, raíces, tallos, restos de pulpa y bagazo. A pesar de su alto contenido nutricional y funcional, estos subproductos suelen ser desechados por la industria alimentaria (Gómez et al., 2021). En los últimos años, la valorización de los compuestos bioactivos presentes en estos subproductos, ha cobrado gran relevancia dentro de la investigación alimentaria, al representar una alternativa sostenible que promueve una alimentación más saludable. Además, constituye una opción económicamente viable para las empresas del sector, siempre que se implementen tecnologías eficientes y respetuosas con el medio ambiente (Mohammadnezhad et al., 2023). Numerosos estudios han evidenciado que los subproductos alimentarios son fuentes importantes de compuestos bioactivos como ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides y vitamina C. Gracias a sus propiedades antioxidantes, estos compuestos han sido incorporados exitosamente en el desarrollo de alimentos funcionales, contribuyendo así al aprovechamiento integral de materias primas y a la innovación en la industria alimentaria (Marcillo et al., 2021). Además, posee efectos antioxidantes, antidiabéticos, antihipertensivos y antimicrobianos, estos compuestos tienen

un importante potencial preventivo frente a enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo, como las enfermedades crónicas.

2.2.6 Composición química

Dentro de la composición química de las bayas de saúco se encuentran principalmente minerales como el potasio, fósforo, calcio, sodio, magnesio, hierro y manganeso, de igual manera presenta un contenido de ácido ascórbico y fibra (Ferreira et al. (2020). La composición química de las bayas de sauco, además de poseer glucósidos y antocianinas, contienen ácido vibúrnico, aceite volátil y tirosina. Hasta el momento, se han identificado más de 60 componentes diferentes en los frutos de sauco (Busso 2019). En la Tabla 1 se muestra el principal contenido mineral y de fibra en bayas de sauco variedad (*Sambucus Nigra L.*).

Tabla 1

Contenido de fibra, minerales y ácido ascórbico presentes en el sauco (mg/kg).

Contenido de fibra (%)		Minerales (mg/kg)		Ácido ascórbico (mg/kg)
Pectina:	0.159	K:	3910.33	340,10
Ácido pectínico:	0.229	P:	540.00	
Protopectina:	0.041	Ca:	280.06	
Pectinato de calcio:	1.530	Na:	20.17	
Celulosa:	1.650	Mg:	250.99	
		Fe:	10.86	
		Mn:	2.70	

Nota: Adaptado de (Ferreira et al. (2020).

2.2.7 Composición nutricional

El sauco fresco contiene aproximadamente un 8.5% de materia seca y un 91.5% de agua. En cuanto a su contenido proteico es comparable al de otros frutos como los arándanos que representan menos del (10 %) y presenta un bajo contenido de lípidos. Además,

constituyen una fuente importante de diversos micronutrientes los cuales tienen una función vital en la prevención de enfermedades inducidas por radicales libres (De Mera et al., 2020).

Tabla 2

Composición nutricional del sauco por 100 gramos de porción comestible.

COMPONENTES	VALOR (%)
pH	4.0
Humedad (g)	91.5
Materia Seca (g)	8.5
Proteína (g)	1.5
Fibra (g)	1.7
Grasa (g)	0.3
Ceniza (g)	0.9
Nifex (g)	4.2
Calcio (mg)	30.6
Fósforo (mg)	23.0
Hierro (mg)	2.0
Vitamina C (mg)	17.8

Nota. Adaptado de (De Mera et al., 2020).

2.2.8 Compuestos bioactivos presentes en el sauco (*Sambucus nigra L.*)

El saúco contiene dos antocianinas principales, la cianidina-3-O-glucósido y cianidina-3-O-sambubiósido, junto con otros flavonoides como la isoquercetina. Estos compuestos polifenólicos son valorados por sus propiedades saludables, como su capacidad antioxidante y su potencial anticancerígeno. El saúco se caracteriza por su elevado contenido de compuestos antioxidantes y vitamina C, los cuales han sido asociados con el fortalecimiento del sistema inmunológico, principalmente por su capacidad de estimular la producción de citoquinas (Kilham, 2000; Pascariu et al., 2024).

Debido a la abundancia de fitoquímicos en las bayas y a sus fuertes propiedades antioxidantes, se promueve su uso como suplementos dietéticos en forma de concentrados, jugos e infusiones. Estudios han revelado que los extractos de saúco no solo poseen propiedades antioxidantes, sino que también muestran potencial antiinflamatorio,

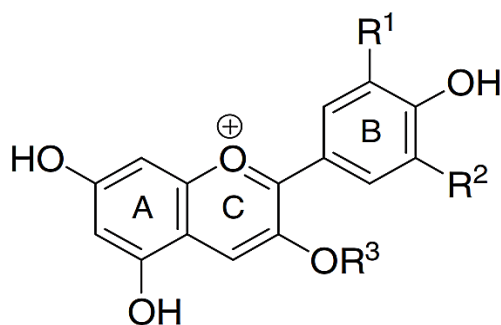
inmunoestimulante y quimiopreventivo. Por lo tanto, los fitoquímicos presentes en las bayas de saúco podrían desempeñar un papel crucial en la prevención de diversas enfermedades degenerativas, cardiovasculares e inflamatorias (Silva et al., 2017).

2.2.8.1 Antocianinas

Las antocianinas son metabolitos secundarios pertenecientes a la clase de compuestos flavonoides, una subfamilia de los antioxidantes fenólicos o polifenólicos. Estas moléculas bioactivas están presentes en diversos tejidos vegetales y se encuentran ampliamente distribuidas en alimentos de origen vegetal. Su estructura incluye anillos aromáticos conectados por átomos de carbono en un heterociclo oxigenado, con un cromóforo básico caracterizado por el ion 7-hidroxi-flavilio. (Bueno et al., 2012). Poseen características, inodoras e insípidas, también ofrecen beneficios tanto para las plantas como para los seres vivos, incluyendo a los humanos. Su presencia en alimentos como bayas, uvas, manzanas, rábanos y repollo rojo es fácilmente identificable por su color característico (Asale, 2020).

Figura 3

Estructura de la antocianina 3-O-glucosido



Nota. Estructura de la antocianina 3-O-glucosido Fuente: (Bueno et al., 2012).

Además, las antocianinas tienen la capacidad de donar hidrógeno eficazmente debido a su carga positiva, la cantidad y disposición de grupos hidroxilo aromáticos, el nivel de conjugación estructural y la presencia de sustituyentes que influyen en la donación y aceptación de electrones en la estructura del anillo. Estos compuestos pueden ceder protones

fácilmente a radicales libres altamente reactivos, previniendo así la formación de más radicales. Esta acción protege las células contra el daño oxidativo, que está asociado con el envejecimiento y diversas enfermedades y trastornos neurológicos (Waswa et al., 2022).

Figura 4

Principales propiedades bioactivas atribuidas a las antocianinas



Nota. Se muestra en la figura las principales propiedades bioactivas relacionadas a antocianinas Fuente: (Waswa et al., 2022).

2.2.8.2 Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia química capaz de inhibir o retardar los procesos de oxidación que afectan a un sustrato oxidable, el cual puede ser de naturaleza orgánica o inorgánica. En el contexto de la industria alimentaria, se entiende como antioxidante a cualquier compuesto que, en concentraciones específicas, contribuya a prevenir la oxidación de los componentes de los alimentos, lo que permite reducir su deterioro y extender su vida útil (Zeb, 2020).

De acuerdo a su método de acción, los antioxidantes se clasifican en primarios y secundarios. Los antioxidantes primarios, caracterizados por su capacidad de donar un átomo de hidrógeno o un electrón, interrumpen la propagación de la reacción en cadena oxidativa, siendo los compuestos fenólicos un ejemplo representativo, estos son altamente efectivos y requieren pequeñas cantidades para contrarrestar numerosos radicales libres

debido a su capacidad catalítica y fácil regeneración (Campo & Ramírez, 2021). Por otro lado, los antioxidantes secundarios actúan desactivando catalizadores prooxidantes, como los agentes quelantes de iones metálicos, entre ellos el ácido cítrico y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Campo & Ramírez, 2021).

2.2.8.3 Radicales Libres

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que presentan uno o más electrones desapareados en su estructura, lo que les confiere una alta reactividad y les permite existir de forma independiente. Estos compuestos pueden generarse a través de distintos mecanismos, tales como reacciones homolíticas, heterolíticas o procesos de tipo redox. Entre los principales precursores de radicales libres se encuentran compuestos como el ácido nitroso, el ozono, los óxidos nítricos, el peróxido de hidrógeno, el oxígeno singlete y el hipoclorito. Estas sustancias se agrupan dentro de las denominadas especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), capaces de originar una variedad de radicales libres, tales como radicales lipídicos, anión superóxido, radical hidroxilo, hidroperoxilo, peroxilo, óxido nítrico y catión nítrico (Zeb, 2020).

Las reacciones de los radicales libres se desarrollan a través de un proceso secuencial que comienza con una fase de iniciación, en la cual se genera un radical libre. Esta especie reactiva inicia una cadena de reacciones en la etapa de propagación, al interactuar con otras moléculas, generando nuevos radicales. Finalmente, el proceso culmina con la etapa de terminación, donde los radicales libres se combinan entre sí o con otras especies, formando compuestos estables o no radicalarios. La formación de estas especies reactivas puede derivarse de diversos tipos de sustratos, como lípidos, proteínas, carbohidratos, compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, e incluso átomos metálicos. Aunque la generación de radicales libres es un proceso fisiológico normal en el metabolismo celular, su acumulación en niveles excesivos puede alterar las rutas bioquímicas naturales, generando un estado de estrés oxidativo. Este desequilibrio está vinculado tanto al envejecimiento celular como al deterioro de los alimentos durante su almacenamiento y procesamiento (Gupta et al., 2020).

2.2.8.4 Uso de los Antioxidantes en Productos Alimentarios

Los antioxidantes son fundamentales para preservar productos alimenticios, dado que contrarrestan los efectos perjudiciales de la oxidación, causados generalmente por la exposición al oxígeno. Los antioxidantes naturales no solo ralentizan o impiden la formación

de especies reactivas en los alimentos, sino que su ingesta elevada también puede reducir los procesos oxidativos dentro del cuerpo, proporcionando protección frente a diversas enfermedades (Zeb, 2020).

Los antioxidantes de origen natural, como el α -tocoferol, la vitamina C y diversos compuestos fenólicos presentes en el tejido de frutas y vegetales, desempeñan un papel importante en la prevención del daño oxidativo (Cudennec et al., 2012). Estos antioxidantes dietéticos actúan a través de diferentes mecanismos, entre los que se incluyen la neutralización de radicales libres en proceso de formación, la protección de estructuras celulares frente al daño oxidativo y la regulación de los niveles de estas especies reactivas una vez que el daño ha sido iniciado.

Su incorporación en alimentos puede realizarse de manera directa o indirecta. En el primer caso, se añaden en concentraciones específicas con el objetivo de evitar la oxidación de lípidos y grasas en el producto final. En el segundo caso, los antioxidantes son incorporados junto con ingredientes que, por su composición, requieren protección frente a la oxidación, contribuyendo así a prolongar la estabilidad y calidad del alimento procesado (Paseto et al., 2018).

2.2.9 Colorantes Naturales

La diversidad de colores observada en los tejidos vegetales se debe a la presencia de distintos compuestos pigmentarios, entre los que destacan los carotenoides, betalaínas, antocianinas y clorofilas. Aunque estas representan las principales familias de pigmentos vegetales, también existen otros menos frecuentes que contribuyen a la coloración en determinadas especies. La concentración y distribución de estos compuestos varía según la parte de la planta en la que se encuentren, como hojas, flores, frutos o raíces. Si bien su efecto visual es evidente y genera una amplia gama de tonalidades, su relevancia biológica va más allá del color. En muchos casos, estos pigmentos desempeñan funciones ecológicas esenciales, como la atracción de polinizadores y dispersores de semillas, lo que favorece la reproducción y supervivencia de las especies vegetales (Tomás, 2019).

Los colorantes naturales se caracterizan por ser menos agresivos para la salud en comparación con los colorantes sintéticos y por su aceptación entre los consumidores. Se clasifican en varias categorías según su origen: carotenoides, responsables de colores amarillos y naranjas, antocianinas, responsables de colores rojos, púrpuras y azules. Por otro lado, las clorofilas aportan el color verde. Dada la creciente búsqueda de alimentos libres de

colorantes artificiales y la conciencia de los consumidores por consumo de productos que naturales de alto valor, existe un impulso a la industria e investigadores de todo el mundo a explorar estas alternativas (Ramos 2021).

2.2.10 Extracción por solventes

La extracción de antocianinas puede realizarse utilizando diversos solventes, como etanol, metanol, N-butanol, acetona fría, propilenglicol, o mezclas de metanol, acetona y agua. Entre ellos, el etanol y el metanol son los más empleados, con tasas de uso reportadas del 48% y 26%, respectivamente, debido a su eficacia y compatibilidad con la mayoría de las especies vegetales. El agua ocupa el tercer lugar con un 24% de uso, mientras que otros solventes, como la acetona y el acetonitrilo combinado con ácido trifluoroacético (TFA), representan solo el 1% cada uno. La selección del solvente adecuado depende de factores como la solubilidad de las antocianinas, la matriz vegetal y la finalidad del proceso de extracción (Yousuf et al., 2016). Mientras mayor es la concentración de etanol en una solución, su polaridad disminuye, lo que reduce la solubilidad de las antocianinas. Para optimizar la extracción utilizando etanol, es fundamental emplear mezclas acuosas, ya que el agua contribuye a mantener una mayor polaridad en el medio. Estudios han demostrado que concentraciones de etanol superiores al 80% reducen significativamente el rendimiento de extracción. Esto se atribuye a que los grupos polares presentes en las moléculas de antocianinas no son fácilmente solubles en solventes apolares o semi polares, como el etanol en altas concentraciones. Por tanto, el equilibrio entre agua y etanol es crucial para maximizar la eficiencia del proceso (Özgür et al., 2018).

2.2.11 Relación: sólido/solvente

La relación: sólido/solvente se refiere a la proporción entre la cantidad de materia prima y el volumen de solvente utilizado en un proceso de extracción. Este parámetro influye directamente en la transferencia de masa, puesto que, al aumentar el volumen de solvente, se facilita la disolución de los compuestos extraídos, lo que resulta en un mayor rendimiento de extracción. Una relación adecuada optimiza el proceso, ya que un mayor volumen de solvente favorece la transferencia de masa y acelera la difusión de los compuestos deseados en el medio. Sin embargo, es fundamental encontrar un equilibrio para maximizar la eficiencia sin incrementar innecesariamente el consumo de solvente. (Aryanti et al., 2019).

2.2.12 Cambios inducidos por la temperatura en antocianinas

La temperatura es un factor crítico que puede influir significativamente en la estabilidad de compuestos fenólicos sensibles, como las antocianinas. A elevadas temperaturas, estos compuestos pueden sufrir procesos de degradación que reducen su efectividad como agentes antioxidantes, fenómeno asociado a la activación de enzimas oxidativas como polifenol oxidasa y la peroxidasa (López et al., 2016). Sin embargo, bajo determinadas condiciones, el tratamiento térmico también puede tener efectos positivos. Por ejemplo, el calor puede favorecer la liberación de compuestos fenólicos que se encuentran ligados a la matriz alimentaria, lo que mejora su biodisponibilidad y, por ende, su capacidad antioxidante. Además, las altas temperaturas pueden inducir la disrupción de las paredes celulares, facilitando así la liberación de compuestos bioactivos y aumentando su retención y potencial antioxidante (Seymenska et al., 2024). No obstante, el efecto de la temperatura sobre las antocianinas es complejo y depende de múltiples factores, como el tipo de alimento, las condiciones específicas del proceso térmico y la duración del tratamiento. Por ello, resulta fundamental establecer un equilibrio adecuado que permita conservar los compuestos bioactivos sin comprometer la calidad sensorial, funcional y la seguridad del producto final (Muthukumar et al., 2022).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de la investigación

La investigación se clasifica como aplicada-experimental, debido a que se manipulan de manera deliberada las variables independientes temperatura y relación: sólido/solvente, para evaluar su efecto sobre las variables respuesta (rendimiento y el contenido de antocianinas totales en el colorante extraído del subproducto de saúco. El nivel de la investigación se clasifica como explicativo, ya que se busca analizar cómo y por qué las variables de proceso influyen los resultados obtenidos, con el propósito de establecer relaciones de causa y efecto. Asimismo, presenta un enfoque cuantitativo, dado que requiere la medición y análisis de los efectos mediante datos numéricos, utilizando herramientas estadísticas especializadas.

3.2 Desarrollo de variables

En esta investigación, se definieron como variables independientes la temperatura (40, 60 y 80 °C) y la relación: sólido/solvente (1:5, 1:10 y 1:15 g/ml). Por su parte, las variables dependientes evaluadas fueron el contenido de antocianinas y el rendimiento, los cuales fueron determinados mediante el método del pH diferencial y espectrofotometría UV-Vis.

3.2.1 *Diseño experimental de tratamientos*

Los tratamientos de la investigación fueron evaluados mediante un diseño factorial 3^2 , según lo descrito por Gutiérrez et al. (2008). Este diseño contempla dos variables independientes, cada una con tres niveles, lo que permite analizar tanto el efecto individual de cada variable como las interacciones entre sus niveles. En total, se establecieron nueve tratamientos (3 x 3), y cada tratamiento fue realizado con tres repeticiones. En la Tabla 3, se presentan los tratamientos correspondientes al diseño factorial 3^2 .

Tabla 3*Esquema del diseño factorial 3²*

TEMPERATURA (°C)	RELACIÓN: SÓLIDO/SOLVENTE (g/ml)		
	S1 (1:15)	S2 (1:10)	S3 (1:5)
T1 (40)	(CA R) ₁	(CA R) ₂	(CA R) ₃
T2 (60)	(CA R) ₄	(CA R) ₅	(CA R) ₆
T3 (80)	(CA R) ₇	(CA R) ₈	(CA R) ₉

Nota: CA: Contenido de antocianinas, R: Rendimiento

Tabla 4*Orden de tratamientos del diseño factorial 3²*

Tratamiento	Temperatura (°C)	Relación: sólido/solvente (g/ml)
T1	40	0.067
T2	40	0.100
T3	40	0.200
T4	60	0.067
T5	60	0.100
T6	60	0.200
T7	80	0.067
T8	80	0.100
T9	80	0.200

3.3 Población y muestra

Para determinar el tamaño muestral óptimo y asegurar la obtención de resultados estadísticamente significativos, considerando la variabilidad esperada de la población y el nivel de confianza deseado, se empleó un muestreo probabilístico aleatorio simple. Según Crespo y Cossio (2022), este tipo de muestreo garantiza que cada una de las unidades de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionadas, lo que implica que la elección de una unidad experimental es independiente de la selección de las demás. Para el presente estudio, se consideró un área total de una hectárea, tomando como referencia la producción de saúco en la región Apurímac, que, de acuerdo con MIDAGRI (2022), presenta un rendimiento promedio de 3900 kg por hectárea.

Para la presente investigación, la determinación del tamaño de muestra se realizó aplicando la fórmula correspondiente al cálculo para poblaciones finitas, es decir, aquellas con menos de 10,000 unidades. Tomando como referencia una población estimada de 3900 kg de saúco fresco, se fijaron un nivel de confianza del 90 % y un margen de error del 10 %. Con base en estos parámetros estadísticos, se estableció que la muestra óptima debía ser de 94 kg de saúco fresco. Esta cantidad asegura la representatividad de los datos obtenidos y permite obtener resultados con validez estadística y confiabilidad para el análisis posterior. No obstante, debido a la limitada disponibilidad de fruto de saúco en el anexo de Colca, se optó por tomar como referencia el 10 % del tamaño muestral calculado, obteniéndose un total de 9.4 kg de saúco para el desarrollo del presente estudio.

Fórmula utilizada:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{e^2(N - 1) + p * Z_a^2 * q}$$

Donde:

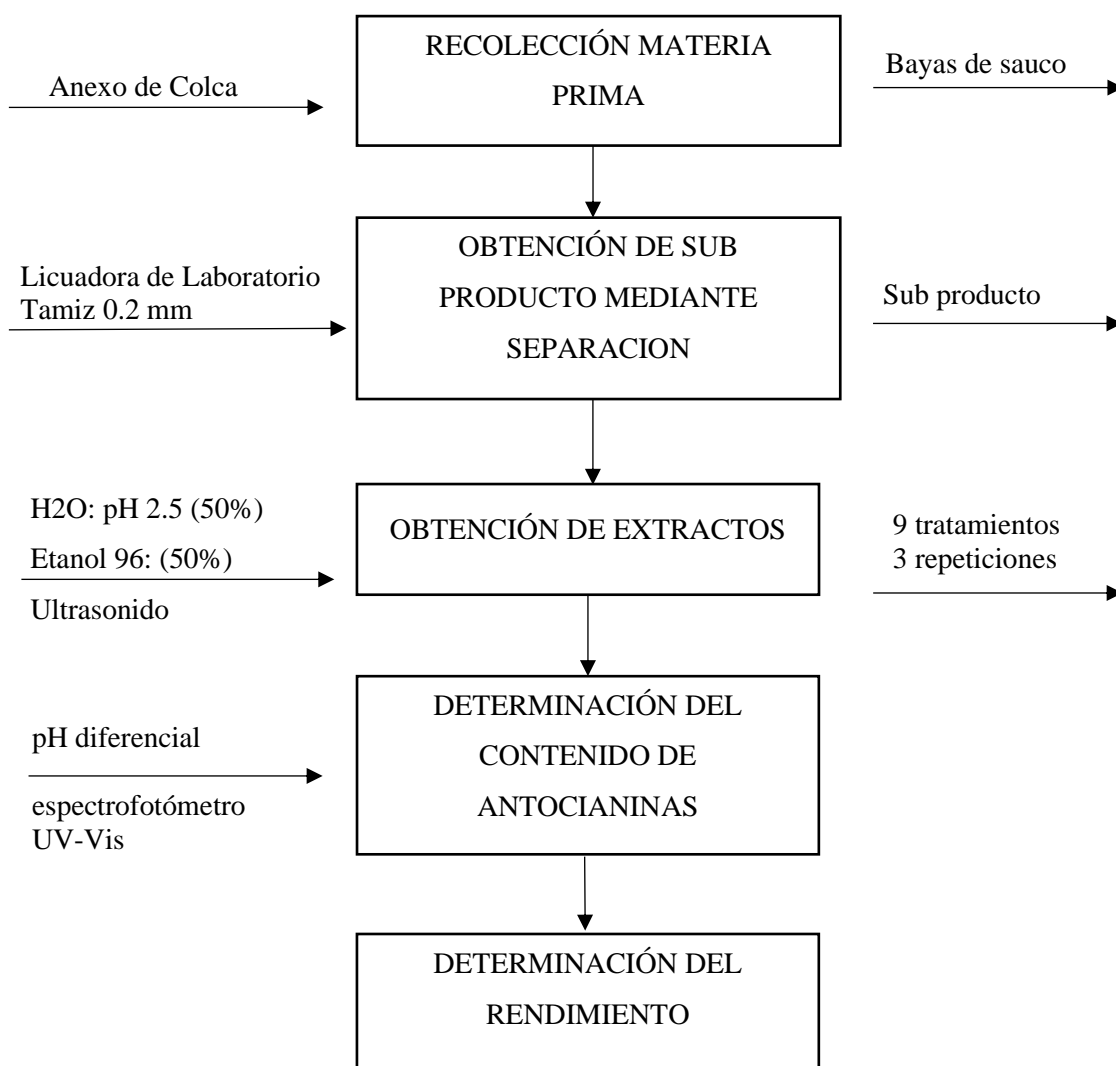
- N = Tamaño de la población
- n = Tamaño de muestra que se desea obtener
- Z_a^2 = Nivel de confianza
- p = Probabilidad a favor
- q = Probabilidad en contra
- e = Margen de error

3.4 Procedimiento de la investigación

La investigación se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de bioquímica de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”. A continuación, se presenta en la Figura 5 la metodología utilizada en la investigación.

Figura 5

Diagrama resumen de las actividades según la metodología



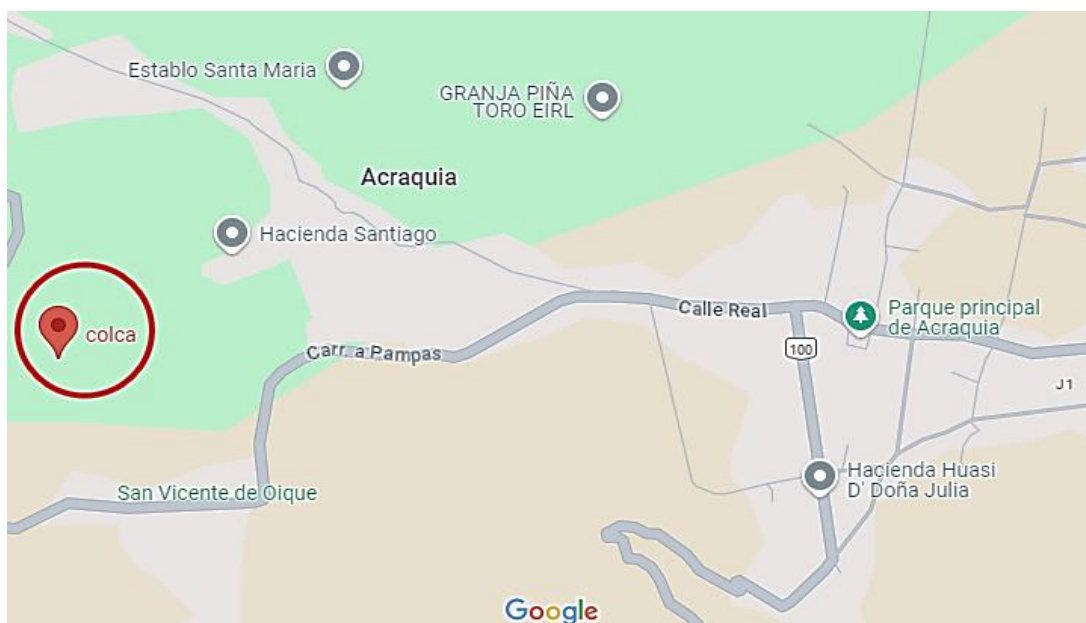
3.4.1 Obtención de la materia prima

Las bayas frescas de saúco de la variedad *Sambucus nigra* L. fueron recolectadas en el anexo Colca, ubicado en la región Huancavelica, a una altitud de 3268 m.s.n.m., en las coordenadas 12°24'25.5" S – 74°55'13.7" O (GMS). Los frutos recolectados presentaron características homogéneas en cuanto a tamaño, sanidad y estado de madurez, siendo este último verificado por la presencia de un color púrpura intenso, característico de la madurez óptima. La cantidad estimada y disponible para la realización del estudio, considerando las repeticiones experimentales, fue de 9.4 kg.

A continuación, en la Figura 6 se muestra la localización geográfica. Anexo de Colca distrito Acraquia, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica.

Figura 6

Ubicación geográfica del Anexo de Colca



Nota: Google Maps (2024) Coordenadas 12°24'25.5"Sur 74°55'13.7"Oeste GMS

3.4.2 Obtención de sub producto de Sauco variedad (*Sambucus nigra* L.)

Las bayas de saúco de la variedad *Sambucus nigra* L. fueron recolectadas en campo en su estado más fresco, obteniéndose un total de 10 kg. Para prevenir el deterioro y minimizar la pérdida de humedad durante el transporte, los frutos fueron cuidadosamente envasados en bolsas herméticas de polietileno de alta densidad, en porciones de 1 kg cada una, lo que resultó en aproximadamente 10 unidades. Finalizada la recolección, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su posterior análisis.

La figura 7 muestra en detalle el proceso de obtención del subproducto de saúco de la variedad *Sambucus nigra* L., que constó de las siguientes etapas:

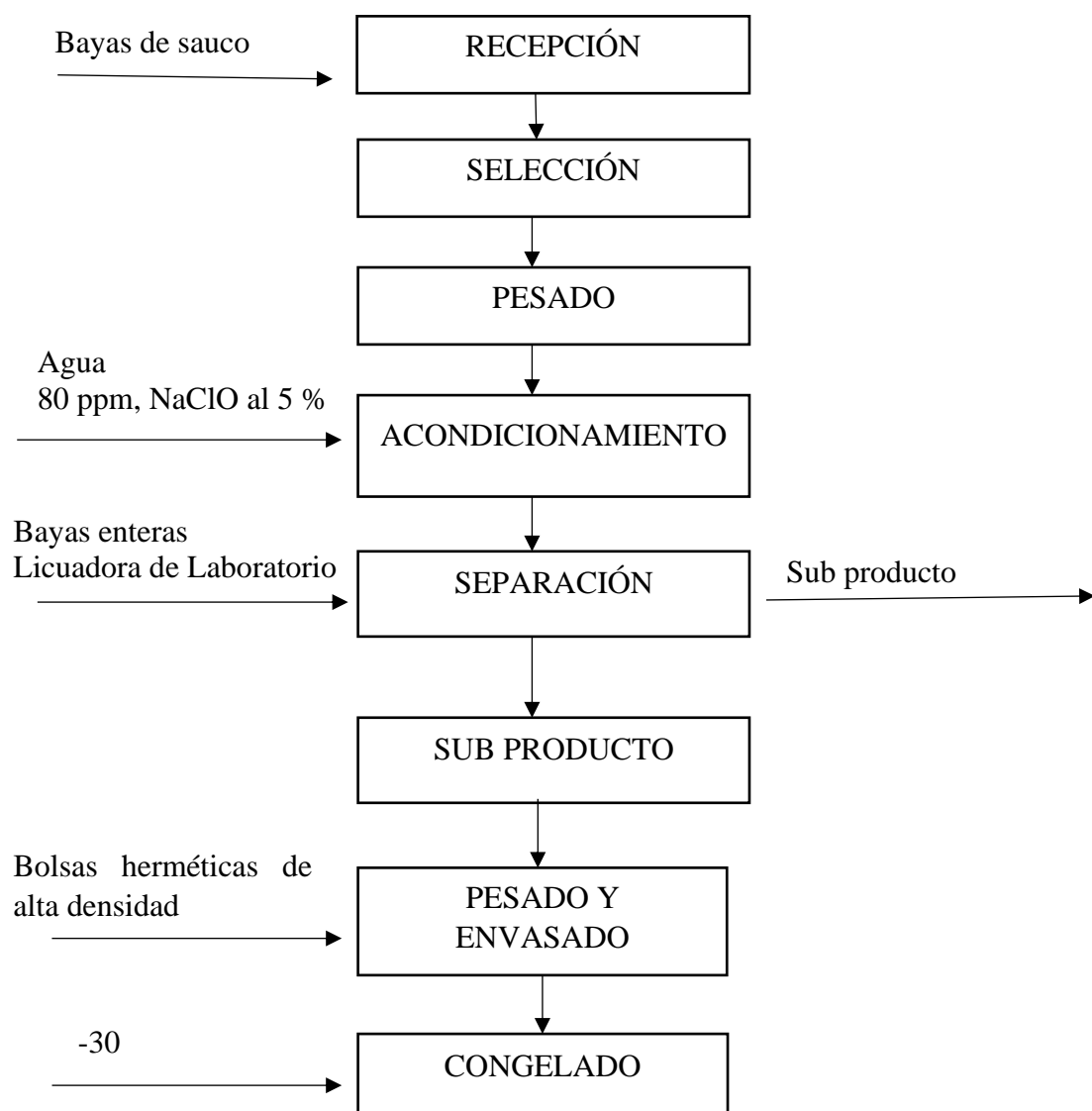
- a) Recepción: Se recibieron 10 kg de materia prima (bayas de sauco variedad *Sambucus Nigra* L.) envasadas en bolsas herméticas de polietileno de alta densidad en el laboratorio.
- b) Selección: Las bayas de sauco se separaron de acuerdo al color y apariencia. Se descartaron las bayas inmaduras, dañadas, visibles como manchas y sin signos de deterioro, como moho o podredumbre.
- c) Pesado: Se registro el peso de las bayas, una vez culminada la selección y se obtuvo un peso de 9.4 kg de bayas de sauco.
- d) Acondicionamiento: Se llevó a cabo el proceso de lavado con agua hasta eliminar completamente las partículas de tierra y las impurezas presentes en la superficie de las bayas. Luego, se desinfectaron utilizando hipoclorito de sodio al 5% a una concentración de 80 ppm. Finalmente, se enjuagaron tres veces con agua destilada.
- e) Separación: Se realizó la separación de los 9.4 kg de las bayas enteras y el subproducto de sauco (cáscaras y semillas) mediante pulpeado, donde se añadieron 3 litros de agua destilada para una mejor homogenización. Para ello se utilizó una licuadora de laboratorio Thomas Scientific 3390D43 facilitada por el laboratorio de la facultad de Industrias Alimentarias de la UNAT. Seguidamente se pasó por un colador tamiz fino de 0.2 mm.
- f) Pesado y Envasado: Se realizó el pesado de subproducto donde se obtuvo 2.683 kg con un rendimiento del 22%, para ello se utilizó una balanza analítica. Seguidamente se realizó el proceso de envasado de sub producto de sauco en

bolsas de polietileno de alta densidad selladas herméticamente, con un peso de 20 gramos cada una, de las cuales se obtuvieron 100 unidades.

- g) Congelado: Inmediatamente después del proceso de envasado, se realizó el proceso de congelado rápido a una temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ para evitar cualquier deterioro posible del sub producto y el contenido de antocianinas.

Figura 7

Diagrama de flujo, obtención de subproducto de sauco



3.4.3 *Análisis proximal de sub producto de sauco*

Se analizó la humedad mediante el método AOAC Official Method 920. La cantidad de ceniza mediante el método AOAC Official Method 940.26 (A). La cantidad de grasa mediante el método AOAC Official Method 930.09. La cantidad de fibra mediante el método AOCS Crude fiber in feed by filter bag technique. La cuantificación total de proteínas se realizó mediante el método del Instituto de ciencias de los alimentos y nutrición ICAN-CIQA – 001. El contenido total de carbohidratos se calculó mediante el método de diferencia, que consiste en restar los valores de grasa, proteína, ceniza, fibra y humedad, de acuerdo con la metodología descrita por Reyes et al. (2017)

3.4.4 *Obtención de extractos de sub producto de sauco*

La extracción acuosa de antocianinas a partir del subproducto de saúco se llevó a cabo siguiendo una metodología de extracción asistida por ultrasonido, con modificaciones, descrita por Pascariu et al. (2023), detallada en la Figura 8.

3.4.4.1 Preparación de solvente

Para la preparación del solvente, se utilizó un medidor de pH digital en tableta modelo Edge de la marca HANNA. El equipo fue calibrado previamente usando tres soluciones buffer con valores de pH 4, 7 y 10. Se prepararon 1 litro de solvente a un pH de 2.5, utilizando 500 ml de agua destilada, 500 ml de etanol de 96° y 4.365 gramos de ácido cítrico, disueltos en un vaso precipitado de 1 litro de capacidad, la homogenización se realizó usando un agitador magnético a 20 °C.

La preparación del solvente se realizó por triplicado. Obteniendo 3 litros de solvente en total. Los cuales se envasaron inmediatamente después de su preparación en frascos herméticos transparentes de 500 ml y luego fueron refrigerados a 5 °C.

3.4.4.2 Dilución

En tubos de ensayo, se dispuso 3 diferentes proporciones de subproducto de sauco y solvente, las cuales fueron 1 gramo de subproducto de sauco y 15 ml de solvente (0.067 g/ml), 1 gramo de subproducto de sauco y 10 ml de solvente (0.100 g/ml) y 1 gramo de subproducto de sauco y 5 ml de solvente (0.200 g/ml).

Las diluciones se mezclaron durante 20 minutos en un equipo Vórtex (Thermo scientific, Massachusetts, Estados Unidos) a 1500 rpm, seguidamente se dejaron macerar

por 40 minutos. Se realizaron las disoluciones para los 9 tratamientos cada una con 3 repeticiones, dando un total de 27 unidades experimentales.

3.4.4.3 Extracción

La extracción se llevó a cabo utilizando el equipo de baño ultrasónico Digital Ultrasonic Cleaner de la marca Kyntel, modelo UC-30A, para obtener el extracto antociánico a temperaturas controladas de 40, 60 y 80 °C. En todos los tratamientos, se mantuvo un tiempo de extracción de 5 minutos, con una frecuencia de 40 kHz y una potencia de 200 W. El procedimiento inició con el encendido del equipo de ultrasonido, en el cual se colocaron 2 litros de agua purificada. Se programó la temperatura deseada, que en este caso fue de 40, 60 y 80 °C. Una vez alcanzada la temperatura indicada, se sumergieron los tubos de ensayo con las diferentes diluciones a una profundidad de 1.5 cm, asegurándose de que todos los tubos quedaran completamente sumergidos. Luego, se estableció el tiempo de 5 minutos de extracción para cada tratamiento y sus repeticiones. Posteriormente se centrifugaron las muestras con un equipo (Eppendorf, Hamburgo, Alemania) a 2500 rpm durante 20 minutos, una vez centrifugados las muestras se llevaron a reposo por 30 minutos en refrigeración a una temperatura de 5 °C.

3.4.4.4 Filtrado y envasado

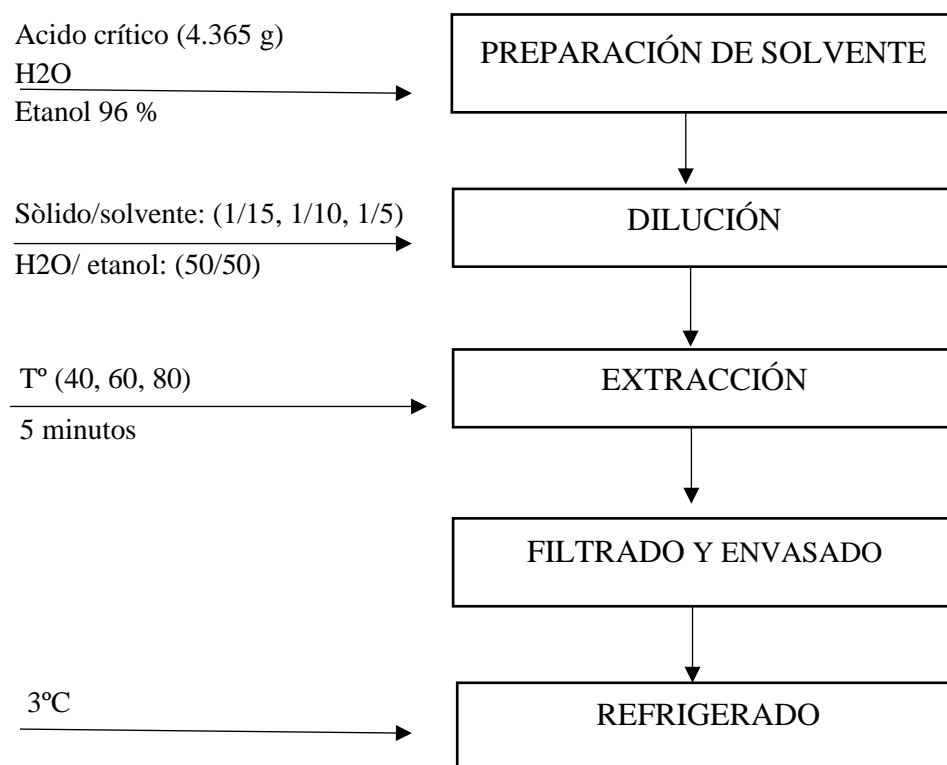
El proceso de filtrado se llevó a cabo utilizando jeringas desechables con una capacidad de 5 ml y filtros de 0,22 µm específicos para jeringas. El procedimiento consistió en cargar el extracto antociánico del subproducto de saúco en las jeringas, acoplar el filtro de jeringa y proceder al filtrado, el producto filtrado se recolectó directamente en frascos ámbar de 15 ml con tapa hermética, previamente desinfectados y secos.

3.4.4.5 Refrigerado

Una vez obtenidas los extractos filtrados dentro de los frascos ámbar se llevaron inmediatamente a refrigeración a una temperatura de 3 °C para evitar algún tipo de deterioro, hasta el momento del análisis.

Figura 8

Diagrama de flujo, obtención de extractos de sub producto de sauco



3.4.5 Cuantificación de contenido de antocianinas

La cuantificación del contenido de antocianinas se realizó mediante la metodología de pH diferencial descrita por Giusti y Wrolstad (2001). Para ello, se prepararon dos soluciones tampón: una de cloruro de potasio a 0.025 M ajustada a pH 1.0 y otra de acetato de sodio, a 0.4 M ajustado a pH 4.5. Antes de realizar las lecturas, ambas soluciones se emplearon para diluir las muestras. La dilución de la muestra a pH 1.0 se ajustó para una absorbancia inferior a 1, preferiblemente en el rango de 0.4 a 0.6. Se utilizó el mismo factor de dilución para las muestras correspondientes a los pH 1.0 y 4.5

Se colocó una porción de la solución en una celda de cuarzo, mientras que otra celda contenía agua destilada utilizada como blanco. Las lecturas de las muestras se realizaron en un espectrofotómetro UV-Vis a las longitudes de onda de 520 y 700 nm. Los resultados se expresaron en base seca como miligramos de cianidina-3-glucósido.

Para cuantificar la concentración de pigmento antociánico, se utilizó la ecuación propuesta por Giusti y Wrolstad (2001):

$$\left(\text{Concentracion} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 1000}{\sigma \times 1} \right)$$

Donde:

$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH}_{0.1}} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH}_{4.5}}$, diferencias de absorbancias

PM = Peso molecular.

FD = Factor de dilución.

σ = Absortividad molar para cianidina-3- glucósido

1000 = Factor de conversión de gramos a miligramos

3.4.6 Determinación del rendimiento de antocianinas de sub producto de sauco

La determinación del rendimiento de antocianinas en base a cianidina-3-glucósido, se determinó mediante la siguiente ecuación descrita por Arriola et al (2021).

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_E \times \frac{C_A}{1000}}{M}$$

Donde:

C_A = Concentración de antocianinas (cianidina-3-glucosido mg/kg)

V_E = Volumen el extracto (ml), tomando como referencia promedio (densidad etanol 96° = 0.804 g/ml, densidad del extracto 1.201 g/ml).

M = Masa de subproducto de saúco (g)

1000 = factor de conversión de mg a g.

3.5 Técnica e Instrumentos

El análisis proximal y el contenido de antocianinas en el subproducto de sauco variedad (*Sambucus Nigra* L.), se realizó en el laboratorio de Química de los Alimentos del Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición (ICAN) de la Universidad San Ignacio de Loyola S.A.

Mientras que el análisis de rendimiento de antocianinas se realizó en el laboratorio de bioquímica de la facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la UNAT.

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon la implementación de diversas técnicas, uso de diferentes materiales, equipos y reactivos. Se utilizó el método de observación, análisis, interpretación y fichaje. Se investigó en bases de datos científicas. De acuerdo con los datos obtenidos, los análisis relacionados con extracción de colorantes, el contenido de antocianinas totales y el rendimiento de antocianinas en el subproducto de sauco (*Sambucus nigra* L.) estuvieron asociados al uso de técnicas de medición específicas, como la espectrofotometría UV/Vis mediante el método de pH diferencial, así como análisis de temperatura, gravimétricos y volumétricos.

A continuación, se especifican los materiales, equipos, y reactivos utilizados

3.5.1 Materiales

- Tubos de ensayo
- Puntas azules para micro pipetas de 100–1000 UL-BS
- Puntas amarillas para micro pipetas de 5–200 UL-BS
- Cubetas para espectrofotómetro
- Micropipeta
- Parafilm
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Fiolas volumétricas de 250, 500 y 1000 ml
- Frasco de dilución de 500 ml
- Frasco lavador 250 ml
- Gradillas de 16 tubos
- Vasos precipitados de 100, 250 y 500 ml
- Probeta de 10, 50 y 100 ml
- Matraz Erlenmeyer
- Piseta

- Espátula de acero inoxidable
- Coladores
- Papel aluminio
- Jeringas descartables de 5 ml
- Filtro de jeringas de 0.22 y 0.45 μm .

3.5.2 *Equipos e Instrumentos*

- Agitador magnético MSH-S scilogex-USA
- Medidor de pH digital HANNA
- Balanza analítica ASR2 Plus
- Balanza de precisión Electronic Kitchen Scale SF-400
- Congelador, Kircht Frozen Labex -330DF
- Refrigerador de la marca Samsung, modelo Frost-202369
- Vortex, Thermo scientific, Massachusetts,
- Espectrofotómetro UV-Vis
- Centrífuga, Eppendorf, Hamburgo, Alemania
- Termómetro digital, Thermos tp101
- Licuadora de laboratorio, Thomas Scientific, modelo 3390D43
- Baño de ultrasonido, Kyntel, modelo UC-30^a

3.5.3 *Reactivos*

- Cloruro de potasio a 0.025 M
- Acetato de sodio a 0.4 M
- Ácido cítrico
- Etanol de 96 °
- Agua destilada
- Buffers de calibración de 4, 7 y 10 de pH.

3.6 Análisis Estadístico

3.6.1 Hipótesis estadísticas

3.6.1.1 Hipótesis nula

A continuación, se plantean las siguientes hipótesis nulas:

- H_0 : El factor temperatura no afecta el contenido de antocianinas.
- H_0 : El factor relación: sólido/solvente no afecta el contenido de antocianinas.
- H_0 : La interacción de los factores temperatura y relación: sólido/solvente no afecta al contenido de antocianinas.
- H_0 : El factor temperatura no afecta el rendimiento.
- H_0 : El factor relación: sólido/solvente no afecta el rendimiento.
- H_0 : La interacción de los factores temperatura y relación: sólido/solvente no afecta al rendimiento.

Tabla 5

Hipótesis nula

Contenido de antocianinas totales	Rendimiento
$H_0: FT = 0$	$H_0: FT = 0$
$H_0: FS = 0$	$H_0: FS = 0$
$H_0: FT \times FS = 0$	$H_0: FT \times FS = 0$

Donde:

FT: Efecto del del factor temperatura

FS: Efecto del factor relación: sólido/solvente

FT \times FS: Efecto de la interacción entre FT y FS

3.6.1.2 Hipótesis alterna

A continuación, se plantean las siguientes hipótesis alternas:

- H_a : El factor temperatura sí afecta el contenido de antocianinas.

- H_a : El factor relación: sólido/solvente sí afecta el contenido de antocianinas.
- H_a : La interacción de los factores temperatura y relación: sólido/solvente sí afecta al contenido de antocianinas.
- H_a : El factor temperatura sí afecta el rendimiento.
- H_a : El factor relación: sólido/solvente sí afecta el rendimiento.
- H_a : La interacción de los factores temperatura y relación: sólido/solvente sí afecta al rendimiento.

Tabla 6

Hipótesis alterna

Contenido de antocianinas totales	Rendimiento
$H_a: FT \neq 0$	$H_a: FT \neq 0$
$H_a: FS \neq 0$	$H_a: FS \neq 0$
$H_a: FT \times FS \neq 0$	$H_a: FT \times FS \neq 0$

Donde:

FT: Efecto del del factor temperatura

FS: Efecto del factor relación: sólido/solvente

FT \times FS: Efecto de la interacción entre FT y FS

Si los valores asociados a las hipótesis nulas (H_0) son mayores a 0.05 indican que las variables de estudio (temperatura, relación sólido solvente e interacción de ambas) no tienen un efecto significativo sobre las respuestas evaluadas. Por el contrario, si $p < 0.05$ se rechaza hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_a), la cual indica que las variables de estudio influyen significativamente en el contenido de antocianinas y el rendimiento.

3.6.2 Estadístico

Todos los datos se expresaron como promedio \pm desviación estándar y se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño factorial completo 3^2 con 3 repeticiones, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software Minitab, versión 22 (Minitab Inc., EE. UU.).

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis proximal de sub producto de sauco fresco

La composición proximal de los sub productos de sauco se muestran en la tabla 7. (Anexo 10).

Tabla 7

Análisis proximal de sub producto de sauco (Sambucus Nigra L.)

Parámetros (g/100g)	Resultados
Humedad	77.29 ± 0.09
Cenizas**	4.75 ± 0.06
Grasa**	2.84 ± 0.01
Proteína**	11.18 ± 0.09
Carbohidratos**	81.22 ± 0.03
Fibra Cruda**	37.29 ± 0.24
Energía (Kcal/100g)	89.32 ± 0.45

Nota: Datos expresados con desviación estándar P.

** Datos expresados en base seca

La Tabla 7 presenta los resultados del análisis proximal de subproducto de sauco fresco provenientes del Anexo de Colca, distrito de Acraquia, provincia Tayacaja, región Huancavelica. La humedad presentó un valor de $77,29 \pm 0,09$ g /100g nos indica que el subproducto de sauco tiene un alto contenido de agua. El contenido de cenizas con un valor de $4,75 \pm 0,06$ g /100g. Las cenizas representan la porción inorgánica del alimento, es decir, los minerales con un valor de 4,75% sugiere un contenido moderado de minerales en el subproducto. El contenido de grasa fue de $2,84 \pm 0,01$ g /100g este valor indica que este subproducto no es una fuente significativa de lípidos. En cuanto a la proteína con un valor de $11,18 \pm 0,09$ g /100g esto nos muestra que el subproducto podría ser una fuente de aminoácidos esenciales, aunque su valor nutricional dependerá del perfil de aminoácidos específicos. El contenido de carbohidratos arrojó una cifra de $81,22 \pm 0,03$ g /100g. Este alto contenido de carbohidratos indica que este subproducto es principalmente una fuente de

energía. Sin embargo, es importante destacar que los carbohidratos se expresan en base seca, lo que significa que la mayor parte de estos carbohidratos probablemente corresponden a fibra. Por ello la cantidad de fibra cruda resultó en una cifra de $37,29 \pm 0,24$ g /100g. Por ultimo los subproductos de sauco arrojaron un contenido de energía de 89.32 Kcal/100g.

4.2 Determinación de antocianinas en sub producto de sauco

Tabla 8

Contenido de antocianinas (cianidina 3-glucosido)(mg/kg)

TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	RELACIÓN: SÓLIDO /SOLVENTE (g/ml)	ANTOCIANINAS (cyanidin 3- glucoside)(mg/kg) **
T1	40	1:15	663.53 ± 2.01
T2	40	1:10	548.98 ± 0,08
T3	40	1:5	550.25 ± 0.83
T4	60	1:15	855.88 ± 0.75
T5	60	1:10	745.03 ± 0.95
T6	60	1:5	598.28 ± 0.98
T7	80	1:15	498.96 ± 0.06
T8	80	1:10	496.15 ± 0.59
T9	80	1:5	462.88 ± 0.51

Nota: ** Datos expresados con desviación estándar (DS)P

La Tabla 8 presenta los resultados del estudio experimental. Aplicando la metodología de pH diferencial para determinación de antocianinas descrita por (Giusti & Wrolstad 2001).

En función a la relación: sólido/solvente, la tabla 8 sustenta que los grupos con una temperatura de 40 °C, al aumentar la relación: sólido/solvente, de 1:5 a 1:15, la cantidad de antocianinas extraídas incrementa, pasando de 550.25 a 663,53 cianidina 3 glucósido mg/kg. En comparación al grupo con temperatura de 60°C también se ve un aumento en la extracción de antocianinas al incrementar la relación sólido-solvente, alcanzando un máximo de 855,88 cianidina 3-glucoside mg/ kg. En contraste con los grupos a una temperatura de 80°C, existe una tendencia similar, aunque con un aumento menos pronunciado en antocianinas, con el valor más alto registrado en 498.96 cianidina 3-glucosido mg/ kg.

4.2.1 Análisis de Varianza para el contenido de antocianinas

Tabla 9

Información del factor contenido de antocianinas

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Temperatura	Fijo	3	40; 60; 80
Sold/ Solv.	Fijo	3	0.07; 0.10; 0.20

Tabla 10

Análisis de varianza para el contenido de antocianinas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	185143	92571.6	53788.05	0.000
Sold/ Solv.	2	55056	27528.1	15995.01	0.000
Temperatura*Sold/ Solv.	4	30196	7548.9	4386.25	0.000

En la tabla 10 podemos observar que el valor de significancia para la Temperatura, relación: sólido/solvente y la interacción entre ambas, es de $0,000 < 0,05$. Esto garantiza que los factores tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta “Contenido de Antocianinas”.

4.2.2 Interacción y efectos principales

En la figura 9 y 10 podemos observar que existen efectos principales e interacciones de los factores sobre la respuesta “Contenido de Antocianinas”. En la figura 9 la temperatura tiene como valor óptimo la temperatura de 60°C mientras que, el factor sólido/solvente tiene como factor óptimo 0,07. En la figura 10 podemos observar que si deseamos maximizar la cantidad de antocianina debemos de combinar una temperatura de 60°C con 0,07 de sólido/solvente. Estos datos son comprobados mediante la prueba de normalidad (Anexo 11).

Figura 9

Efectos principales para el contenido de antocianinas

Gráfica de efectos principales para el contenido de antocianinas

Medidas de datos

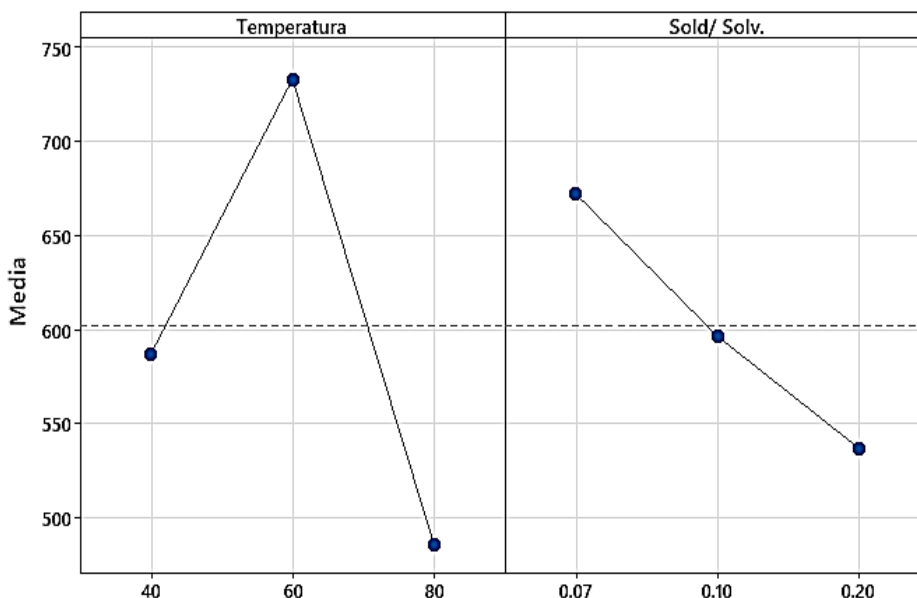
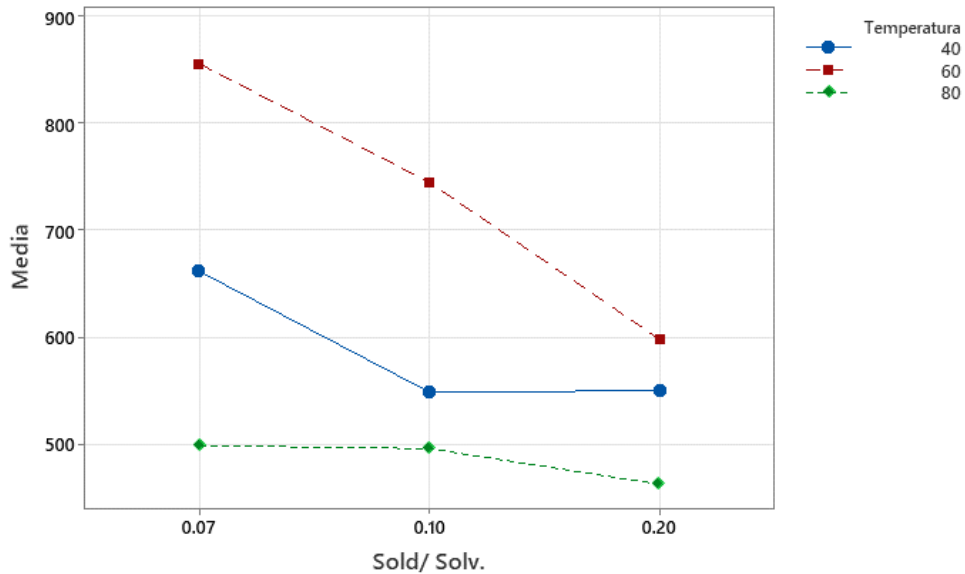


Figura 10

Efectos de interacción para el contenido de antocianinas

Gráfica de interacción para el contenido de antocianinas

Medidas de datos



4.3 Determinación del rendimiento de antocianinas

Tabla 11

Rendimiento de antocianinas de subproducto de sauco

TRATAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	RELACIÓN: SÓLIDO /SOLVENTE (g/ml)	RENDIMIENTO ($\mu\text{mol/ml}$) **
T1	40	1:15	20.57 \pm 0.02
T2	40	1:10	11.53 \pm 0.00
T3	40	1:5	6.05 \pm 0.01
T4	60	1:15	26.53 \pm 0.02
T5	60	1:10	15.65 \pm 0,02
T6	60	1:5	6.58 \pm 0,01
T7	80	1:15	15.47 \pm 0.00
T8	80	1:10	10.42 \pm 0.01
T9	80	1:5	5.09 \pm 0.01

Nota: ** Datos expresados con desviación estándar (DS)

En la Tabla 11 se observa que el rendimiento aumenta conforme aumenta la relación: sólido/solvente. A 40 °C, El tratamiento T1 (1:15 g/ml) presenta el rendimiento más alto ($20.57 \pm 0.02 \mu\text{mol/ml}$), mientras que el T3 (0.200 g/ml) tiene el más bajo ($6.05 \pm 0.01 \mu\text{mol/ml}$). A 60 °C, el rendimiento más alto se encuentra en el tratamiento T4 ($26.53 \pm 0.02 \mu\text{mol/ml}$, con 0.067 g/ml), mientras que el rendimiento aumenta notablemente con una mayor relación sólido/solvente, alcanzando un mínimo en T6 ($6.58 \pm 0.01 \mu\text{mol/ml}$).

A 80 °C, el tratamiento T7 (0,067 g/ml) muestra un rendimiento intermedio ($15,47 \pm 0,01 \mu\text{mol/ml}$). Sin embargo, el rendimiento disminuye significativamente con mayores proporciones sólido/solvente, siendo T9 el menor ($5,09 \pm 0,01 \mu\text{mol/ml}$). El efecto que genera la temperatura sobre el rendimiento de antocianinas tiende a ser mayor a 60 °C en comparación con 40 y 80 °C, sugiriendo que existe una temperatura óptima de extracción. Por otro lado, el efecto que genera la relación: sólido/solvente sobre el rendimiento disminuye sistemáticamente a medida que aumenta la relación: sólido/solvente, lo cual puede deberse a una dilución excesiva o limitación en la capacidad de extracción.

4.3.1 Análisis de varianza del rendimiento

En la tabla 13 podemos observar que el valor de significancia para la temperatura, relación: sólido/solvente y la interacción de ambos es de $0,000 < 0,05$. Esto garantiza que los factores planteados poseen un efecto significativo sobre la variable respuesta “Rendimiento”. Mientras en la figura 11 y 12 las gráficas nos aseguran una distribución normal, la cual se corrobora al observar en el histograma una forma de campana de Gauss.

Tabla 12

Información del factor rendimiento

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Temperatura	Fijo	3	40; 60; 80
Sold/ Solv.	Fijo	3	0.07; 0.10; 0.20

Tabla 13

Análisis de varianza para el rendimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura	2	106.903	53.451	52864.06	0.000
Sold/ Solv.	2	672.157	336.078	332385.27	0.000
Temperatura*Sold/ Solv.	4	48.708	12.177	12043.18	0.000

4.3.2 Interacción y efectos principales

En la figura 11 se aprecia que existen efectos principales e interacciones de los factores sobre la respuesta “Rendimiento”. En la figura 11 la temperatura tiene como valor óptimo la temperatura de 60° mientras que, el factor sold/solv. tiene como factor óptimo 0,07. En la figura 12 podemos observar que si deseamos maximizar el rendimiento debemos de combinar una temperatura de 60°C con 0,07 de Sold/Solv. Estos datos son comprobados mediante la prueba de normalidad (Anexo 12).

Figura 11

Efectos principales para el rendimiento

Gráfica de efectos principales para el rendimiento

Medidas de datos

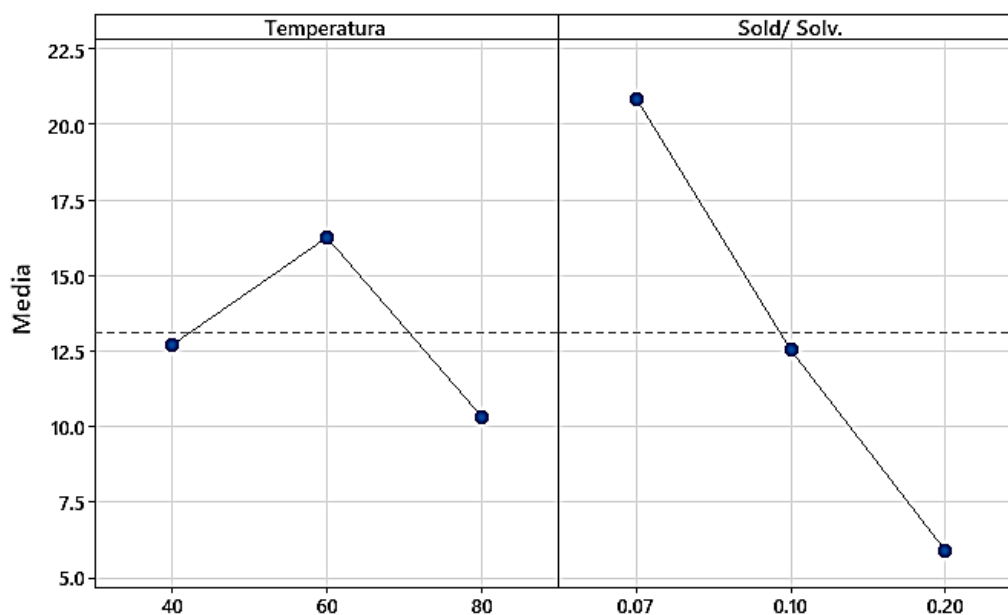
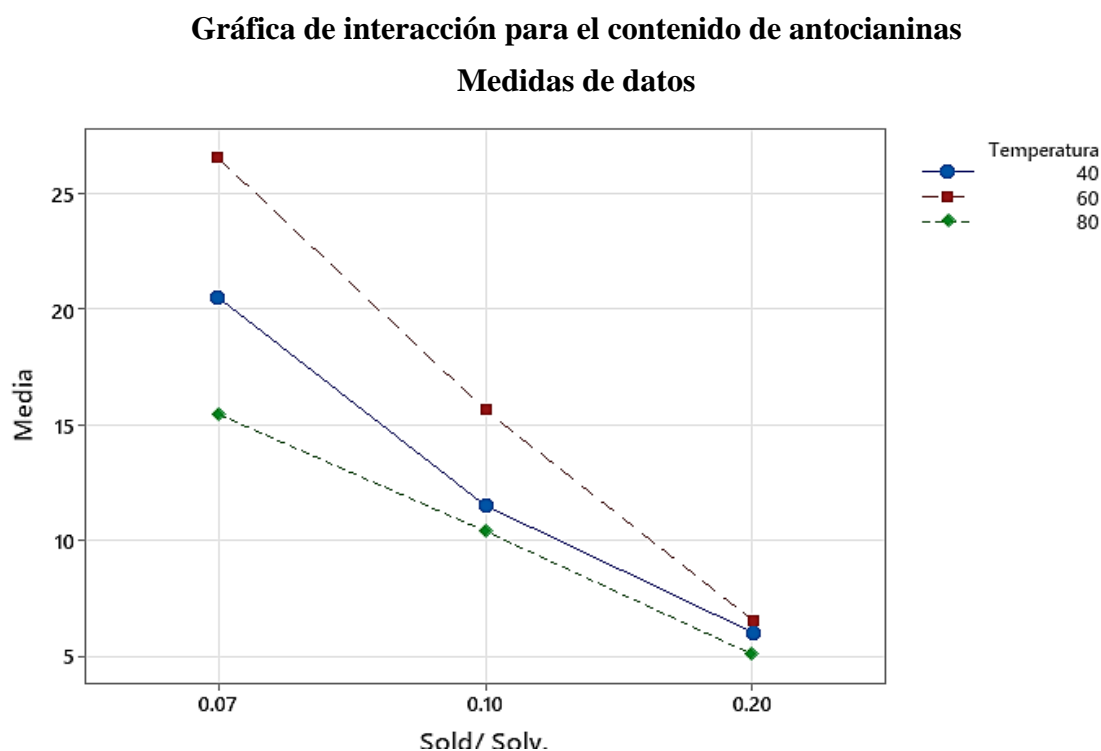


Figura 12

Efectos de interacción para el rendimiento



V. DISCUSIÓN

5.1 Análisis proximal de sub producto de sauco fresco

Comparando los resultados del estudio realizado por Domínguez et al (2020). Los análisis mostraron que estas bayas son una fuente rica en sólidos solubles totales, fibra y ácidos grasos poliinsaturados, con un contenido significativo de omega-3 (38,12 g/100 g) y omega-6 (39,54 g/100 g). Por otro lado, De Mera et al., (2020) en su estudio determinó la composición proximal de bayas enteras de sauco variedad *Sambucus Nigra* L. donde se obtuvo una cantidad de proteínas de 10.5 g/ 100g, esto no difiere significativamente con los resultados en la presente investigación a diferencia del contenido de humedad del 91.5% obtenido en su estudio, en contraste al valor de 77,29% obtenidos en la presente investigación, esto se debe a que, se trabajó con bayas enteras a diferencia del presente estudio, donde se trabajó con subproductos teniendo en ellos una mayor cantidad de sólidos dentro de su composición.

En cuanto al contenido de grasa el autor reporto un valor de 3.01 g/100g, este valor no difiere con los resultados obtenidos. Por otro lado, si difiere en el contenido de fibra con un valor de 17.05 g/ 100g, en comparación con los resultados obtenidos de 37.29 g/ 100g, Debido a la relación de la cantidad de sólidos presentes en el subproducto a diferencia de la baya entera. El contenido de cenizas con un valor de 9.02 g/ 100g a diferencia de los 4.57 g /100g un valor menor en casi un 48% debido también a la concentración de solidos en subproducto.

Además de ello, De Mera reportó cantidades de minerales, como Calcio, Fosforo, y Hierro con valores de 36.21, 23.03 y 20.36 mg/ 100g y vitamina C con un valor de 17.25 g /100g. En comparación a estos resultados, Ferreira et al., (2020) determinó el contenido de Calcio, Fosforo, y Hierro con valores de 28.06, 54.00 y 18.06 mg/ 100g.y vitamina C con un valor de 34.10 g /100g. De acuerdo a ello se muestran algunas diferencias significativas entre los valores.

5.2 Efecto de la temperatura en el contenido de antocianinas

Los resultados revelaron que la temperatura tiene un efecto significativo sobre el contenido de antocianinas, siendo 60 °C la condición óptima para su extracción. A 40 °C, la extracción es eficiente, pero no alcanza el máximo rendimiento en términos de antocianinas, posiblemente por una baja energía cinética que limita la difusión del pigmento. A 80 °C, se observa una reducción drástica en el contenido de antocianinas. Según Baeza et al., (2020) esto podría deberse a la degradación térmica de estos compuestos, los cuales son conocidos por su sensibilidad al calor. Esta degradación se relaciona con la estructura química de las antocianinas, particularmente su grupo hidroxilo que es susceptible a oxidación y descomposición a altas temperaturas. Así mismo Busso (2019) apoya estos hallazgos, indicando que temperaturas moderadas permiten una mejor solubilización sin inducir inestabilidad molecular. La acción del ultrasonido a 60 °C puede haber promovido una mejor ruptura de las paredes celulares sin comprometer la integridad de los compuestos fenólicos. En contraste, Ahl (2023) afirma que, a temperaturas mayores, la energía térmica adicional puede acelerar reacciones de oxidación no enzimática y la despolimerización de antocianinas. El patrón observado sugiere que el proceso está gobernado por un equilibrio entre la mejora en la solubilidad y la estabilidad térmica de los compuestos bioactivos. Además, la mayor viscosidad del extracto a temperaturas menores podría haber dificultado la liberación de antocianinas. Por tanto, para Arriola et al., (2021) controlar la temperatura

de extracción es crucial para maximizar la concentración de pigmentos sin comprometer su integridad.

5.3 Efecto de la relación sólido/solvente en la eficiencia de extracción

La relación: sólido/solvente también mostró un impacto estadísticamente significativo sobre el contenido de antocianinas. La proporción de 1:15 (0.067 g/mL) fue la más eficaz para la mayoría de los tratamientos, generando los valores más altos de antocianinas extraídas. Esta relación favorece una mayor disponibilidad de solvente para disolver los compuestos fenólicos presentes en el subproducto. Bueno et al., (2012) menciona que a menores proporciones (1:5), la concentración de materia sólida puede saturar el sistema, limitando la solubilidad y la difusión del pigmento. Asimismo, una menor cantidad de solvente puede generar una matriz más densa que dificulta la penetración del líquido y, por ende, la eficiencia extractiva. Por otro lado, Cameselle et al., (2022) afirma que un exceso de solvente puede ser económicamente no viable a escala industrial, lo cual requiere un balance entre eficiencia y costo. La capacidad del solvente (etanol/agua 50:50, pH 2.5) para estabilizar las antocianinas también es clave; con más solvente disponible, hay mejor interacción con las membranas celulares. Esto concuerda con Cudenneec et al., (2012) el cual afirma que a mayor proporción de solvente también mejora el gradiente de concentración, facilitando la difusión desde el interior del tejido vegetal. Las características fisicoquímicas del subproducto del saúco, como su alta proporción de fibra, también podrían limitar la extracción a proporciones más bajas. Por tanto, una relación: sólido/solvente de 1:15 es óptima en este contexto, pero su aplicación práctica dependerá del análisis costo-beneficio.

5.4 Interacción entre la temperatura y relación sólido/solvente

El análisis de varianza indicó que existe una interacción estadísticamente significativa entre los factores de temperatura y relación sólido/solvente. El tratamiento T4 (60 °C, 1:15) proporcionó la mayor concentración de antocianinas (855.88 mg/kg), indicando un efecto sinérgico de ambos factores. Según Ferreira et al., (2020), esta sinergia se explica por el equilibrio ideal entre disolución, estabilidad térmica y capacidad de extracción promovida por el ultrasonido. La interacción refleja que el efecto de un factor depende del nivel del otro; es decir, 60 °C es más efectivo solo si se usa suficiente solvente. Por otro lado, Esteward (2023) afirma que, en condiciones extremas, como 80 °C y 1:5, ambos factores actúan negativamente: la temperatura degrada y la baja proporción de

solvente restringe la extracción. La curva de rendimiento antociánico presenta un comportamiento típico de campana, con un pico óptimo y caídas en ambos extremos del rango experimental, esto sugiere que el diseño factorial 3^2 fue adecuado para identificar puntos de optimización en este tipo de extracción vegetal. De acuerdo con Flores (2017), la elección del solvente (etanol: agua 1:1) pudo haber amplificado el efecto sinérgico, ya que mantiene estabilidad fenólica y baja viscosidad. La acción combinada de los factores también debe considerarse en futuros estudios con matrices similares para establecer patrones generalizables.

Estas proporciones de 1:5, 1:10 y 1:15 utilizadas en el experimento muestran una tendencia interesante. A 40 °C, la concentración más alta de antocianinas se alcanza con una relación sólido-solvente de 1:15 con 663,53 mg/kg. Este fenómeno sugiere que una mayor cantidad de solvente permite una mejor distribución de los compuestos desde el material vegetal, maximizando la extracción de antocianinas. Sin embargo, cuando la temperatura aumenta a 60 °C, la relación 1:10 genera la mayor concentración 745,03 mg/kg. Según Kitryté et al., (2019), una cantidad moderada de solvente es más eficiente a temperaturas superiores. Esto también puede estar relacionado con la saturación del solvente, lo que indica que no siempre más solvente significa una extracción más eficiente.

Los resultados de la presente investigación arrojan un patrón claro en la concentración de antocianinas en función de la temperatura aplicada durante el proceso de extracción. Para cada relación sólido-solvente, al aumentar de 40 °C a 60 °C la temperatura, se observa un aumento en la concentración de antocianinas. Es decir, que a una relación de 1:5, las concentraciones suben de 550,25 mg/kg a 598,28 mg/kg. Según Pascariu et al., (2024), este comportamiento se debe probablemente a que temperaturas más altas faciliten la disolución de compuestos bioactivos al aumentar la permeabilidad celular y mejorar la eficiencia del ultrasonido. Sin embargo, al aumentar a 80 °C, se nota una disminución en la concentración de antocianinas.

Pascariu et al., (2024) menciona que, entre las técnicas evaluadas, la extracción asistida por ultrasonido resultó ser la más eficaz para liberar compuestos fenólicos de la matriz vegetal dentro de su estudio y es una de las técnicas más recomendable y menos destructivas en cuanto a las antocianinas en comparación a otros métodos, alcanzando un contenido máximo de 740,89 mg/kg de equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca. En comparación a los resultados del presente estudio, la concentración máxima de antocianinas expresadas en cianidin 3-glucoside (mg/kg) fue de 855.88 ± 0.75 .

Los resultados de la presente investigación, llevan una tendencia similar a la reportada por Mutavski et al. (2022), en su estudio sobre la extracción de compuestos bioactivos en los residuos de sauco variedad *Sambucus Nigra* L. encontraron un contenido de antocianinas de 449, 024 cianidina 3-glucosido mg/ kg, valores similares en la presente investigación.

Kitrytè et al. (2019) menciona, que, al aumentar la cantidad de solvente por gramo de muestra, disminuyendo la relación materia prima y solvente, se observa un incremento en la cantidad de antocianinas extraídas. Esto sugiere que un mayor contacto entre la muestra y el solvente facilita la solubilización de los pigmentos. Ahora bien, considerando que, en el presente estudio, el pH se mantuvo constante en 2.5 para todas las muestras, lo cual es un pH óptimo para la estabilidad de las antocianinas.

5.5 Rendimiento de la extracción

El rendimiento más alto (26.53 $\mu\text{mol/mL}$) se observó en T4 (60 °C, 1:15), lo que coincide con el mayor contenido de antocianinas. Esto confirma que la concentración de antocianinas extraídas influye directamente en el rendimiento del proceso. Sin embargo, la relación no es lineal en todos los tratamientos, lo que sugiere que también influyen factores como la viscosidad, densidad del extracto y posibles compuestos interferentes. A temperaturas más altas (80 °C), el rendimiento cae. Según Mutavsski et al., (2020) esto es debido a la descomposición parcial del extracto o pérdida por evaporación de solventes volátiles. La aplicación de ultrasonido mejora el rendimiento al facilitar la disrupción de paredes celulares, pero su efectividad también depende del tiempo y temperatura. La disminución del rendimiento a relaciones de 1:5 se explica por el menor volumen de solvente disponible para solubilizar todos los compuestos extraíbles. En este contexto el rendimiento actúa como un buen indicador de la eficiencia global del sistema, incluyendo aspectos mecánicos y químicos. La densidad del extracto (1.201 g/mL) fue crucial para calcular con precisión el rendimiento, demostrando la importancia de considerar propiedades fisicoquímicas del medio. Aunque el rendimiento se expresa en $\mu\text{mol/mL}$, su correlación con la concentración sugiere que ambas variables están fuertemente relacionadas. Por ende, maximizar el rendimiento no solo implica extraer más antocianinas, sino hacerlo de forma eficiente y estable.

Pangestu. Et al. (2020) menciona que el uso de subproductos del saúco para extracción de colorantes representa una estrategia de aprovechamiento integral de la materia prima agrícola. Este enfoque reduce el desperdicio agroindustrial y genera valor agregado mediante ingredientes naturales con potencial uso en alimentos, cosméticos y farmacéuticos. Por otro lado, Paseto et al. afirma que la extracción por ultrasonido es una técnica eficiente, económica y sostenible, especialmente cuando se optimizan parámetros como temperatura y proporción de solvente. La utilización de solventes verdes (etanol y agua) permite cumplir normativas alimentarias y facilita su escalado industrial.

Ahora bien, Según Flores (2017) el calor mejora la extracción de compuestos bioactivos al aumentar la solubilidad de las antocianinas y facilitar la disolución celular. Sin embargo, cuando la temperatura sube a 80 °C, el rendimiento comienza a disminuir ligeramente, como se observa en los resultados. Esto sugiere que temperaturas excesivamente altas pueden causar deterioro térmico o pérdida de eficiencia en la extracción, posiblemente debido a la degradación de las antocianinas.

Por ende, la relación sólido-solvente también tiene un impacto significativo en el rendimiento. Para las tres temperaturas estudiadas (40 °C, 60 °C y 80 °C), se observa que una mayor proporción de solvente (1:15) da lugar a un mayor rendimiento de antocianinas. La temperatura de tratamiento que sobresalió fue de 60 °C y una relación sólido-solvente de 1:15, ya que estas condiciones produjeron el mayor rendimiento (26.53 %) en comparación con las demás combinaciones de temperatura y solvente. Según Pangestu et al., (2020) esto indica que un equilibrio entre una temperatura moderada y una proporción adecuada de solvente es crucial para optimizar la extracción sin comprometer la integridad de las antocianinas. Si bien las relaciones 1:10 y 1:15 parecen proporcionar buenos rendimientos, usar menos solvente (1:5) produce rendimientos significativamente más bajos, lo que podría no ser eficiente para procesos a gran escala. Esto concuerda con Seymenska et al., (2024) donde menciona que en análisis comparativo entre las diferentes combinaciones de temperatura y proporción sólido-solvente revela que las temperaturas moderadas (60 °C) combinadas con una mayor proporción de solvente son las más efectivas para maximizar el rendimiento de antocianinas. Y se comprueba al observar el rendimiento, resultando casi el doble cuando se compara la extracción a 40 °C y 60 °C con la misma relación de 1:15. En contraste, a 80 °C se observa un descenso en el rendimiento a medida que aumenta la proporción de solvente, lo que confirma que las altas temperaturas pueden tener un impacto negativo debido a la degradación térmica de las antocianinas.

VI. CONCLUSIONES

- Se recolectaron las bayas de sauco fresco (*Sambucus nigra* L.) provenientes del anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja región Huancavelica y se obtuvieron sub producto (cascaras y semillas).
- Se determinó la composición proximal del subproducto fresco de sauco (*Sambucus Nigra* L.), dando como resultado en base a g/100g: La humedad en $77,29 \pm 0,09$, el contenido de cenizas en $4,75 \pm 0,06$, el contenido de grasas en $2,84 \pm 0,01$, el contenido de proteínas en $11,18 \pm 0,09$, los carbohidratos totales en $81,22 \pm 0,03$, la fibra cruda en $37,29 \pm 0,24$ y, por último, el valor energético $89,32 \pm 0,03$ Kcal /100g.
- Se obtuvo colorante liquido a partir de subproducto de sauco y se evaluó el efecto de las variables de proceso (temperatura y la relación solido solvente). Donde se determinó el contenido de antocianinas utilizando el método pH diferencial expresadas en (cyanidin 3-glucoside(mg/kg)).
- Se afirma en la presente investigación que la temperatura y la relación sólido/solvente tienen un efecto significativo sobre el contenido de antocianinas y el rendimiento del extracto de subproducto de saúco.
- La combinación óptima fue $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una proporción sólido/solvente de 1:15 (0.067 g/ml), condiciones bajo las cuales se obtuvo el mayor contenido de antocianinas (855.88 mg/kg) y el mayor rendimiento ($26.53\text{ }\mu\text{mol/L}$).
- Temperaturas superiores $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ redujeron significativamente ambos parámetros, probablemente por degradación térmica de los compuestos fenólicos.
- La técnica de extracción asistida por ultrasonido, combinada con solventes hidroalcohólicos, demostró ser eficaz y adecuada para la obtención de colorantes naturales.
- La valorización del subproducto del saúco como fuente de pigmentos naturales promueve la sostenibilidad y aprovechamiento integral de recursos agrícolas locales. La temperatura y la relación sólido/solvente tienen un efecto significativo sobre el contenido de antocianinas y el rendimiento del extracto de subproducto de saúco.

VII. REMCOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar este tipo de extracción a nivel industrial, así como su sostenibilidad y costos en procesos a escala industrial.
- Se recomiendan realizar investigaciones adicionales para explorar otras variables y condiciones como como el tamaño de partícula de la muestra, la presencia de cosolventes o la adición de diferentes tipos de ácidos que podrían mejorar aún más el rendimiento y el contenido de antocianinas totales del colorante extraído.
- Se recomienda utilizar una temperatura alrededor de 60°C y una relación: sólido/solvente de 1:15 para obtener tanto un contenido máximo de antocianinas como un buen rendimiento en la extracción. Estas condiciones proporcionan resultados óptimos y son coherentes con los datos experimentales.
- Se recomienda evaluar la estabilidad del extracto bajo distintas condiciones de almacenamiento (luz, temperatura, pH) para asegurar su uso en productos con vida útil prolongada.
- Considerar el uso del residuo post-extracción (rico en fibra) como ingrediente funcional en productos de panadería o suplementos dietéticos.
- Implementar estudios piloto para validar la eficiencia del proceso a mayor escala, evaluando el consumo energético, recuperación de solventes y tiempos de procesamiento.
- Evaluar los costos operativos, insumos y retorno de inversión, incluyendo el impacto ambiental del proceso para validar su viabilidad comercial.
- Identificar otros compuestos bioactivos presentes en el extracto (como flavonoides, ácidos fenólicos) para potenciales aplicaciones nutracéuticas.
- Por último, la identificación de otras antocianinas: Aunque se cuantificaron las antocianinas en términos de cianidina 3-glucósido, sería relevante identificar y cuantificar otros tipos de antocianinas presentes en la muestra todos estos puntos son importantes a tomar en cuenta para próximas investigaciones relacionadas a extracción de colorantes de sub productos de *Sambucus Nigra* L, utilizado solventes verdes.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ahl, J. (2023, 24 julio). Elderberries are a successful niche crop at a crossroads: go big or stay small. *KCUR - Kansas City News And NPR*. <https://www.kcur.org/2023-07-13/elderberries-niche-crop-at-crossroads-go-big-or-stay-small>
- Arici, M., Karasu, S., Baslar, M., Toker, O. S., Sagdic, O., & Karaagacli, M. (2016). 204 Tulip petal as a novel natural food colorant source: Extraction optimization and stability studies. *Industrial Crops and Products*, 91, 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.003>
- Arriola, G. C. P., Luna, J. P., & Medina, J. L. F. (2021). Elaboración de una bebida de maíz morado con máxima retención de antocianinas. *Alpha Centauri*, 2(1), 52-61. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i1.29>
- Aryanti, N., Nafiunisa, A., & Wardhani, D. H. (2019). Conventional and ultrasoundassisted extraction of anthocyanin from red and purple roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces and characterisation of its anthocyanin powder. *International Food Research Journal*, 26(2), 529–535.
- ASALE- Asociación de Academias de la Lengua Española. 2020. Diccionario de la lengua española. Real Academia Española. Madrid (<https://dle.rae.es/>).
- Bertolo, M. R. V., Bogusz, S., Junior, & Mitchell, A. E. (2023). Green Strategies for Recovery of Bioactive Phenolic Compounds from Agro-Industrial Wastes (Pomegranate Peels, Almond Hulls, and Elderberry Pomace) Using Natural Deep Eutectic Solvents. *ACS Food Science & Technology*, 3(12), 2144-2156. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00367>
- Bueno, J. M., Sáez-Plaza, P., Ramos-Escudero, F., Jiménez, A. M., Fett, R., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Color, and Intake of Anthocyanins. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*, 42(2), 126-151. <https://doi.org/10.1080/10408347.2011.632314>
- Busso C. Carolina; Baeza, Rosa; Sánchez, Virginia. (2019). “Physicochemical properties and bioactive compounds content in encapsulated freeze-dried powders obtained from blueberry, elderberry, blackcurrant and maqui berry.” [en línea]. En *Journal of Berry Research*, 9. DOI:10.3233/JBR-190409
- Campo-Banguero, L. M., & Ramírez-Navas, J. S. (2021). Capacidad antioxidante en helados y derivados lácteos. *Revista Colombiana de Investigaciones*

Agroindustriales/Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 8(1), 23-41. <https://doi.org/10.23850/24220582.3982>

- Crespo, A.B & Cossio, F. E Métodos de muestreo para la optimización de diseño de experimentos., *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya* (2022), vol. 14, no. 9, pág. 39-44. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/644>
- Cudennec, B., Caradec, T., Catiau, L., & Ravallec, R. (2012). Upgrading of Sea By-products. En *Advances in food and nutrition research* (pp. 479-494). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416003-3.00031-7>
- De Mera, A. G., Perea, E. L., Quino, J. M., Marquina, I. T., & Orellana, J. A. V. (2020). Acerca de *Sambucus peruviana* Kunth (Viburnaceae). La identidad de una planta medicinal andina. *Arnaldoa*, 27(2), 553-560. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27207>
- Domínguez, R., Zhang, L., Rocchetti, G., Lucini, L., Pateiro, M., Munekata, P. E., & Lorenzo, J. M. (2020). Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chemistry*, 330, 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>
- Esteward, C. M. W. (2023). *Influencia de la adición de harina de cáscara de mandarina sobre los compuestos bioactivos en yogurt de sauco*. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4449>
- Ferreira, S. S., Silva, A. M., & Nunes, F. M. (2020). *Sambucus nigra* L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities. *Food Reviews International*, 38(6), 1237-1265. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1788578>
- Flores, E. (2017). Extracción de Antioxidantes de las Bayas del Sauco (*Sambucus nigra* L. subsp. *peruviana*) con Ultrasonido, Microondas, Enzimas y Maceración para la obtención de Zumos Funcionales. *Información Tecnológica*, 28(1), 121-132. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642017000100012>
- Fu, F. H. K., Xu, M., & Li, W. (2020). Antiviral Phytomedicine Elderberry (*Sambucus*) will be Inhibition of 2019-nCoV [Conjunto de datos]. En *Authorea*. <https://doi.org/10.22541/au.158168950.03798827>
- Galán de Mera, A., Linares Perea, E., Montoya Quino, J., Torres Marquina, I., & Vicente Orellana, J. A. (2020). Acerca de *Sambucus peruviana* Kunth (Viburnaceae). La

- identidad de una planta medicinalandina. *Arnaldoa*, 27(2), 553-560.
<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27207>
- GBIF, Servicio mundial de información sobre biodiversidad *Sambucus*. (2023). *peruviana Kunth*. (s. f.). <https://www.gbif.org/species/3857458>
- Giusti, M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1). <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>
- Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal Of Environmental Management*, 299, 113571. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113571>
- Gupta, S., Finelli, R., Agarwal, A., & Henkel, R. (2020). Total, antioxidant capacity—Relevance, methods and clinical implications. *Andrologia*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/and.13624>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Ibañez E. & Señoráns F.J. (2005) LIQUID CHROMATOGRAPHY | Food Applications, Editor(s): Paul Worsfold, Alan Townshend, Colin Poole, Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), Elsevier, Pages 276-287, ISBN 9780123693976, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00332-0>.
- Kilham, C. (2000). Health Benefits Boost Elderberry. *Herbal Gram*, 50: 55-57.
- Kitrytė, V., Laurinavičienė, A., Syrpas, M., Pukalskas, A., & Venskutonis, P. R. (2019). Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Journal Of CO2 Utilization*, 35, 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.09.020>
- Kitrytė, V., Laurinavičienė, A., Syrpas, M., Pukalskas, A., & Venskutonis, P. R. (2019). Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Journal Of CO2 Utilization*, 35, 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.09.020>
- López-Vidaña, E. C., Figueroa, I. P., Cortés, F. B., Rojano, B., & Ocaña, A. N. (2016). Effect of temperature on antioxidant capacity during drying process of mortiño

(*Vaccinium meridionale* Swartz). *International Journal of Food Properties*, 20(2), 294-305. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1155601>

Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z. M., & Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. *Trends In Food Science & Technology*, 116, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - *MIDAGRI*. (s. f.). Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/midagri>

Mohammadnezhad, P., Valdés, A., & Álvarez-Rivera, G. (2023). Bioactivity of food byproducts: an updated insight. *Current Opinion in Food Science*, 52, 101065. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101065>

Mutavski, Z., Nastić, N., Živković, J., Šavikin, K., Veberič, R., Medič, A., Pastor, K., Jokić, S., & Vidović, S. (2022). Black Elderberry Press Cake as a Source of Bioactive Ingredients Using Green-Based Extraction Approaches. *Biology*, 11(10), 1465. <https://doi.org/10.3390/biology11101465>

Muthukumar, P., Lakshmi, D., Koch, P., Gupta, M. K., & Srinivasan, G. (2022). Effect of drying air temperature on the drying characteristics and quality aspects of black ginger. *Journal Of Stored Products Research*, 97, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101966>

Ortega, V. (2004). Estudio Comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. *Valdivia, Chile*. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fap259e/pdf/fap259e.pdf>

Özgür, M. Ü., & Çimen, E. (2018). Ultrasound-Assisted Extraction of Anthocyanins from Red Rose Petals and New Spectrophotometric Methods for the Determination of Total Monomeric Anthocyanins. *Journal of AOAC International*, 101(4), 967–980. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0307>

Pangestu, N. P., Miyagusuku-Cruzado, G., & Giusti, M. M. (2020). Copigmentation with Chlorogenic and Ferulic Acid Affected Color and Anthocyanin Stability in Model Beverages Colored with *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra*, and *Daucus carota* during Storage. *Foods*, 9(10), 1476. <https://doi.org/10.3390/foods9101476>

Pascariu, O., Dias, L. G., & Israel-Roming, F. (2024). Optimization of Extraction Method of Bioactive Compounds from Elderberries (*Sambucus nigra* L.) and Testing Extract Stability. *Horticulturae*, 10(7), 743. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070743>

- Paseto, F. R., Trindade, M. A., & De Melo, M. P. (2018). Natural Antioxidants and Food Applications: Healthy Perspectives. En Elsevier eBooks (pp. 31-64). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811446-9.00002-2>
- Paucar Quispe, M. J. (2014). Influencia de la adición del sauco (*sambucus peruviana* l.) en las características fisicoquímicas y organolépticas del yogurt natural. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/91>
- PERÚ ACORDE 2000. Sauco "Estudio económico Productivo del Perú". Lima-Perú. Lamina 81-A.
- Ramos Córdoba, E. (2021). Antocianinas: revisión bibliográfica de su procesamiento y potencial uso como colorante natural en alimentos.
- Reyes, G. M., Sánchez P. I., & Espinoza B. C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablasperuanas.pdf?v=1684253633>
- Rojas, E., Torrejòn, L., Muñoz, L., Medina, M., Mori, D., & Castro, E., (2021). Capacidad antioxidante, contenido fenólico total y compuestos fenólicos de pulpa de bagazo de cuatro bayas peruanas., volumen 7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07787>
- Seymenska, D., Teneva, D., Nikolova, I., Benbassat, N., & Denev, P. (2024). In Vivo Anti-Inflammatory and Antinociceptive Activities of Black Elder (*Sambucus nigra* L.) Fruit and Flower Extracts. *Pharmaceuticals*, 17(4), 409. <https://doi.org/10.3390/ph17040409>
- Silva P, Ferreira S, Fernando M. Nunes , (2017) Elderberry (*Sambucus nigra* L.) by-products a source of anthocyanins and antioxidant polyphenols, *Industrial Crops and Products*, Volume 95, Pages 227-234, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.018>.
- Sui, X., Dong, X., & Zhou, W. (2014). Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chemistry*, 163, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.075>
- Swanson B.G. (2003) TANNINS AND POLYPHENOLS, Editor(s): Benjamin Caballero, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, Academic Press, Pages 5729-5733, ISBN 9780122270550, <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01178-0>.
- Teixeira, V. L., Da Silva, R. G., Bona, E., Pereira, C., Barros, L., Ferreira, I. C., Bona, E., & Leimann, F. V. (2022). Chemometric approaches to evaluate the substitution of

synthetic food dyes by natural compounds: The case of nanoencapsulated curcumin, spirulina, and hibiscus extracts. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 154, 112786. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112786>

Tomas, A. T. (2019). Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la estabilidad del extracto acuoso de antocianina obtenida por extracción asistida por microondas a partir de la cáscara de Sauco (*Sambucus peruviana* HBK). <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2066>

Waswa, E. N., Li, J., Mkala, E. M., Wanga, V. O., Mutinda, E. S., Nanjala, C., Odago, W. O., Katumo, D. M., Gichua, M. K., Gituru, R. W., Hu, G., & Wang, Q. (2022). Ethnobotany, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of the genus *Sambucus* L. (Viburnaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 292, 115102. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115102>

Yousuf, B., Gul, K., Wani, A. A., & Singh, P. (2016). Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13), 2223–2230. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.805316>

Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal Of Food Biochemistry*, 44(9). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>

Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. *México DF: McGraw-Hill Interamericana*.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Vásquez, L., Campos, G., Melo, K., Macias, K. (2024) *Optimización de la Extracción de Pigmentos Antociánicos de la coronta de maíz morado (Zea mays L.) para Aplicaciones en la Industria Alimentaria. (s. f.)*. <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/98/12<.3>

IX. ANEXOS

Anexo 1

Identificación de plantaciones de sauco (Sambucus nigra L.) y ubicación geográfica del Anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja – Huancavelica.



Anexo 2

Recolección de frutos de sauco en el del Anexo de Colca, distrito de Acraquia provincia Tayacaja - Huancavelica



Anexo 3

Constancia de determinación botánica



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA N° 122-USM-MHN-2023

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fértil) recibida de **Max Antony Laguna Bernardo**, Estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernandez Morillo ha sido estudiada y clasificada como: *Sambucus nigra* L. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Dipsacales

FAMILIA : VIBURNACEAE

GÉNERO : *Sambucus*

ESPECIE : *Sambucus nigra* L.

Nombre vulgar: "Saúco"

Procedencia: Departamento de Huancavelica, Provincia Tayacaja, Distrito Pampas

Determinado por: MSc. Hamilton Beltrán Santiago.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 15 de junio de 2023

Dra. Joaquina Alban Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Av. Aenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-034, Lima 14, Perú

Teléfono: (511) 471-0117, 470-4471
265-6819, 619-7000 anexo 5703

e-mail: herbariumsm@unmsm.edu.pe
<https://museo.hn.unmsm.edu.pe>

Anexo 4

Producción, superficie cosechada, rendimiento y precio en chacra de sauco 2022

Región	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Precio en chacra (S/. / kg)
Nacional	333	76	4.372	1,10
Amazonas	-	-	-	-
Ancash	-	-	-	-
Apurímac	247	63	3.908	1.02
Arequipa	-	-	-	-
Ayacucho	-	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-
Huánuco	-	-	-	-
Ica	-	-	-	-
Junín	86	13	6.631	1.35
La Libertad	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-

Nota: Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística e Información Agraria.

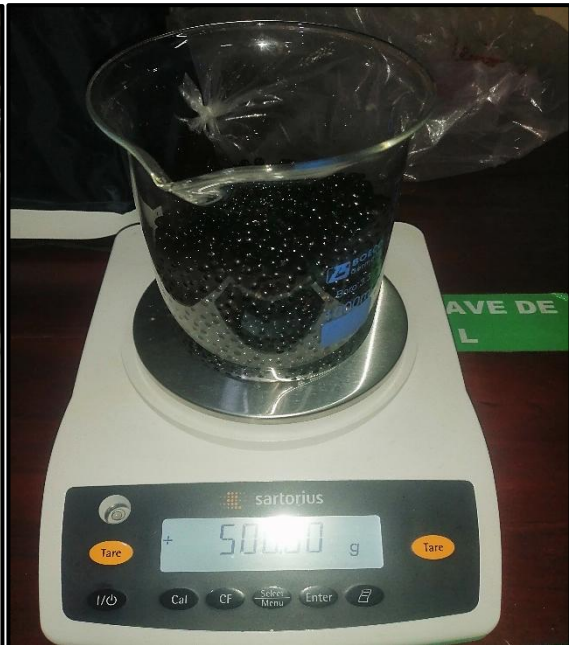
Anexo 5

Acondicionamiento de sauco (*Sambucus Nigra* L.)



1. Materia Prima

2. Lavado y desinfección

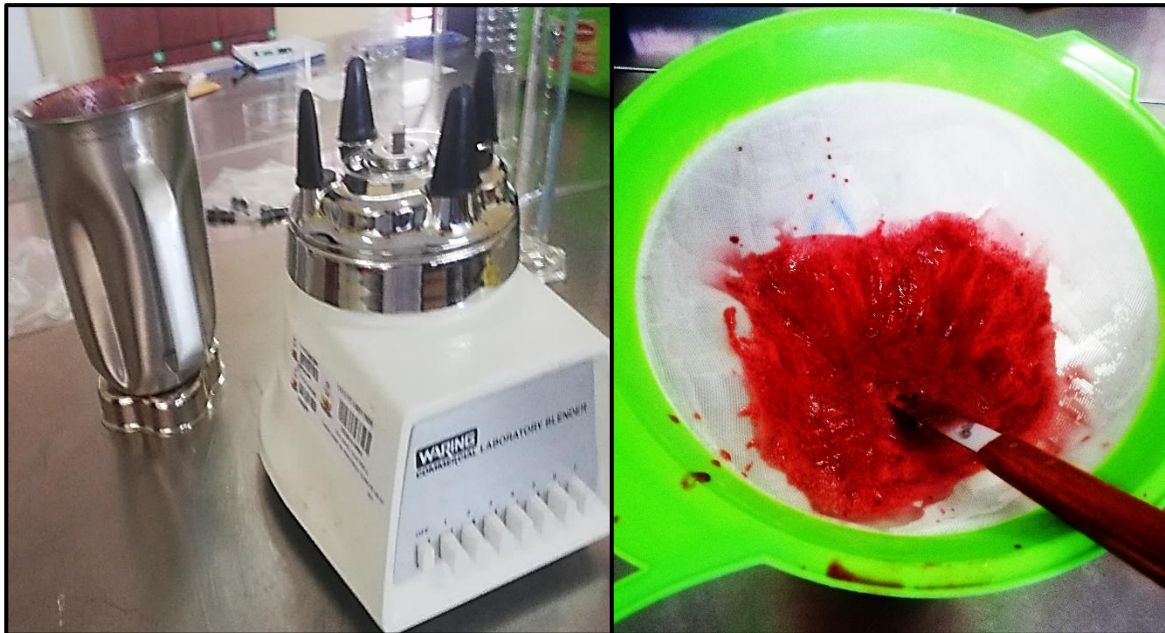


3. Selección

4. Pesado

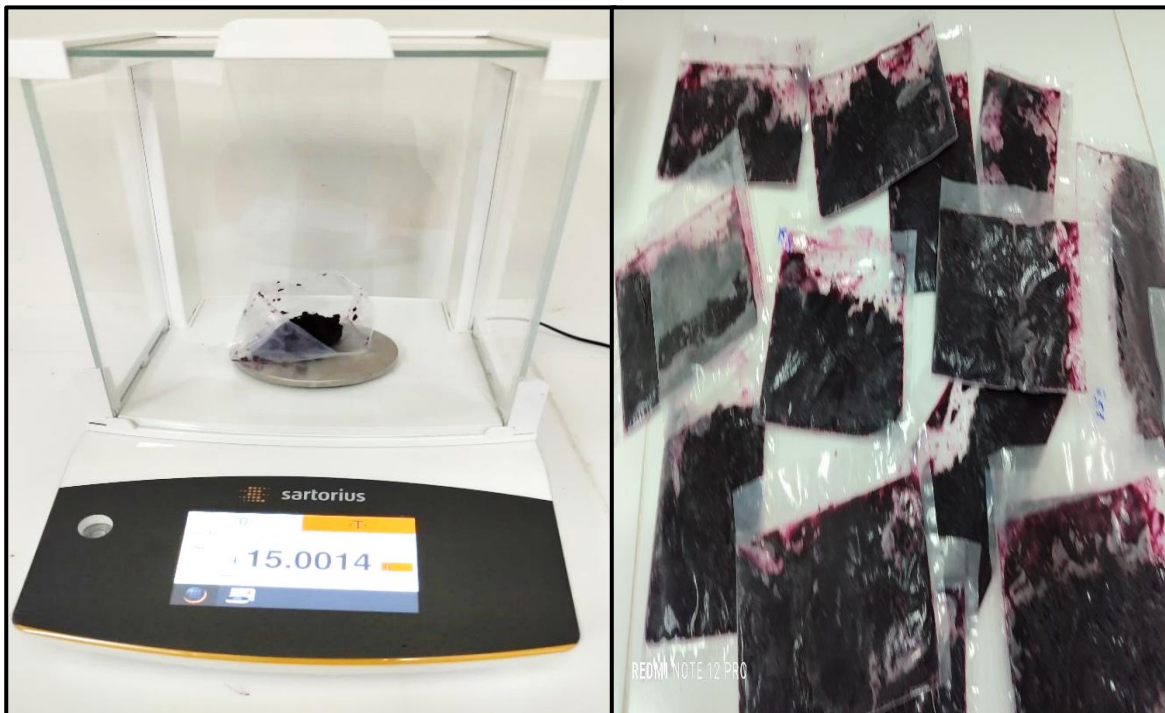
Anexo 6

Obtención de subproducto de sauco (Sanbucus Nigra L.)



1. Pulpeado

2. Separación



3. Pesado

4. Envasado

Anexo 7

Proceso de preparación de solventes



1. Calibración de equipo medidor de pH, Buffers de 4, 7 y 10

2. Preparación de solventes a pH 2.5

Anexo 8

Proceso de extracción de antocianinas de sub producto de sauco



1. Dilución de subproducto en solvente



2. Diluciones a diferentes, relación: solido/ solvente



3. Extractos llevados a equipo Vortex



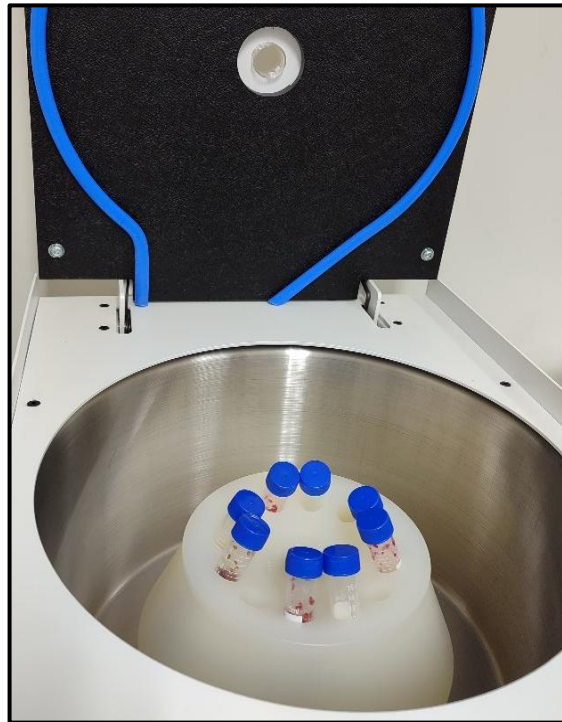
4. Configuración del equipo de baño ultrasónico



5. Muestras llevadas a baño por ultrasonido



6. Proceso de extracción mediante baño de ultrasonido



7. Muestras llevadas a centrifuga



8. Filtrado de extractos



9. Extractos filtrados llevados a refrigeración

Anexo 9

Resultados de análisis proximal y contenido de antocianinas, emitido por el instituto de ciencias de los alimentos y nutrición (ICAN)

	Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición Universidad San Ignacio de Loyola S.A. RUC. 20297868790	Página 1 de 3
---	---	---------------

INFORME DE ENSAYO No. 0037-23_CIQA

N° Orden de Trabajo:	ICAN-0056-23
Cliente:	Max Antony Laguna Bernardo
Ruc:	-
Dirección legal del cliente:	-
Código de cliente:	-
Numero de contrato (cotización):	ICAN-0072-23
Producto descrito por el cliente:	10 muestras de subproductos de sauco
Identificación de la muestra:	CIQA-070 al CIQA-081
Numero de muestras:	10
Código de muestras - Cantidad:	CIQA-070; CIQA-071; CIQA-072; CIQA-073; CIQA-074; CIQA-075; CIQA-076, CIQA-077, CIQA-078, CIQA-079, CIQA-080, CIQA-081
Procedencia de la muestra:	Proporcionado por el cliente
Presentación de la muestra:	1-Bolsa plástica y 9-frascos ámbar
Fecha de recepción de la muestra:	14-11-2023
Fecha de inicio de análisis:	16-11-2023
Fecha de término de análisis:	01-12-2023
Fecha de emisión de Informe:	14-12-2023

RESULTADOS				
Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
Residuo de sauco fresco	Humedad (*)	g/100g	77.28	--
	Cenizas (*)	g/100g	1.08	--
	Grasa (*)	g/100g	0.64	--
	Proteína total (factor 6.25) (*)	g/100g	2.54	--
	Carbohidratos totales (**)	g/100g	18.46	--
	Energía total (**)	Kcal/100g	89.76	--
	Fibra cruda (*)	g/100g	8.47	--

Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
A1	Antocianinas totales (pH-diferencia)	Cyanidin 3-glicoside (mg/kg)	598.28	---
A2	Antocianinas totales (pH-diferencia)		745.03	---
A3	Antocianinas totales (pH-diferencia)		855.88	---
B1	Antocianinas totales (pH-diferencia)		462.88	---
B2	Antocianinas totales (pH-diferencia)		496.15	---
B3	Antocianinas totales (pH-diferencia)		498.96	---

Universidad San Ignacio de Loyola S.A : Av. La Fontana 550 - Urb. San Cesar La Molina LIMA – PERU
ICAN USIL está ubicado en: Campus USIL Pachacamac, Av. Pista Asfaltada, Fundo La Carolina Sección B, Parcela 1, I
Lima,
Lima, Perú - Web: <https://usil.edu.pe/investigacion/ican>

R1	Antocianinas totales (pH-diferencial)	550.25	---
R2	Antocianinas totales (pH-diferencial)	548.98	---
R3	Antocianinas totales (pH-diferencial)	662.03	---

ANEXO			
Ensayo	Norma	Técnica	Rango
Humedad*	AOAC Official Method 920.151; Cap. 37; Ed. 22, Pag 6, 2023. Solids (total) in fruits and fruit products	---	---
Cenizas*	AOAC Official Method 940.26 (A); Cap. 37; Ed. 22, pág. 7. 2023. Ash of fruits and fruit products	---	---
Grasa*	AOAC Official Method 930.09, Cap. 3, Ed 22, Pag 28. 2023. Ether Extract of plants	---	---
Proteínas*	ICAN-CIQA - 001 (validado)	---	---
Fibra cruda*	AOCS American Oil Chemists Society Ba 6a-05, Crude fiber in feed by filter bag technique, page 1-4.	---	---
Carbohidratos; Energía total (**)	María Reyes García; Iván Gómez-Sánchez Prieto; Cecilia Espinoza Barrientos. 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.	---	---
Antocianinas totales (pHdiferencial) *	M.M. Giusti, R.E. Wrolstad. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. F1.2.1-F1.2.13. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00	---	---

ANEXOS 1								
Muestra	Repetición de ensayo	Humedad	Cenizas	grasa	Proteína total	Fibra cruda	Carbohidratos totales	Energía total
Residuo de sauco fresco	R1	77.38	1.09	0.64	2.51	8.49	18.38	89.32
	R2	77.19	1.07	0.65	2.57	8.45	18.52	90.21

Muestra	Ensayo	Unidad	R1	R2	R3
A1	Antocianinas totales (pH-diferencial)		599.25	598.28	597.30
A2	Antocianinas totales (pH-diferencial)		744.07	745.03	745.98

A3	Antocianinas totales (pH-diferencial)	Cyanidin 3-glucoside (mg/kg)	856.63	855.88	855.13
B1	Antocianinas totales (pH-diferencial)		462.36	462.88	463.39
B2	Antocianinas totales (pH-diferencial)		495.56	496.15	496.73
B3	Antocianinas totales (pH-diferencial)		499.02	498.96	498.89
R1	Antocianinas totales (pH-diferencial)		551.07	550.25	549.42
R2	Antocianinas totales (pH-diferencial)		548.89	548.98	549.06
R3	Antocianinas totales (pH-diferencial)		660.02	662.03	664.03

Nota:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL – DA.

(**) Por cálculo matemático

Los resultados indicados en el presente informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto.

El cliente debe proporcionar todos los datos asociados a la toma de Muestras, si ha sido efectuado por él.

N/A: No Aplica.

Los resultados de los ensayos no deberán ser utilizados como una certificación de conformidad o como un certificado del sistema de calidad.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL.




Mg. SC. SANDRA CASIMIRO GONZALES

Jefe del CIQA

Vicerrectorado de Investigación - USIL

Anexo 10

Matriz experimental completa

Tratamiento	Repetición	VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES DEPENDIENTES	
		Temperatura (°C)	Relación: sólido/solvente (g/ml)	Contenido de antocianinas totales (Cyanidin 3-glucoside (mg/kg))	Rendimiento ($\mu\text{mol/ml}$)
1	1	40	1:15	660.02	20.46
2	1	40	1:10	548.89	11.53
3	1	40	1:5	551.07	6.06
4	1	60	1:15	856.63	26.56
5	1	60	1:10	744.07	15.63
6	1	60	1:5	599.25	6.59
7	1	80	1:15	499.02	15.47
8	1	80	1:10	495.56	10.41
9	1	80	1:5	462.36	5.09
1	2	40	1:15	664.03	20.58
2	2	40	1:10	549.06	11.53
3	2	40	1:5	549.42	6.04
4	2	60	1:15	855.13	26.53
5	2	60	1:10	745.98	15.67
6	2	60	1:5	597.30	6.57
7	2	80	1:15	498.89	15.47
8	2	80	1:10	496.73	10.43
9	2	80	1:5	463.39	5.10
1	3	40	1:15	662.03	20.52
2	3	40	1:10	548.98	11.53
3	3	40	1:5	550.25	6.05
4	3	60	1:15	855.88	26.53
5	3	60	1:10	745.03	15.65
6	3	60	1:5	598.28	6.58
7	3	80	1:15	498.96	15.47
8	3	80	1:10	496.15	10.42
9	3	80	1:5	462.88	5.09

Anexo 11

Análisis de varianza para el contenido de antocianinas

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

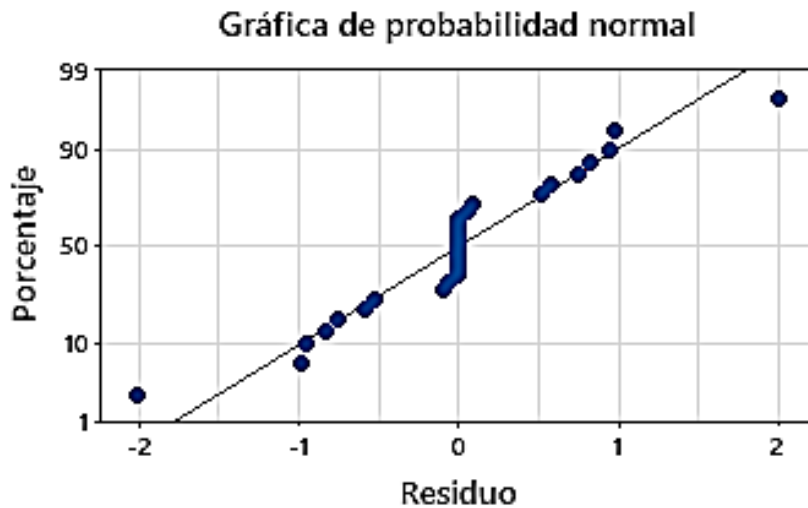
Hipótesis Nula: Todas las medias son iguales

Hipótesis Alternativa: No todas las medias son iguales

a) Datos de los factores

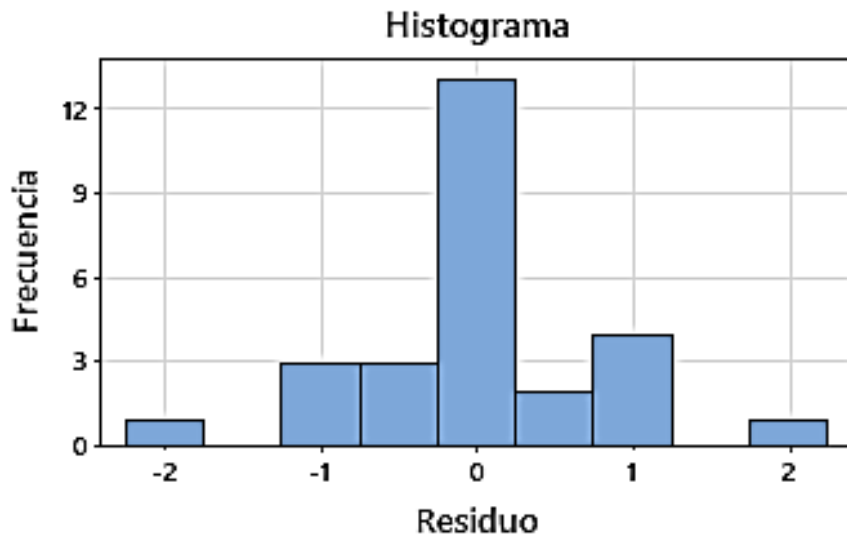
Factor	Niveles	Valores
Temperatura (°C)	3	40, 60, 80
Relación: Sólido /solvente (g/ml)	3	1:15, 1:10, 1:5

b) Prueba de Normalidad contenido de antocianinas totales



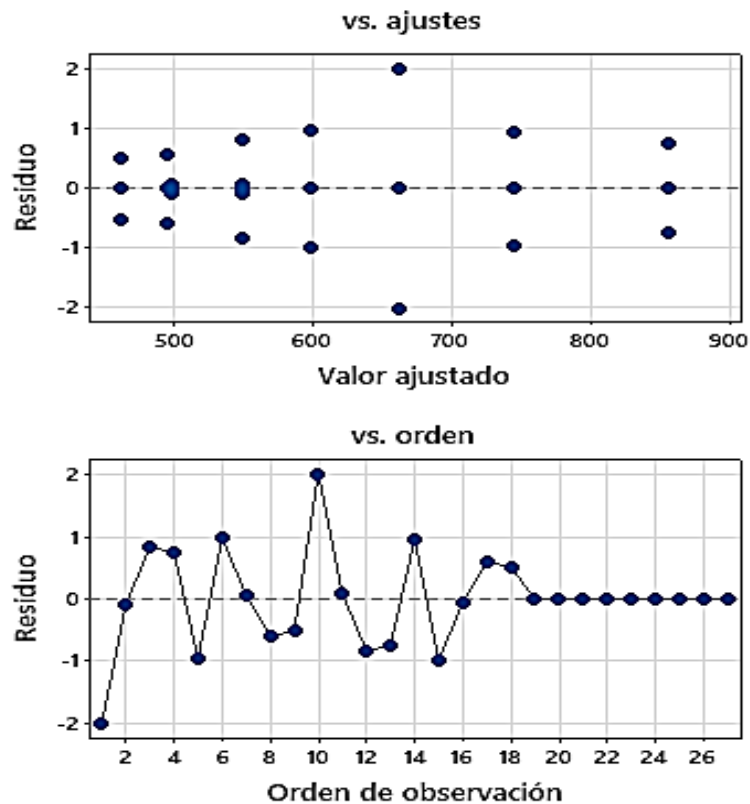
Se observa que los residuos del modelo siguen razonablemente una distribución normal. Esto sugiere que el supuesto de normalidad es válido, por lo tanto, los resultados y las inferencias realizadas a partir de este modelo son confiables.

c) **Histograma de residuos para el contenido de antocianinas totales**



El histograma muestra una distribución aproximadamente simétrica. Esto sugiere que, la distribución de los residuos es razonablemente normal y adecuada en este modelo.

d) **Graficas de residuos**



Anexo 12

Análisis de varianza para el rendimiento

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

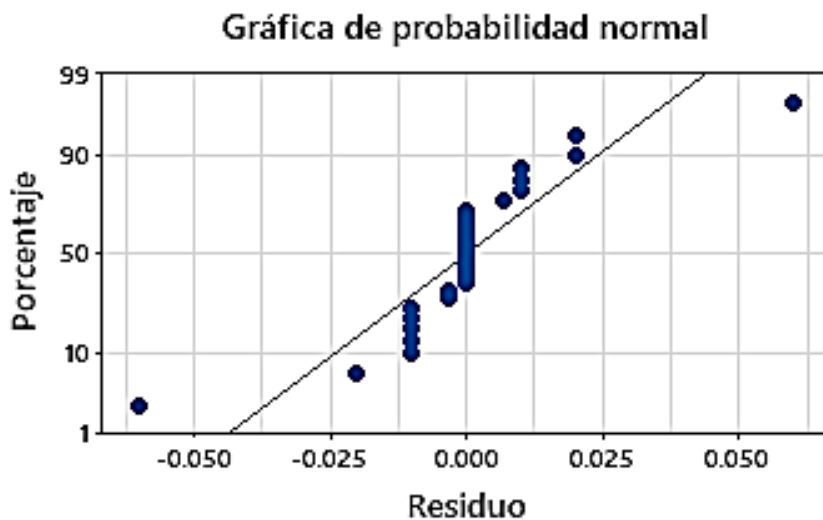
Hipótesis Nula: Todas las medias son iguales

Hipótesis Alternativa: No todas las medias son iguales

a) Datos de los factores

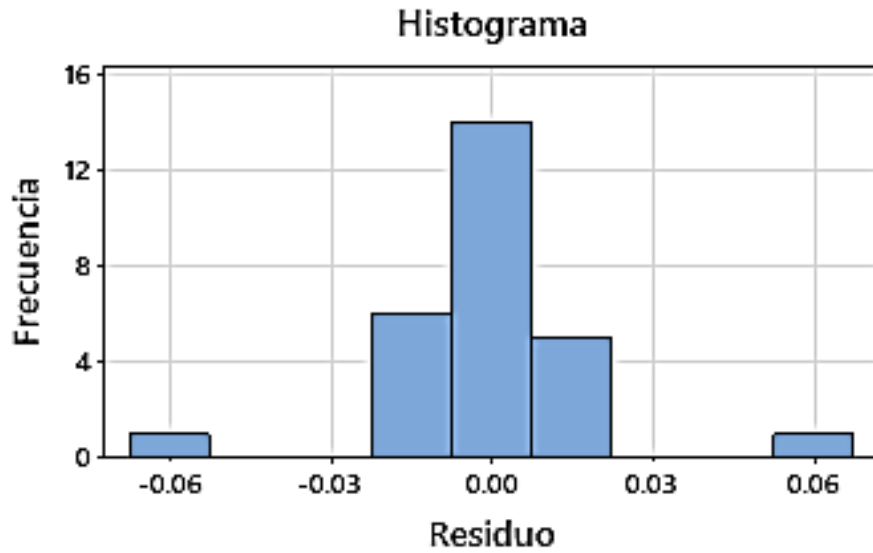
Factor	Niveles	Valores
Temperatura (°C)	3	40, 60, 80
Relación Sólido /solvente (g/ml)	3	1:15, 1:10, 1:5

b) Prueba de Normalidad para el rendimiento



Los residuos del modelo de rendimiento siguen razonablemente una distribución normal. Esto sugiere que el supuesto de normalidad es válido, por lo tanto, los resultados y las inferencias realizadas a partir de este modelo son confiables.

c) **Histograma de residuos para rendimiento**



El histograma muestra una distribución aproximadamente simétrica. Esto sugiere que, distribución de los residuos es razonablemente normal y adecuada en este modelo.