

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



T E S I S

**“EFICIENCIA DE TRES SOLVENTES Y DIFERENTES TIEMPOS DE
EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA DE LA PEPA DE PALTA (*Persea americana*)
VARIEDAD CRIOLLA”**

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:
RAMOS GARCÍA NOEMI ROXANA

Asesores:
Ing. Mtr. Sangay Terrones Max Edwin
Ing. Mtr. Minchán Quispe Willam

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
RAMOS GARCÍA NOEMI ROXANA
DNI: N° 71060714
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Ing. Mtr. Sangay Terrones Max Edwin
Ing. Mtr. Minchán Quispe Willam

Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
EFICIENCIA DE TRES SOLVENTES Y DIFERENTES TIEMPOS DE EXTRACCION DE ANTOCIANINA DE LA PEPA DE PALTA (*Persea americana*) VARIEDAD CRIOLLA
Fecha de evaluación: 13/03/2026
6. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
8. Código Documento: oid: 3117:566851298
9. Resultado de la Evaluación de Similitud: 24%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 18/03/2026

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Ing. Mtr. Sangay Terrones Max Edwin DNI: 10492305

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintitrés días del mes de febrero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 525-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**EFICIENCIA DE TRES SOLVENTES Y DIFERENTES TIEMPOS DE EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINA DE LA PEPA DE PALTA (*Persea americana*) VARIEDAD CRIOLLA**", realizada por la Bachiller **NOEMI ROXANA RAMOS GARCÍA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

Ing. Mtr. William Minchán Quispe
ASESOR

DEDICATORIA

Este logro primeramente va dedicado a Dios por su apoyo infinito que siempre estuvo ahí a pesar de todas las dificultades y me dio ese valor para salir adelante, gracias a él estoy donde estoy.

Luego a mis padres Isidora y Andrés que fueron mi fortaleza para cumplir este gran logro, no saben lo cual importantes fueron en esta trayectoria, no hay palabras para expresar mi agradecimiento hacia ellos, los amo demasiado. Mil gracias papás.

A mí por tener esa perseverancia que habitaba en mis pasos. A mis hermanas Milagros y Giovana que con sus consejos y palabras alentadoras me hacían más fuerte, en especial a mi hermana Milagros que es una segunda mamá para mí, te quiero mucho hermanita eres una gran persona con un corazón maravilloso te mereces todo lo mejor; y como me dijiste un día: “Mientras hay vida hay esperanza” para ti también abuelita que ya descansas en paz.

Y finalmente a todos los gatitos que me acompañaron durante mis años de estudio :)

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Dios por toda su bendición que derramo sobre mí y me permitió cerrar esta etapa en mi vida profesional. A mi Universidad Nacional de Cajamarca que me albergo durante estos años de estudio. A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por los conocimientos impartidos, en especial a mis asesores Ing. Max Edwin Sangay Terrones y Ing. William Minchán Quispe por su asesoría para desarrollar esta investigación de igual manera al Ing. Alito Salas Pastor por sus conocimientos brindados. A mi gran amigo, estoy muy agradecida por vuestro enorme apoyo durante este tiempo. A la vida por permitirme haber conocido grandes amistades durante el periodo de mi formación académica y vivir muchos recuerdos bonitos que los llevaré en el corazón. Finalmente, a toda mi Familia por sus palabras de apoyo.

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, el objetivo fue determinar la eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina en la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla. Para este estudio se usó la metodología de superficie de respuesta.

El diseño de esta investigación tuvo dos factores, solventes: etanol 90%, metanol 70% y NaOH 1% y tiempos de extracción (30 min, 90 min, 150 min), de las cuales se hizo 3 repeticiones de cada una, obteniendo 9 tratamientos, la extracción se realizó mediante la extracción por solventes con la agitación magnética. El experimento se desarrolló bajo condiciones de relación sólido/líquido (1/10), se efectuó la filtración al vacío. Para determinar el contenido de antocianinas totales en la pepa de palta se usó el método del pH diferencial.

Las concentraciones finales de antocianinas en los extractos alcanzaron: 23.712 mg/g (etanol 90%), 84.126 mg/g (metanol 70%) y 108.710 mg/g (NaOH 1%). La optimización en esta metodología se evidencia que las condiciones de extracción con el solvente NaOH 1% y el tiempo de 30 min presentaron los mayores contenidos de antocianinas en donde se obtuvo 108.710 mg/10g.

Palabras clave: Antocianina, vacío, pH diferencial.

ABSTRACT

This research was conducted in the laboratory of the National University of Cajamarca, Professional School of Food Industry Engineering. The objective was to determine the efficiency of three solvents and different extraction times for anthocyanin in avocado seeds (*Persea americana*), Criolla variety.

The design of this research incorporated two factors: solvent types (90% ethanol, 70% methanol, and 1% sodium hydroxide) and different extraction times (30 min, 90 min, and 150 min), with three replicates of each time, resulting in nine treatments. Extraction was performed using solvent extraction with magnetic stirring. The experiment was conducted under a 1:10 solid-to-liquid ratio, and vacuum filtration was used. The differential pH method was used to determine the total anthocyanin content in the avocado seed.

The final anthocyanin concentrations in the extracts were: 23.712 mg/g (90% ethanol), 84.126 mg/g (70% methanol) and 108,710 mg/10g (1% sodium hydroxide). Optimization of this methodology shows that extraction conditions with 1% sodium hydroxide and a time of 30 min yielded the highest anthocyanin contents, with a yield of 108,710 mg/10g.

Keywords: Anthocyanin, vacuum, differential pH.

INDICE

I.	INTRODUCCION	1
1.1.	Descripción del problema	2
1.2.	Formulación del problema	2
1.3.	Justificación.....	2
1.4.	Objetivos	2
1.4.1.	Objetivo general.....	2
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Hipótesis.....	3
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	Antecedentes	3
2.2.	Bases teóricas	7
2.2.1.	Palta (Persea Americana Mill)	7
2.2.2.	Solvente	17
2.2.3.	Antocianinas	18
2.2.4.	Extracción de antocianinas	23
2.2.5.	Determinación de antocianinas	25
2.3.	Definición de términos.....	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	Ubicación	28
3.2.	Materiales.....	29
3.2.1.	Material Biológico.....	29
3.2.2.	Material de Laboratorio	29
3.2.3.	Material de Escritorio	29

3.2.4. Reactivos.....	30
3.3. Metodología	30
3.3.1. Variables	30
3.3.2. Niveles y tratamiento de estudio	30
3.3.3. Diseño experimental.....	31
3.3.4. Procedimientos.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	40
4.1. Contenido de antocianinas totales	40
4.1.1. Extracción con Etanol 90%.....	41
4.1.2. Extracción con Metanol 70%.....	43
4.1.3. Extracción con el Hidróxido de Sodio 1%	45
4.2. Efecto del tiempo y solvente en la concentración de antocianinas	48
4.3. Optimización	51
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. BIBLIOGRAGÍA.....	55
ANEXOS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición nutricional de la palta</i>	12
Tabla 2 Niveles y tratamiento para la extracción de antocianina de pepa de palta (<i>Persea americana</i>)	31
Tabla 3 <i>Análisis de la varianza ANOVA simple para la concentración de antocianinas totales con los solventes (etanol 90%, metanol 70% y NaOH 1%) y diferentes tiempos de extracción (30, 90 y 150 minutos)</i>	48
Tabla 4 <i>Valores óptimos de tiempo y solvente</i>	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Palta criolla</i>	8
Figura 2	<i>Flavonoides</i>	12
Figura 3	<i>Taninos</i>	13
Figura 4	<i>Saponinas</i>	13
Figura 5	<i>Fenoles</i>	14
Figura 6	<i>Oxalatos</i>	14
Figura 7	<i>Fitatos</i>	15
Figura 8	<i>Alcaloides</i>	15
Figura 9	<i>Estructura química de los flavonoides</i>	16
Figura 10	<i>Estructura de las antocianinas</i>	19
Figura 11	<i>Biosíntesis de la antocianina</i>	20
Figura 12	<i>Estructura de la Cianidina</i>	21
Figura 13	<i>Métodos de extracción</i>	24
Figura 14	<i>Mapa satelital de la Universidad Nacional de Cajamarca</i>	28
Figura 15	<i>Diagrama experimental de eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (Persea americana) variedad criolla. Solventes (a1, a2 y a3) y Tiempo (b1, b2 y b3)</i>	32
Figura 16	<i>Diagrama de flujo para la extracción de antocianina en la pepa de palta (Persea americana) variedad criolla</i>	33
Figura 17	<i>Mermas no utilizadas</i>	34
Figura 18	<i>Pepas limpias</i>	35
Figura 19	<i>Rallado</i>	36

Figura 20	<i>Extracción de la muestra</i>	37
Figura 21	<i>Filtración de las muestras</i>	38
Figura 22	<i>Concentración de antocianinas totales con los solventes a diferentes tiempos</i>	40
Figura 23	<i>Extracción de antocianina con etanol 90% en diferentes tiempos</i>	42
Figura 24	<i>Extracción de antocianina con metanol 70% en diferentes tiempos</i>	44
Figura 25	<i>Extracción de antocianina con NaOH 1% en diferentes tiempos.....</i>	45
Figura 26	<i>Pareto estandarizado para la concentración de Antocianinas Totales</i>	49
Figura 27	<i>Superficie de respuesta para Concentración de Antocianinas Totales</i>	50
Figura 28	<i>Curva de optimización.....</i>	51

I. INTRODUCCION

Las pepas de palta son una fuente potencial de fibra siendo, además, un componente del fruto de interés para la obtención de otros subproductos vegetales además de fibra dietética (Ceballos & Montoya, 2013), por ejemplo, para la extracción de aditivos alimentarios, entre ellos antioxidantes, agentes espesantes, colorantes, aromatizantes e incluso antimicrobianos (Barbosa et al., 2016).

El colorante de interés para esta investigación son las antocianinas estas son compuestos fenólicos que pertenecen a la familia de los flavonoides. Las antocianinas se encuentran en la naturaleza principalmente en las flores, frutas y verduras, en las vacuolas de las células vegetales. Actualmente se conocen más de 500 antocianinas diferentes, si bien el 90% de ellas provienen de las 6 antocianinas más comunes: cianidina, pelargonidina, peonidina, delphinidina, malvidina y petunidina. En el caso de la pepa de palta, el tipo de flavonoide mayoritario presente son las antocianinas (Bachiller, 2022).

Por eso mediante esta investigación se determinará la eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*).

Para la extracción de las antocianinas, todos los métodos de extracción deben tener en cuenta la degradación de estas por temperatura, pH y luz. Por ello, para obtener buenos resultados que garanticen pigmentos estables se recomiendan procesos cortos a alta temperatura, no superior a 65°C.

Esperando que la investigación dé buenos resultados y sirva como apoyo para futuras investigaciones.

1.1. Descripción del problema

En la actualidad la mayoría de las personas y empresas desechan las pepas de palta, siendo un subproducto muy importante en donde se encuentra un pigmento que puede sustituir más adelante a los pigmentos sintéticos, dichos pigmentos generan una contaminación al medio ambiente, fuera de eso la antocianina como pigmento tiene otras bondades. Es por ello que mediante esta investigación se harán pruebas experimentales con diferentes solventes para ver con cuál de ellos tiene una mejor eficiencia a diferentes tiempos de extracción utilizando las pepas de palta de la variedad criolla.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla?

1.3. Justificación

La investigación sobre la eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla, se realizó porque nos sirve para analizar cuál solvente es el más óptimo para su extracción; asimismo con el tiempo empleado.

También ayudaríamos al medio ambiente al no desperdiciar este subproducto como es la pepa de palta y con utilizarlos como un pigmento en las diferentes ramas de la producción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia de los tres solventes en la extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla.
- Definir el tiempo de extracción de antocianina de la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla con diferentes solventes.

1.5. Hipótesis

De acuerdo a las bibliografías revisadas la extracción de antocianina en la pepa de palta (*Persea americana*) el solvente que presenta mayor eficiencia fue el metanol al 70%; y de los diferentes tiempos empleados el tiempo óptimo fue de 90 min.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Devia & Saldarriaga (2005) en la revista titulada “Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate” se puede extraer un colorante, que es una antocianina, con una solución diluida de hidróxido de sodio y una vez procesado este extracto se obtiene un polvo, soluble en agua y parcialmente soluble en alcohol etílico, que puede usarse para darle color a fibras naturales usando mordientes naturales como los taninos de la corteza de eucalipto. También se puede adicionar a alimentos lácteos y de panadería para modificar su apariencia, una vez purificado por disolución el etanol. Los parámetros del proceso se definen por medio de un Diseño de Experimentos de Superficie de Respuesta: dos horas de extracción, con agitación a 150 rpm y a una temperatura de 75° C, con una solución acuosa de NaOH al 0.5% y con una relación de sólido a solvente de 0.05. De esta investigación se tomará el porcentaje utilizado de NaOH para la parte experimental.

Perez et al. (2023) menciona en su artículo “Caracterización de un tinte natural de la semilla de aguacate (*Persea americana*) para teñir fibras textiles” Se extrajo eficientemente colorante de color marrón-rojizo a partir de la semilla de aguacate en madurez fisiológica y de consumo, haciendo uso de solución de Hidróxido de Sodio 0.5% en peso, a las temperaturas de 50°C y 75°C. El colorante extraído a partir de la semilla de aguacate contiene antocianinas. El rendimiento promedio de las extracciones fue de 90.15%. El uso de Hidróxido de Sodio como solvente resulto ser eficiente para este experimento ya que se obtuvo un alto rendimiento. Del investigado tomaremos los resultados del buen rendimiento del NaOH ya que menciona ser eficiente, además de guiarme de algunos pasos de su metodología empleada.

Huerta (2023) menciona en su artículo “Diseño de un proceso experimental para la obtención del pigmento antocianina a partir de la semilla del aguacate Hass (*Persea americana*) para posible aplicación textil.” Con base en los resultados obtenidos en el espectrofotómetro se concluye que en efecto se extrajeron antocianinas pero no son el compuesto mayoritario en el extracto global, por ello se recomienda hacer pruebas de cromatografía para determinar la cantidad exacta de antocianinas extraídas así como mejorar el rendimiento cambiando el disolvente NaOH por una mezcla etanol:agua (80:20) para que exista una mayor compatibilidad entre la temperatura de degradación de las antocianinas y la temperatura de ebullición del disolvente. También se recomienda probar otros métodos de extracción como lo son la extracción por maceración, ultrasonido o extractor super crítico. Del investigado me tomo su rendimiento final que obtuvo al utilizar el NaOH a una concentración diferente para hacer dicha comparación.

Ludeña (2017) en su tesis “Obtención y caracterización del extracto de antocianina a partir de la granada para alimentos (*Púnica granatum L.*)” La temperatura de extracción optima fue de $60\pm 1^{\circ}\text{C}$, un tiempo de extracción de 20 min, a un pH 2,30 con un rendimiento de 70,36% en base

a la materia como extracto acuoso y de antocianina 0,018 % de concentración. La caracterización de la muestra de extracto de antocianina de granada mediante colorimetría presenta una tendencia hacia el rojo y amarillo. Esta investigación aporta la concentración final de antocianina encontrada, no importa que sea diferente materia prima, pero utilizan las semillas de la materia prima y con un diferente solvente que tiene similitud al metanol.

Farfán et al. (2019) en su trabajo de investigación “Cuantificación y determinación de la actividad antioxidante de los polifenoles del extracto hidroalcohólico de la cáscara, semilla y el zumo del fruto de *Punica granatum* var.wonderfull” Se determinaron las concentraciones de antocianinas en el extracto hidroalcohólico de cáscara, semilla y el zumo del fruto de *Punica granatum*. Los resultados fueron: cáscara (9.618), semilla (0.6345), zumo (0.13359). Esta investigación aporta la concentración final de antocianina encontrada, no importa que sea diferente materia prima, pero utilizan diferente solvente y una metodología diferente para su extracción que me servirá para las discusiones finales que encuentre en mi investigación.

Huaman (2014) en su tesis “Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (*Persea americana*)” Los tratamientos con los solventes orgánicos (acetona al 75%, metanol al 70%) y el agua bidestilada, a diferentes tiempos de extracción, tuvieron la siguiente influencia: mayor la acetona al 75% con una cantidad de 24,4019 mg Ácido gálico/g muestra (b.s), seguidamente del metanol al 70% con 15,7874 mg Ácido gálico/g muestra (b.s) y por último del agua bidestilada con 11,0451 mg Ácido gálico/g muestra (b.s), todos estos datos a un tiempo de extracción de 12h. De esta investigación apporto su metodología y las concentraciones que se utilizó para el metanol.

Mejía (2016) en su estudio de tesis “Extracción y cuantificación de antocianinas en frambuesa *Rubus idaeus L.*) a diferentes temperaturas y tiempos de extracción” La mayor concentración de antocianinas totales se obtuvo a la temperatura de 80 °C empleando un tiempo de extracción de 30 minutos (0,939 mg/g de fruta fresca), mientras que a 60 °C fue de 0,839 mg/g de fruta fresca y a 35 °C la concentración fue de 0,516 mg/g de fruta fresca empleando el mismo tiempo de extracción. De esta investigación se tomó el tiempo de extracción que utilizo en el solvente.

Rojas (2017) en su estudio de tesis “Cuantificación de antocianinas de cáscara del fruto de capulí (*Prunus serotina spp*) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos” El contenido de antocianinas obtenido en cáscara del fruto de capulí más significativo usando etanol al 20 % como solvente, se obtuvo a una temperatura de 70 °C y un tiempo de 30 minutos de extracción, obteniéndose como resultados una media de 2,285 mg/g, una desviación estándar de 0,35 mg/g y un coeficiente de variación de 15,40 %, indicando heterogeneidad en sus resultados, y teniendo una confianza del 95 %, se podría decir que las antocianinas extraídas con este solvente fueron las más estables frente al calentamiento y tiempo. De esta investigación me apporto los resultados finales.

Mora-Barrantes et al. (2017) en su estudio de tesis “Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays l.*) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción” El solvente con el que se extrajo una mayor concentración de antocianinas totales (8,74 mg/g) es el etanol al 20 %, a una temperatura de 50 °C y un tiempo de 60 minutos. De esta investigación me apporto la metodología y los resultados finales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Palta (*Persea Americana Mill*)

A. Definición y origen del producto

La palta es una baya comestible (tipo drupa), cuya forma ovalpiriforme puede presentar una piel de color verde oliva, morado o incluso negro, según la variedad, con una pulpa de color verde-amarillenta y una semilla “hueso” en la parte central. Esta fruta proviene de un árbol (*Persea Americana Mill*), perteneciente a la familia Lauraceae, de la que forman parte también otras plantas productoras de esencias (laurel, canela y alcanfor). Sus hojas enteras de bordes ondulados se disponen de manera alternada sobre las ramas, pasando de coloraciones verde pálido o verde rojizo a verde oscuro a la madurez. Sus flores son de tamaño pequeño, dispuestos en panículas y de coloración amarillo verdosa. Esta especie frutal es actualmente cultivada en países tropicales o subtropicales cálidos (MINAGRI, 2015).

El aguacate como se denomina en el país de origen, México, ya se utilizaba como alimento hace 1500 A.C, mientras en Perú existe evidencia de su uso y consumo, al haberse hallado semillas en tumbas de distintas culturas pre incas (750 a.C.). Los españoles que llegaron a América llamaron a la palta “pera de las Indias”, por su aspecto. Esta posteriormente se fue extendiendo a otros lugares como Norte América (Florida y California) y en el sur y norte de África. Los españoles llevaron la palta a Europa en el siglo XVI, junto con otros alimentos nuevos descubiertos en las primeras expediciones a América, como son la papa, el maíz, algunas frutas tropicales y el chocolate (MINAGRI, 2015).

B. Palta criolla

El aguacate criollo *Persea americana var. drymifolia*, se cultiva principalmente para consumo regional, a diferencia de otros aguacates el aguacate criollo se consume tanto la pulpa

como la cáscara, pero no se exporta por la fragilidad de cáscara y pulpa, además de su pronta maduración (Ortega et al., 2008). El aguacate nativo o criollo se diferencia por desarrollarse en clima semitropical, tener alta tolerancia al frío, un olor característico al anís, posee un tamaño que va de pequeño a mediano ligeramente alargado, el pericarpio es de color oscuro, suave y delgado, el mesocarpio color amarillo limón, semilla grande y se caracteriza por tener alto contenido de aceite (García et al., s/f)

Según (Ávalos et al., 2006) el aguacate criollo es un fruto de forma ovalado como se muestra en la (Figura 1), aproximadamente de 7 cm de diámetro polar y 6 cm de diámetro ecuatorial, con un peso promedio de 230 g, clasificado como un fruto de tamaño pequeño, con un espesor fino de apariencia lustrosa, el color de la pulpa es amarillo verdoso.

Figura 1

Palta criolla



Nota. Imagen referencial de la palta criolla que se utilizó para la investigación. Tomado de Domínguez (2020)

En las investigaciones en la actualidad existen 3 razas de diferentes de paltas: la Mexicana (*Persea americana* var. *Drymifolia*), la Guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis*) y la Antillana (*P. americana* var. *americana*), pero se pueden diferenciar en torno a sus características morfológicas, fisiológicas y de cultivo. La mayoría no se producen comercialmente, debido a

problemas de productividad (tiempo de producción y cantidad), calidad (cantidad de proteínas y grasas) y problemas de manipulación (daños durante su transporte). Numeroso de los cultivares son híbridos de estas 3 razas, como la palta Hass que es una variedad comercial importante a nivel mundial (Domínuez, 2020).

Las paltas criollas no son una mezcla hecha por humanos, pero si pueden tener genes mezclados naturalmente de diferentes arboles porque crece de semilla, la palta se poliniza de forma cruzada, cada semilla tiene una combinación genética diferente (Campos-Muzquiz et al., 2023).

C. Nombre científico y comercial

Clase: Dicotyledoneae

Familia: Lauracea

Género: Persea

Subgénero: Persea

Especie: Persea americana var. Drymifolia

Persea Americana Mill es el nombre científico, esto implica tanto el género como la especie correspondiente a la más cultivada a nivel mundial.

Esta fruta es comúnmente conocida como aguacate o palta o avocado (denominación en inglés). La palabra aguacate viene del dialecto náhuatl “ahuácatl”, lo que significa testículo (por su forma). El nombre palta se remonta al siglo XV (1450-1475), con ocasión de la conquista inca al mando de Túpac Inca Yupanqui, de la provincia llamada Palta (palabra de origen quechua con que se conoce a una etnia amerindia del lugar) y que se ubicaba en la provincia ecuatoriana de Loja y al norte del Perú. Desde aquel lugar, los incas trajeron hasta sus tierras más australes el delicioso fruto que denominaron palta (MINAGRI, 2015).

D. Composición química de la palta

Las principales características de la palta contienen un alto contenido lipídico que varía entre 10% a 30% de su pulpa dependiendo de la variedad. Se predice que el contenido de ácidos grasos monoinsaturados de la palta es alrededor de 15 g/100g de fruta, siendo el principal el ácido oleico que corresponde al 58% en promedio del contenido de ácidos grasos. Especialmente la palta Hass, que corresponde a la variedad más cultivada y comercializada, contiene una gran variedad de nutrientes entre ellos potasio, magnesio, vitamina A, C, E, K, niacina, riboflavina, ácido pantoténico, folato, piridoxina y una alta cantidad de fibra dietaría (Vivero S et al., 2019).

Domínguez (2020) menciona que en la pulpa de la palta se encuentra un alto contenido de vitaminas, como β -caroteno, vitamina E, retinol, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y ácido fólico, además de ácidos grasos monoinsaturados siendo rico en ácido oleico.

E. Composición química de la pepa de palta

La pepa de palta, es rica en potasio y antioxidantes debido a la amplia concentración de compuestos fenólicos en relación a la pulpa. Las pepas de palta son una potencial fuente de fibra, además de otros subproductos, por ejemplo, para la extracción de aditivos alimentarios, como son antioxidantes, agentes espesantes, colorantes, aromatizantes e incluso antimicrobianos.

El contenido de minerales incluye una cantidad abundante de potasio, fosforo, magnesio, calcio, sodio y otros minerales, incluidos hierro y zinc. Se ha reportado que la cáscara y la pepa de la palta son ricos en compuestos bioactivos, la cascara del aguacate Hass contienen los siguientes compuestos fenólicos: cianidina-3-glucósido, pelargonidin-3-O-glucósido, quercetina-diglucósido, quercetina-3-O-arabinosil-glucósido y rutina, se evidencio un derivado del ácido cafeico.

La pepa representa entre un 13% y un 18% de la masa total de la palta. En la Tabla 1 se muestra la composición nutricional de la palta. En la pepa de palta los carbohidratos es el porcentaje mayoritario con un 30% de almidón dentro de este, lo cual se convierte en su principal componente (Araújo et al., 2018). El almidón es un polímero compuesto por dos polisacáridos: amilosa, en un 25% y amilopectina, en un 75%.

Tabla 1

Composición nutricional de la palta

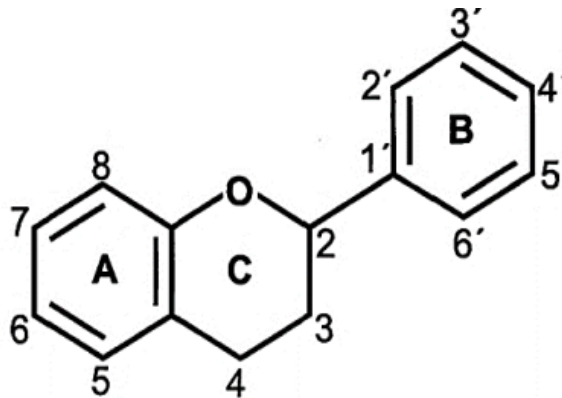
Componentes	Porcentaje
Humedad	8% – 14%
Grasa	1% – 16%
Fibra	3% – 7%
Proteínas	3% – 20%
Carbohidratos	44% – 80%
Cenizas	2% –4%

Nota. Composición promedio de la palta. Adaptado de Bahru et al. (2019).

En un estudio más detallado de la pepa de palta demuestra las siguientes sustancias fitoquímicas presentes:

Figura 2

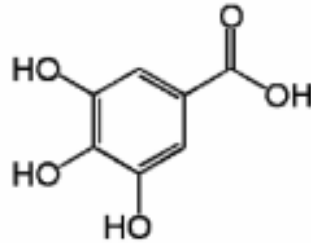
Flavonoides



Nota. Estructura básica de flavonoides y sistema de numeración. Se encuentran en frutas, verduras, granos, etc. Tomado de Herrera (2016).

Figura 3

Taninos

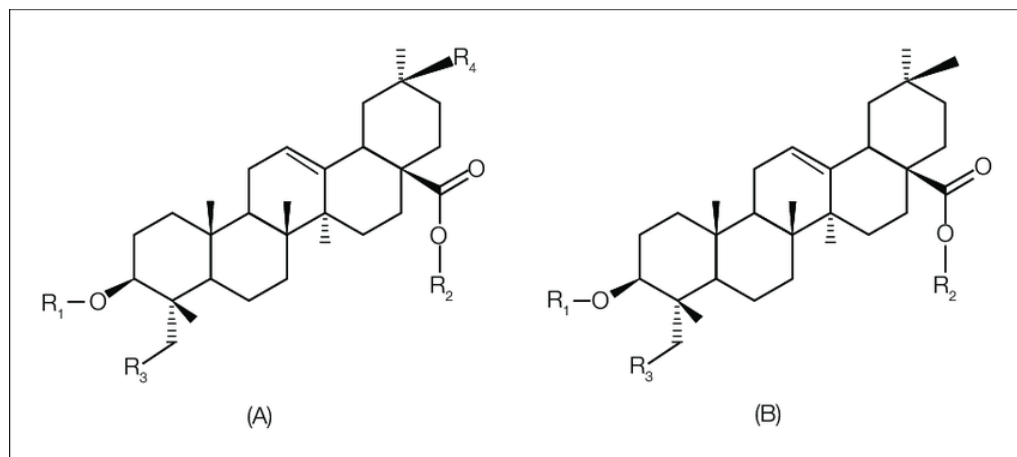


Nota. Estructura del ácido gálico, un tanino. Se encuentran en diversas partes de la planta.

Tomado de Fernández (2007).

Figura 4

Saponinas

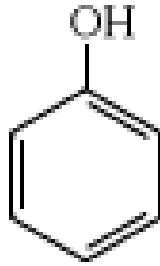


Nota. Estructura molecular de las principales saponinas de la quinua (A) saponina A y (B)

Saponina B. Tomado de Quiroga (2010).

Figura 5

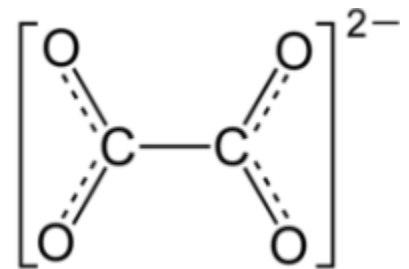
Fenoles



Nota. Representación de una molécula de fenol. Se encuentra en plantas. Tomado de Wade (2018).

Figura 6

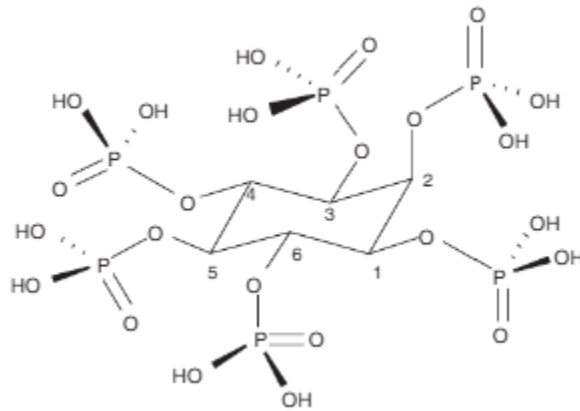
Oxalatos



Nota. La estructura del anión oxalato. Son compuestos que se encuentran en alimentos vegetales. Tomado de Pérez (n.d.).

Figura 7

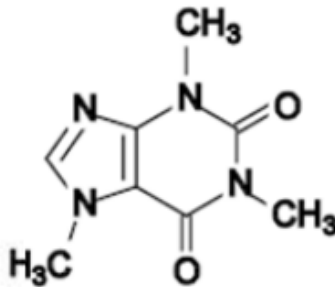
Fitatos



Nota. Estructura del ácido fítico. Se encuentran en alimentos vegetales. Tomado de Buades et al. (2017).

Figura 8

Alcaloides

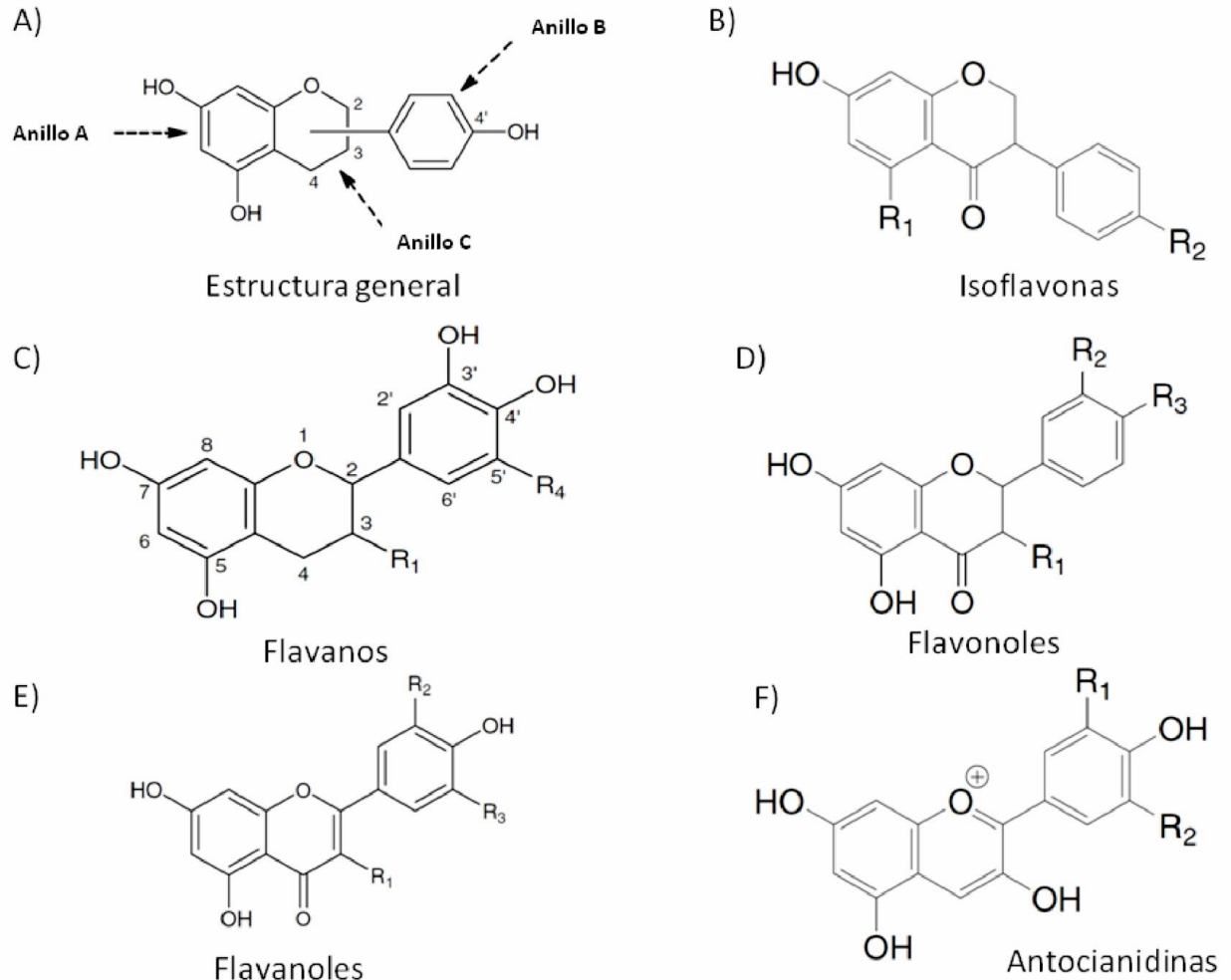


Nota. Estructura de la cafeína, un alcaloide estimulante. Tomado de Benítez (2012).

Los flavonoides son una familia de compuestos que se caracterizan por ser polifenólicos y solubles en agua. En la Figura 9 observamos la estructura general y de los principales flavonoides: flavanos, flavanoles, flavonas, antocianidinas, isoflavonas y flavonoles (Limón et al., 2010).

Figura 9

Estructura química de los flavonoides



Nota. Estructura de los principales flavonoides. La diferencia entre ellos radica principalmente en el grupo -OH. Tomado de Limon et al. (2010).

F. Usos

La palta se consume como fruta fresca, en pulpa, congelada como helado y es utilizada como insumo para productos de belleza y aceites (MINAGRI, 2015).

2.2.2. Solvente

Definición: Un solvente es un compuesto, generalmente líquido, que contiene carbono y que posee la característica de disolver otras sustancias, a nivel industrial son utilizados en operaciones de disolución de reactivos, extracción, lavado y separación de mezclas, además son empleados en laboratorios de docencia universitaria. La mayor parte de los solventes son altamente volátiles, influyendo en la contaminación del aire y agua, así como en la salud de las personas (Mora et al., 2021).

Para la extracción de antocianinas se utilizan los solventes más habituales como alcoholes, acetona, agua entre otros (Herrera, 2017), pero según Bachiller (2022) plantea que en la extracción de antocianinas el más empleado es el metanol, sin embargo, para usos alimentarios se recomienda el uso del etanol ya que el metanol presenta alta toxicidad y este último sería destinado como pigmento industrial.

Se recomienda que el solvente escogido debe ser altamente selectivo, de baja viscosidad que circule libremente Mora-Barrantes et al. (2017), mientras pase el tiempo de extracción, la cantidad de soluto aumentara y el gradiente de concentración disminuye, aumentando progresivamente la viscosidad.

Tipos de solventes

- **Alcohol metílico o metanol**

Se obtiene de la destilación pirogenada de la madera, líquido incolora muy móvil y volátil. Como se sabe es un líquido toxico, es considerado un solvente polar protico (tiene la capacidad de formar puentes hidrogeno) es un buen solvente de sustancias hidrofílicas (Huaman, 2014).

Ramos (2021) menciona que, al revisar concentraciones usadas en los procesos de extracción con metanol en revisiones, se evidencias que la concentración de este solvente es al

100% o 80%. Según Castañeda-Ovando et al. (2009) para la extracción de antocianinas con metanol es el más eficiente; reporta una investigación de extracción de antocianinas de pulpa de uva que la extracción con metanol es 20% más efectiva que con etanol y agua.

- **Alcohol etílico o etanol**

El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. Sus vapores son más pesados que el aire. Se utiliza como disolvente en síntesis de fármacos, plásticos, lacas, perfumes, cosméticos, etc (Nicaragua, 2024).

- **Hidróxido de sodio**

El hidróxido de sodio es un sólido blanco y se utiliza en la industria como solución al 50 % por ser fácil de manejar. Se disuelve en agua, liberando calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo para metales y tejidos. Se utiliza, en síntesis, en el tratamiento de celulosa para producir rayón y celofán, en la fabricación de plásticos, jabones y otros limpiadores (Hidroxido de Sodio, n.d.).

Araxchemi (n.d.) el hidróxido de sodio es una base fuerte que se separa totalmente en agua para crear iones de sodio (Na^+) e iones de hidróxido (OH^-). La existencia de estos iones de hidróxido otorga a NaOH su característico pH alto, que usualmente está entre 13 y 14 en soluciones concentradas. Debido a su alta alcalinidad, el hidróxido de sodio puede modificar considerablemente el pH de las soluciones, lo que es fundamental en su capacidad para provocar cambios de color en algunas sustancias.

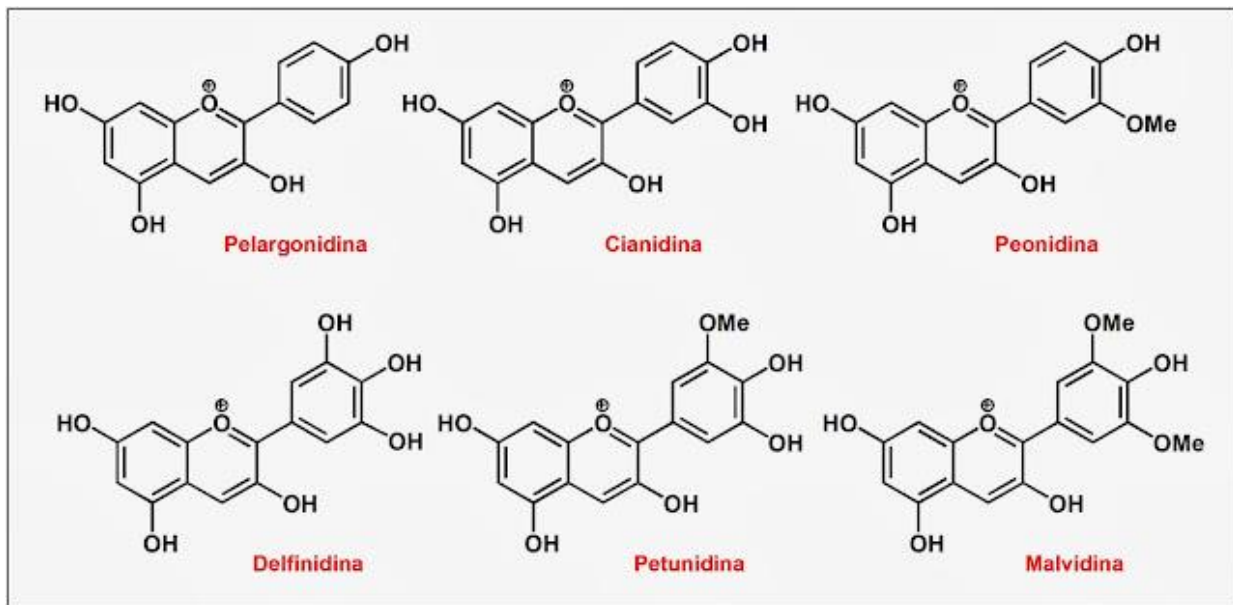
2.2.3. Antocianinas

Badui (2006) afirma que, las antocianinas (del griego *anthos*, flor y *kyanos*, azul) se consideran una subclase de los flavonoides; también se conocen como flavonoides azules. Son

compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. A pesar de contener pocos grupos cromóforos, se han identificado 300 de estos compuestos, que son responsables de una gama muy amplia de colores, desde el incoloro hasta el púrpura. Producen colores rojos, anaranjados, azules y púrpura de las uvas, manzanas, rosas, fresas y otros productos de origen vegetal, principalmente frutas y flores. Generalmente se encuentran en la cáscara o piel, como en el caso de las peras y las manzanas, pero también se pueden localizar en la parte carnosa, como en las fresas y las ciruelas.

Figura 10

Estructura de las antocianidinas



Nota. Estructura molecular de algunas antocianidinas comunes. Tomado de Espino (2014).

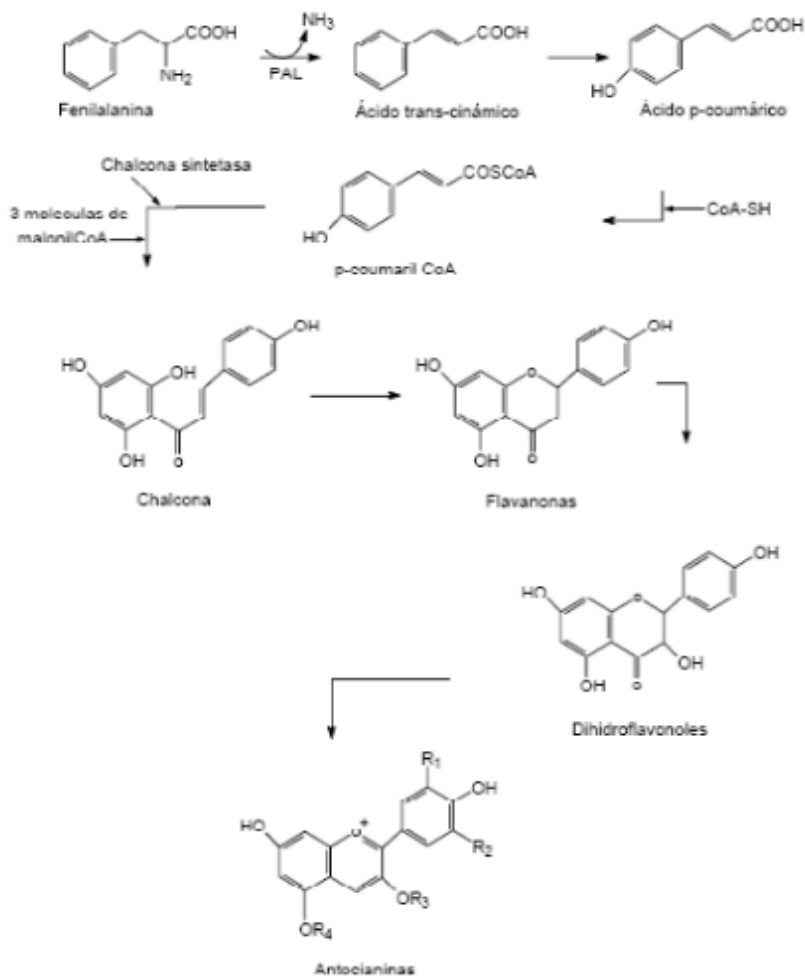
a) Estructura química

Según Garzón (2008) plantea que, las antocianinas son glucósidos, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3C. Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas conocidas.

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

Figura 11

Biosíntesis de la antocianina



Nota. Ruta general de biosíntesis de las antocianinas. Tomado de Garzón (2008).

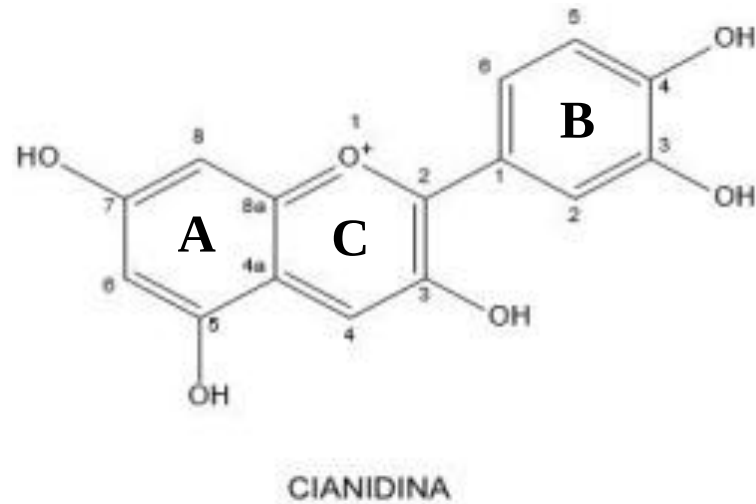
b) Antocianina en la pepa de palta

Bachiller (2022) plantea que, en el caso de pepa de palta, el tipo de flavonoide mayoritario presente son las antocianinas. Las que representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles en el espectro visible.

En las antocianinas el color depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. En la hidroxilación el aumento produce tonalidades azules mientras que en las metoxilaciones el aumento produce tonalidades rojas (Huerta, 2023).

Figura 12

Estructura de la Cianidina



Nota. Su estructura química está compuesta por un núcleo de flavona, definido por algunos autores como anillo C y dos anillos A y B. Tomado de Domínguez (2020).

c) Factores que afectan la estructura de la antocianina

Los factores más predominantes que afectan la estructura de las antocianinas son el pH, la luz y la temperatura. Según Castañeda & Guerrero (2015) afirma que:

- **El pH**

El pH tiene un papel fundamental en el color que representan las antocianinas, estas se diferencian según en el medio que se encuentren: ácidos o básicos. Aunque en medios ácidos muestran mayor permanencia. El pH ácido genera un color rojo y en pH básico genera un color azul.

- **La luz**

La luz es un factor degenerativo de las antocianinas, aunque al mismo tiempo sirve para su aprovechamiento. Pero la copigmentación retrasaría su fotodegradación y las técnicas de encapsulación, que permiten que se mantengan estables durante un mayor periodo de tiempo.

- **La temperatura**

La temperatura influye en la estabilidad de las antocianinas, al aumentar esta disminuye la estabilidad. A temperaturas superiores a 65°C se degradan fácilmente, un indicador que se debe tener en cuenta durante la extracción (Bachiller, 2022).

- **Las enzimas**

Se han reconocido dos grupos de enzimas las glicosidasas y polifenoloxidasas. Ambas se las conoce como antocianasas. Las glicosidasas, hidrolizan los enlaces glicosílicos, separando el aglicón del azúcar. La pérdida de la intensidad del color es causada por el descenso de la solubilidad de las antocianinas y su transformación en productos incoloros (Fennema, 2000)

- **El tiempo**

Afecta la estructura y estabilidad de las antocianinas, la exposición a tiempos largos y en ciertas condiciones como el almacenamiento y temperaturas altas puede causar la degradación de estos pigmentos ocasionando cambios en su estructura molecular (Valdez, 2020).

Se han reportado tiempos de extracción desde 1 minuto a 24 horas, teniendo en cuenta que largos periodos de extracción se producen oxidaciones (Arranz, 2010).

2.2.4. Extracción de antocianinas

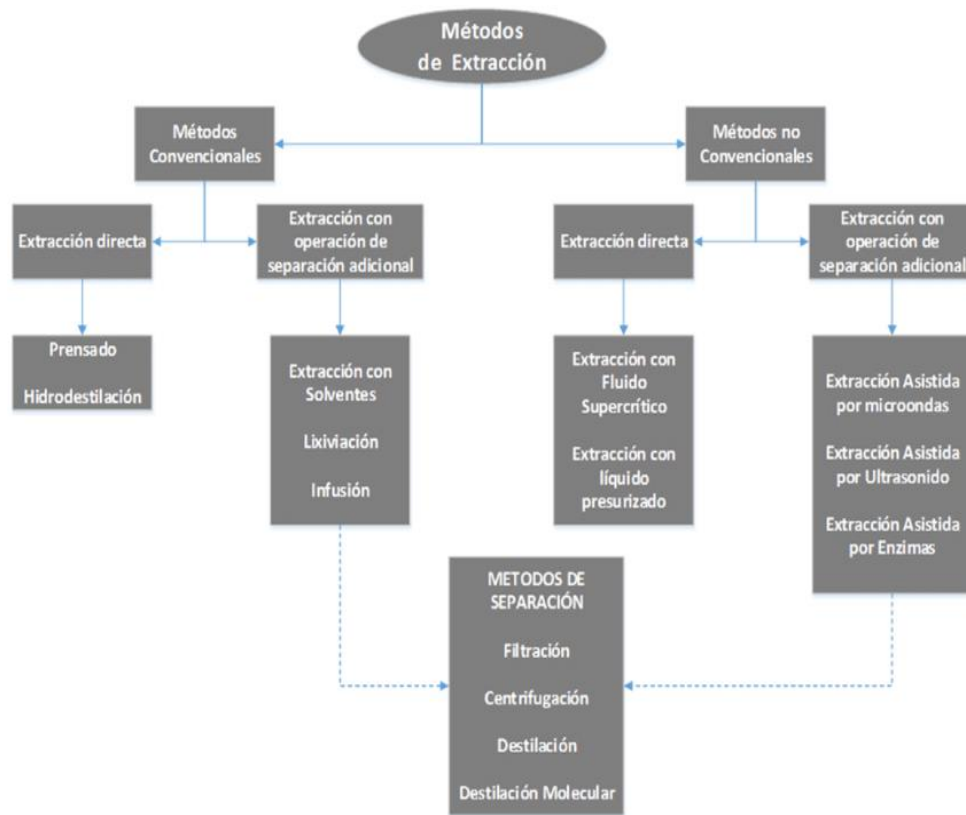
Existen muchas técnicas para la extracción de antocianinas a partir de diferentes materias primas, que mayormente utilizan soluciones acuosas sinergetizadas con algún tipo de modificaciones de pH y alcoholes, bajo condiciones terminas de extracción, procedimiento o granulometría de la materia prima seca y estado hidrodinámico del sistema de extracción o lixiviación (Moreno & Silvia, 2018).

La extracción de los colorantes es parecida porque se emplea la extracción sólido-líquido utilizando una solución acuosa como solvente, pero en los parámetros de procesos vemos sus diferencias (Devia et al., 2012).

Métodos de extracción. Existen muchos métodos de extracción que actualmente están desarrollándose, como son los métodos convencionales y no convencionales.

Figura 13

Métodos de extracción



Nota. Clasificación de las técnicas de extracción y separación de componentes. Tomado de Reyes (2016).

- **Extracción con solventes:** La extracción convencional es la más usada de las tecnologías de extracción (Castañeda-Ovando et al., 2009) e implica la dispersión de los componentes del extracto de la planta a través de la pared de las células de tejidos de una matriz gracias a la combinación de diversos factores como el uso de solventes, temperatura, agitación, tiempo, etc.

Zhang et al. (2018) el proceso de extracción se da en 4 pasos: el primero donde el solvente penetra en la matriz sólida, segundo donde el soluto se disuelve en el solvente, el tercero donde el soluto por difusión sale de la matriz sólida y el cuarto se da la recolección de los solutos extraídos.

Método de separación

- **Filtración al vacío y centrifugado de la solución colorante:** Teniendo la solución colorante a partir de la pepa de palta, se procede a filtrarla y centrifugarla para eliminar por completo los residuos no deseados. En primer lugar, se lleva a cabo la filtración al vacío conectando la manguera vertical del Venturi al tubo de desprendimiento del matraz de filtración. Luego, se coloca papel filtro sobre el embudo Buchner. Se vierte la solución colorante sobre el papel y se esperan unos minutos, dejando caer la solución filtrada en el matraz de filtración hasta ver que solo quedan residuos sobre el papel filtro. Al filtrar la solución colorante, no se elimina todos los residuos. Por esta razón, la solución colorante obtenida luego del filtrado es sometida a un centrifugado, para que se eliminen por completo dichos residuos.

La solución colorante filtrada se añade en microtubos para ser puestos en la centrifugadora. Se colocan dichos tubos de ensayo dentro de la centrifugadora por treinta minutos y en velocidad 5 (5000 rpm). Finalmente, la solución colorante se encuentra libre de residuos y se pasa de los tubos de ensayo a un vaso de precipitado limpio (Perez et al., 2023).

2.2.5. Determinación de antocianinas

Para la determinación de la concentración de antocianina se aplica el método de pH diferencial reportado por (Wrolstad, 1993) la antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH.

Materiales

Buffer pH1 (0.025 M Cloruro de Potasio)

Buffer pH4.5 (0.4 M Acetato de Sodio)

Celdas de cuarzo UV-Visible

Agua destilada

Espectrofotómetro UV-Visible

Extracto

Pipeta

Para la determinación de la concentración de antocianina se utiliza la fórmula de pH diferencial:

$$A = (A_{\lambda_{vismax}} - A_{\lambda 700nm})_{pH1} - (A_{\lambda_{vismax}} - A_{\lambda 700nm})_{pH4.5}$$

Donde $A_{\lambda_{vismax}}$ la absorbancia máxima de la antocianina a pH 1 y pH 4.5, $A_{\lambda 700nm}$ es la lectura de corrección debida a sustancias interferentes, tanto para pH 1 y pH 4.5. Para encontrar la concentración en la muestra original se sigue la siguiente formula:

$$Antociaina\ monomérica_{(\frac{mg}{L})} = \frac{A * M * FD * 1000}{\epsilon * L}$$

A = La absorbancia antes calculada

FD = Factor de dilución

ϵ = Coeficiente de extinción molar= 26 900 L/mol.cm

M = Peso molecular de la cianidina-3-glucosido = 449,2 g/mol

L = Longitud del paso de celda = 1 cm

1000 conversión de g a mg

2.3. Definición de términos

- **Antocianina.** Cada uno de los pigmentos que se encuentra disuelto en el citoplasma de las células de diversos órganos vegetales, y a los cuales deben su color todas las flores azules y violadas y de la mayoría de las rojas, así como también en el epicarpio de muchos frutos.
- **Diluir.** Disolver algo por medio de un líquido.
- **Eficiencia.** Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos.
- **Espectrofotometría.** La espectrofotometría se basa en la interacción entre la materia y la energía. El tipo de espectrometría depende de la cantidad física medida tras dicha interacción, normalmente la cantidad que se mide es una intensidad de energía absorbida o producida (Martínez, n.d.).
- **Extracción.** Es un procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interface. La relación de las concentraciones de dicha sustancia en cada uno de los disolventes, a una temperatura determinada, es constante (Moreno & Silvia, 2018).
- **Solvente.** Son compuestos químicos orgánicos que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, sin sufrir ningún cambio químico, para disolver o diluir materias primas, productos o materiales residuales (Disolventes Orgánicos, n.d.).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizaría en el Laboratorio de Análisis de Control de Calidad de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (2H – 207) de la Universidad Nacional De Cajamarca, ubicados en el Distrito, Provincia y Región de Cajamarca cuyas características geográficas son las siguientes: altitud 2750 msnm, 7° 10' latitud sur, 78° 30' longitud este, temperatura promedio anual 14 °C, humedad relativa anual 65 % y precipitación promedio anual 650 mm.

Figura 14

Mapa satelital de la Universidad Nacional de Cajamarca



Nota. Imagen referencial donde se desarrolló el proyecto de investigación. Tomado de Universidad Nacional de Cajamarca (2025).

3.2. Materiales

3.2.1. Material Biológico

- Pepas de palta variedad criolla

3.2.2. Material de Laboratorio

- Pipetas de 1, 10 mL
- Matraz de 100, 250 mL
- Embudo Büchner
- Mortero
- Centrifuga BIOBASE BK-TH16KII
- Agitador Magnético C-MAG HS 7
- Filtrador al vacío SARTORIUS
- Termómetro
- Papel filtro Whatman N°40
- Rallador Facusa
- Mini balanza gramera OPALUX
- Balanza gramera SF-400
- Balanza analítica METTLER TOLEDO

3.2.3. Material de Escritorio

- Cámara fotográfica de celular
- Lapiceros
- Libreta de apuntes

3.2.4. Reactivos

- Hidróxido de Sodio en escamas
- Etanol
- Metanol
- 0.025 M buffer cloruro de potasio, pH 1.0
- 0.4 M buffer acetato de sodio, pH 4.5
- Agua destilada Alkofarma

3.3. Metodología

3.3.1. Variables

a. Variables independientes

- Solventes
- Tiempos

b. Variable dependiente

- Concentración de antocianina

3.3.2. Niveles y tratamiento de estudio

Los niveles y tratamientos se detallan en la siguiente Tabla 2.

A. Tipo de solvente:

Etanol 90%

Metanol 70%

NaOH 1%.

B. Tiempo:

30 minutos

90 minutos

150 minutos

Tabla 2

Niveles y tratamiento para la extracción de antocianina de pepa de palta (Persea americana)

Factor	Nivel		Tratamiento
A: Solvente	a1. Etanol 90%	b1. 30 min	a1b1
	a1. Etanol 90%	b2. 90 min	a1b2
	a1. Etanol 90%	b3. 150 min	a1b3
	a2. Metanol 70%	b1. 30 min	a2b1
	a2. Metanol 70%	b2. 90 min	a2b2
	a2. Metanol 70%	b3. 150 min	a2b3
B: Tiempo	a3. NaOH 1%	b1. 30 min	a3b1
	a3. NaOH 1%	b2. 90 min	a3b2
	a3. NaOH 1%	b3. 150 min	a3b3

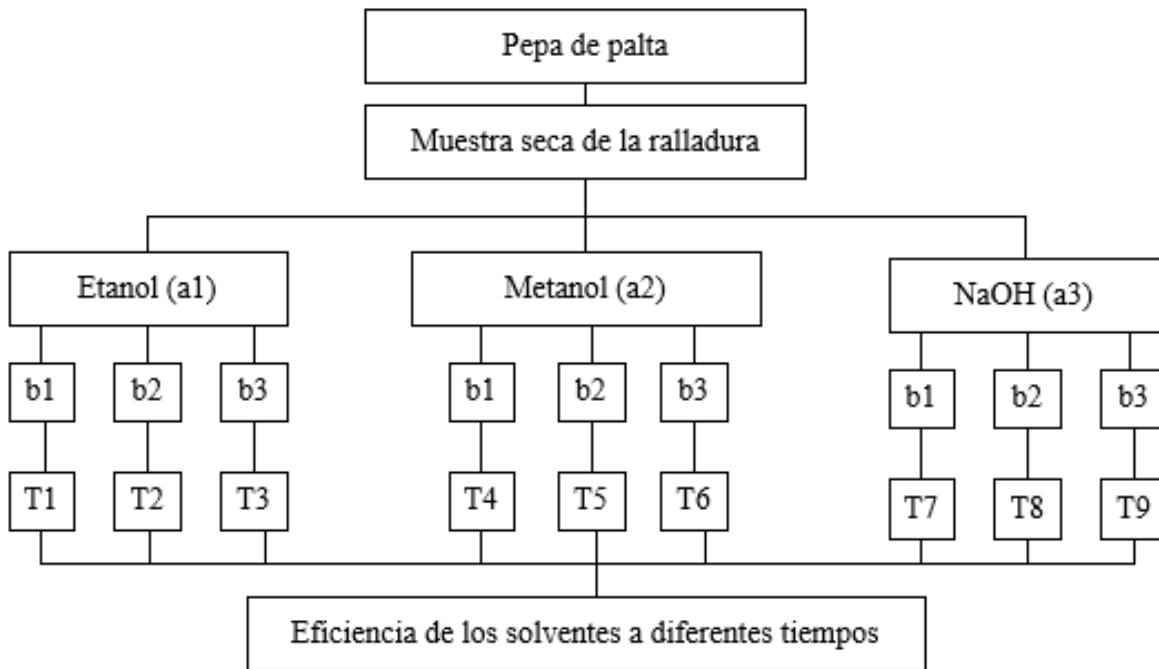
Nota. Representación de los 9 tratamientos que se realizara con los solventes y tiempos

3.3.3. Diseño experimental

Se realizó la combinación de factores de solvente (etanol 90%, metanol 70% y NaOH 1%) y tiempo de extracción (30 min, 90 min y 150 min) dando como resultado un total de 9 unidades experimentales aplicados en la pepa de palta.

Figura 15

Diagrama experimental de eficiencia de tres solventes y diferentes tiempos de extracción de antocianina de la pepa de palta (Persea americana) variedad criolla. Solventes (a1, a2 y a3) y Tiempo (b1, b2 y b3)



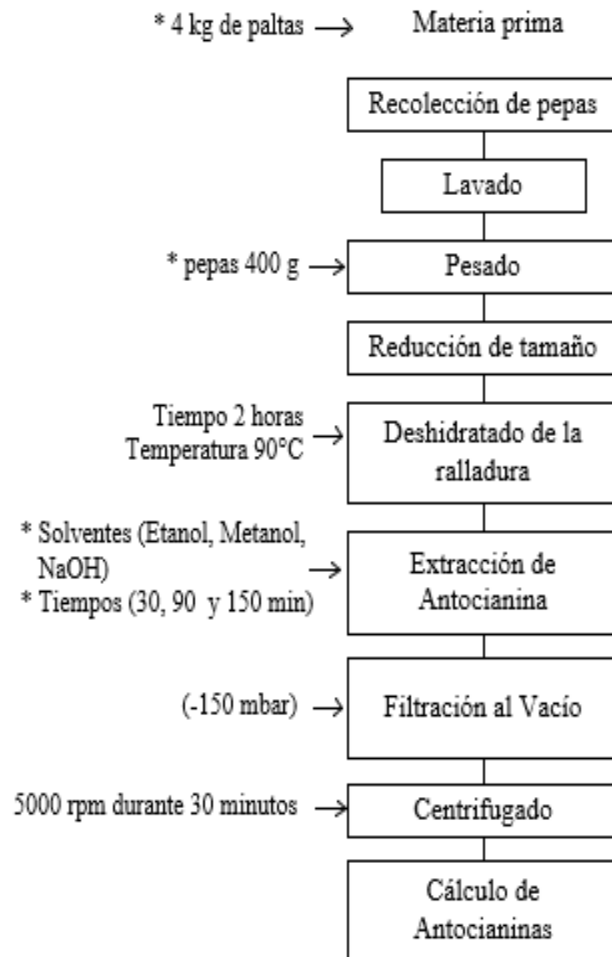
Nota: El grafico muestra las etapas del diseño experimental que se realizara en el proyecto de investigación.

3.3.4. Procedimientos

Diagrama de flujo para la extracción de antocianina en la pepa de palta (*Persea americana*) variedad criolla.

Figura 16

Diagrama de flujo para la extracción de antocianina en la pepa de palta (Persea americana) variedad criolla



Nota. El grafico representa todos los pasos que se llevaran a cabo para la extracción de antocianina.

3.3.4.1. Descripción de proceso de extracción de antocianina

Se detallará cada paso a realizar en el laboratorio de Análisis de Control de Calidad de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

a) Materia prima

Para el estudio se utilizó paltas que se obtuvo del mercado de la ciudad de Cajamarca, departamento de Cajamarca, y estas procedían de la provincia de Cajabamba. Las paltas estaban en estado de madurez fisiológica, se compró 4 kg de paltas criollas.

b) Recolección de pepas

Inicialmente se procedió a la extracción manual de las pepas. Las pepas obtenidas fueron separadas de la pulpa adherida (Floríndez, 2011).

Figura 17

Merma no utilizadas



Nota. La imagen muestra la parte de la cascara y carnosidad de la palta.

c) Lavado

Tiene como objetivo eliminar en su totalidad impurezas y restos que acompañan en las pepas., el lavado se realizó de forma manual retirando los restos de palta que pueden afectar de alguna forma el proceso (Guerrero, 2011).

Figura 18

Pepas de palta



Nota. La imagen muestra las pepas limpias después de un lavado.

d) Pesado

Se realizó utilizando una balanza previamente calibrada. Para ello, las pepas limpias y libres de residuos de pulpa fueron colocadas en un recipiente adecuado y se registró su peso total. Este procedimiento permitió determinar la cantidad de muestra utilizada en el proceso experimental. Para este proyecto de investigación se utilizó 400 gramos de pepas (Floríndez, 2023).

e) Reducción de tamaño

Se realizó con el objetivo de disminuir el tamaño de partícula y facilitar la liberación de los compuestos presentes en la muestra. Para ello, las pepas previamente limpias y secas fueron sometidas a un proceso de trituración empleando un rayador metálico. Este procedimiento permitió obtener partículas de menor tamaño, incrementando el área de contacto y favoreciendo la eficiencia del proceso de extracción posterior. Tener en cuenta que las partículas son entre 1 mm y 5 mm aproximadamente, la forma de las partículas suele ser irregulares o en pequeñas laminas (Guerrero, 2011).

Figura 19

Rallado



Nota. La imagen muestra el proceso del rallado que se realizó de forma manual.

f) Deshidratado

Se realizó con el objetivo de reducir su contenido de humedad y facilitar su posterior procesamiento. Para ello, las pepas previamente limpias y reducidas de tamaño fueron sometidas a un proceso de secado en estufa a temperatura controlada de 90 °C durante 2 horas. Este procedimiento permitió disminuir la humedad de la muestra, evitar el crecimiento microbiano y favorecer la conservación de los compuestos presentes antes del proceso de extracción. Para luego molerlo con el mortero y obtener una muestra seca en polvo (Guerrero, 2011).

g) Extracción de antocianina

A partir del anterior paso se emplearon tres solventes diferentes: Etanol (a1), Metanol (a2) y NaOH (a3), con una relación de 10:100 (muestra: solvente), esta mezcla fue sometido en un agitador magnético a 1000 RPM durante el tiempo de extracción establecido 30 min (b1), 90 min (b2) y 150 min (b3). La temperatura de extracción fue de temperatura ambiente (Floríndez, 2023).

Figura 20

Extracción de la muestra



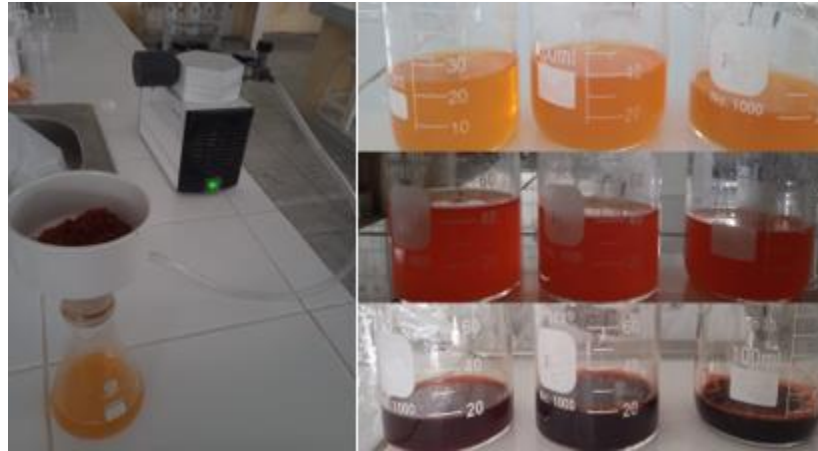
Nota. La imagen muestra el momento en que empieza a votar el pigmento durante la agitación.

h) Filtración al vacío

La filtración al vacío se realizó con el fin de separar el extracto líquido de los residuos sólidos obtenidos durante el proceso de extracción de los compuestos presentes en la muestra. Para ello, la mezcla fue sometida a un sistema de filtración al vacío utilizando un embudo de Büchner, papel filtro Whatman N° 40 y un matraz Kitasato conectado a una bomba de vacío (-150 mbar). Este procedimiento permitió acelerar el proceso de filtración y obtener un filtrado más claro, facilitando la recolección del extracto para los análisis posteriores (Floríndez, 2023).

Figura 21

Filtración de las muestras



Nota. La imagen muestra la extracción de los 9 tratamientos y las diferentes tonalidades que se extrajo.

i) Centrifugado

El centrifugado se realizó con el objetivo de separar las partículas sólidas finas presentes en el extracto obtenido de la pepa de palta. Para ello, el filtrado fue colocado en tubos de centrifugación y sometido a un proceso de centrifugado en una centrífuga de laboratorio a una velocidad de 5000 rpm durante 30 min. . Este procedimiento permitió sedimentar los residuos sólidos en el fondo del tubo y obtener un sobrenadante claro, el cual fue utilizado para los análisis posteriores (Floríndez, 2023).

j) Cálculo de antocianinas

Cuantificación de antocianinas por pH diferencial

Según los autores Bazurto & García (2017) en su trabajo de investigación se utilizó el método del pH diferencial. Para lo cual se prepararon soluciones de KCl 0,025M pH 1,0 y acetato de sodio 0,4 M pH 4,5.

Encender el espectrofotómetro y poner en cero el espectrofotómetro con agua destilada a todas las longitudes de onda que se utilizarán.

Preparar dos diluciones de la muestra, una con tampón de cloruro de potasio, pH 1,0 y la otra con tampón de acetato de sodio, pH 4,5. Se dejó reposar las diluciones durante 15 minutos.

Medir la absorbancia de cada dilución en el vis- λ máx. y 700nm. La absorbancia (A) se calculó de la forma siguiente: $A = (A_{\text{max vis}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH} 1.0} - (A_{\text{max vis}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH} 4.5}$

Para encontrar las antocianinas totales se emplea la siguiente formula:

$$\text{Antocianinas totales (mg/L)} = \frac{(A)(PM)(FD)(1000)}{(\epsilon)(l)}$$

3.3.4.2. Análisis de datos

Los resultados obtenidos de las muestras fueron almacenados en Excel para después ser ordenados en los cuadros correspondientes. Después se ingresaron los datos al programa STATGRAPHICS Centurión XVIII, mediante metodología superficie respuesta.

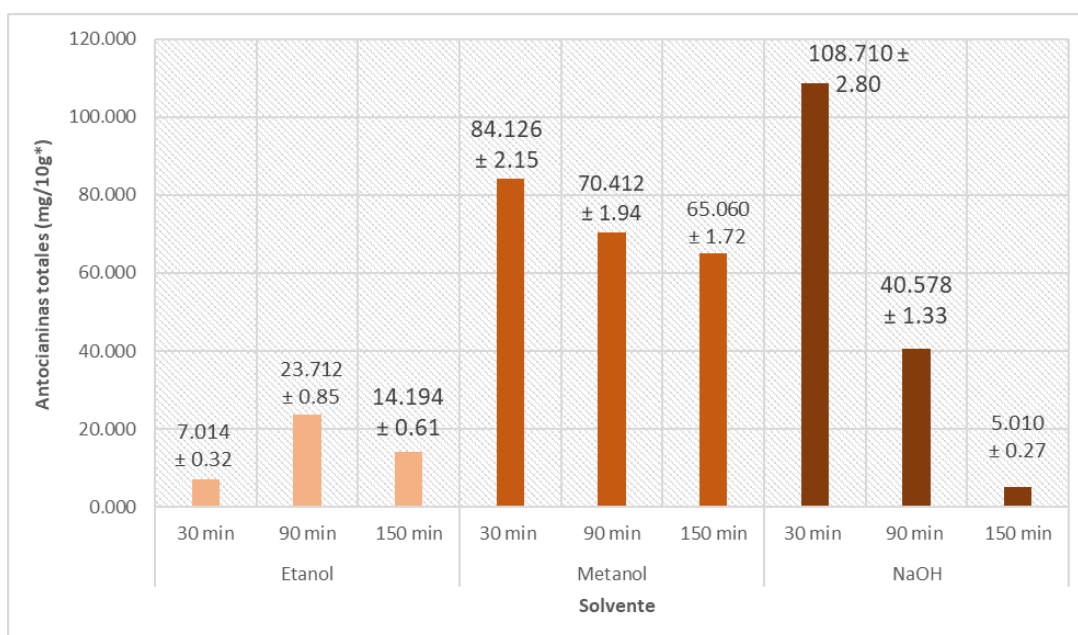
IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Contenido de antocianinas totales

En la siguiente figura se muestran los solventes utilizados, tiempo de extracción y antocianinas totales. Los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar ($n = 3$). La mayor concentración de antocianinas se obtuvo utilizando NaOH a los 30 minutos de extracción (108.710 ± 2.80 mg/100 g), seguido del metanol a 30 minutos (84.126 ± 2.15 mg/100 g).

Figura 22

Concentración de antocianinas totales con los solventes a diferentes tiempos



Nota: () gr de pepa de palta molida*

Los mayores valores de antocianinas observados a los 30 minutos de extracción con metanol y NaOH pueden atribuirse a la alta polaridad de estos solventes, lo que favorece la rápida solubilización y difusión de las antocianinas desde la matriz vegetal. Además, al inicio del proceso existe un mayor gradiente de concentración que incrementa la velocidad de extracción. En tiempos

más prolongados, especialmente en medio alcalino, las antocianinas pueden sufrir degradación estructural, disminuyendo su concentración.

El hidróxido de sodio actúa como un solvente alcalino que puede favorecer la liberación de compuestos fenólicos desde la matriz vegetal debido al alto pH del medio, lo que puede incrementar inicialmente la cantidad de antocianinas extraídas. En contraste, el metanol y el etanol son solventes polares que facilitan la solubilización de las antocianinas sin provocar cambios significativos en su estructura química, permitiendo una extracción más estable de estos pigmentos.

4.1.1. Extracción con Etanol 90%

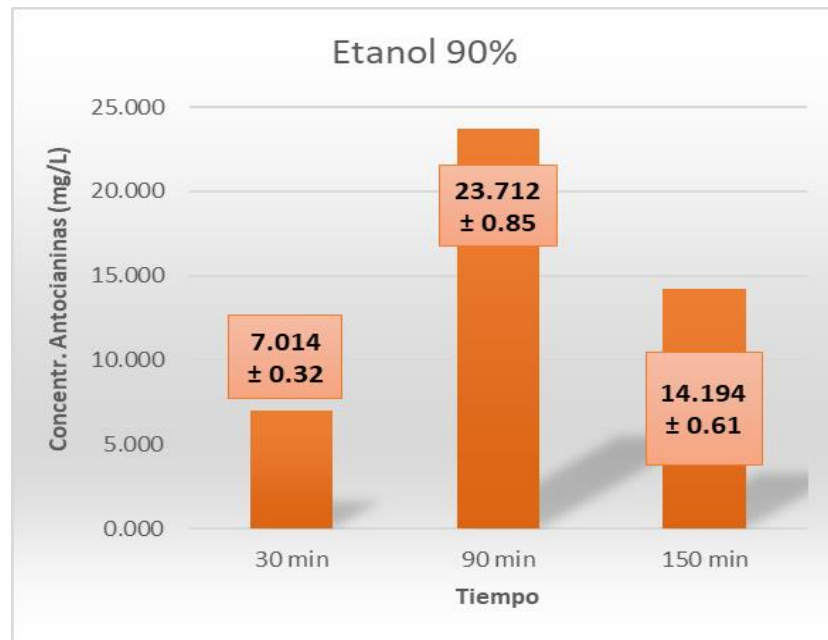
Al aplicar etanol a diferentes tiempos de extracción, en 90 minutos se obtuvo una cantidad superior de antocianinas de 23.712 mg/10g se debe a la polaridad del etanol ya que es menos polar porque tiene dos átomos de carbono que disminuye la separación de cargas (Kuisanda, 2016) significa que el etanol tiene una menor capacidad para interactuar con las antocianinas que son moléculas polares.

El etanol es un solvente comúnmente utilizado en aplicaciones industriales debido a su polaridad ya que el etanol puede disolver compuestos polares y no polares siendo miscible con agua disolviendo colorantes y pigmentos.

En la figura 23 se ve que la concentración de antocianinas es mayor en los 90 minutos de extracción en comparación a los demás tiempos de 30 y 150 minutos y esto se debe a que la viscosidad del etanol es relativamente baja lo que facilita la extracción de antocianinas (Pillado, 2024).

Figura 23

Extracción de antocianina con etanol al 90%



Nota. La grafica representa las diferentes cantidades extraídas de antocianinas en tiempos prolongados.

La concentración de antocianinas a medida que pasa el tiempo va descendiendo, Fennema (2000) nos explica que este fenómeno sucede por la degradación de antocianinas porque son moléculas sensibles al oxígeno, lo que genera pérdida de color y degradación, pudiendo hidrolizar las antocianinas, pero a la vez haciéndolos más estables, pero transformándolos en productos incoloros.

Reyes (2015) menciona que el tiempo de agitación influye mucho, si la agitación no es suficiente ocasiona que parte de la extracción no se desprenda de la muestra, pero si el tiempo es demasiado grande puede causar que otras impurezas se desprendan y dañen lo extraído por ello se recomienda un tiempo de agitación medio de 45 minutos. La velocidad de agitación influye

inversamente proporcional al rendimiento de extracción, ya que a baja velocidad se obtiene un mayor rendimiento.

Gonzales (2017) también hace referencia que es inestables a la luz originando que su descomposición sea foto oxidativa, ya que las antocianinas sustituidas en el grupo hidroxilo del carbono 5 son más susceptibles a la descomposición acelerando su degradación.

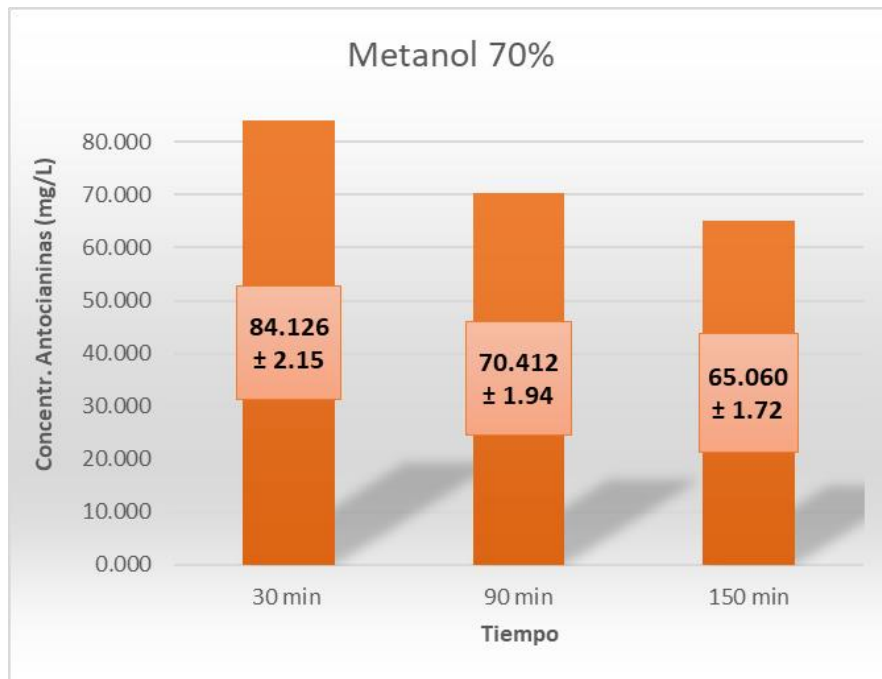
4.1.2. Extracción con Metanol al 70%

El metanol es un solvente tóxico que es volátil. Castañeda-Ovando et al. (2009), menciona que la extracción de antocianinas con metanol es la más eficiente, en su investigación de extracción de antocianina de pulpa de uva demuestra que obtuvo un resultado de 20% más efectiva a comparación con el etanol. Dicho esto, se puede corroborar en la investigación por qué el metanol tiene mayor concentración de antocianinas que el etanol.

En la figura 24 se observa que el valor más alto de antocianinas extraída es en el tiempo de 30 minutos ahí se obtiene una cantidad mayor de 84.126 mg/10g para después ir descendiendo con el pasar de los minutos, esta reacción se debe a algunos factores que se mencionó anteriormente, el metanol es un solvente estable que ayuda a mantener su integridad.

Figura 24

Extracción de antocianina con metanol 70%



Nota. La grafica representa las diferentes cantidades extraídas de antocianinas en tiempos prolongados.

Con el metanol se obtuvo más cantidad de antocianina extraída, esto se debe a que el metanol al ser más polar, tiene más ventaja de interactuar con las antocianinas porque son moléculas polares (Kuisanda, 2016)

El metanol tiene mayor rendimiento extracción porque tiene un momento dipolar más alto, también explica que el tamaño molecular influye en la extracción ya que debido a su tamaño pequeño penetra con más facilidad las estructuras moleculares de las antocianinas (Pathak, 2024).

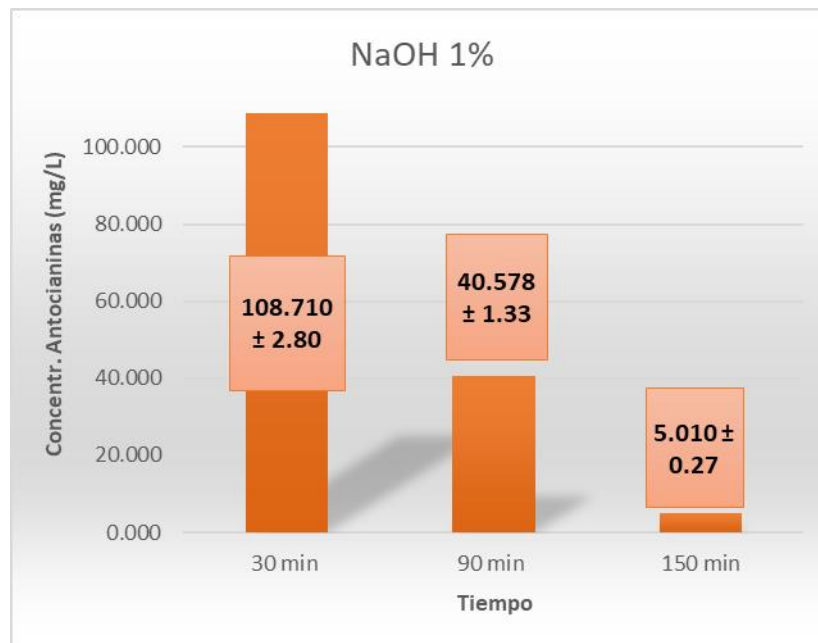
Le thu Thao et al. (2015) menciona que los tiempos de extracción que observamos en la figura 24 superan la 1.5 horas, las antocianinas pierden su calidad, se oxidan y se reduce el contenido. Por ello el autor menciona que los tiempos deben ser controlados para evitar desestabilizar la estructura de las antocianinas.

4.1.3. Extracción con el Hidróxido de Sodio 1%

A los 30 minutos de extracción se obtuvo 108.710 mg/10g a medida que transcurre el tiempo varía el contenido de antocianinas. El NaOH es una base fuerte por la presencia de iones de hidróxido es lo que da un pH alto, alrededor de 12 lo que genera el cambio de pH de las soluciones, y como resultado origina un cambio de color en la extracción de antocianinas (Araxchemi, n.d.).

Figura 25

Extracción de antocianina con NaOH 1% en diferentes tiempos



Nota. La grafica representa las diferentes cantidades extraídas de antocianinas en tiempos prolongados.

Bazurto & García (2017) muestra que en su trabajo de investigación al utilizar NaOH 0.5% a los 30 minutos en la extracción de antocianinas se obtuvo 166.721 mg/L. En la investigación se trabajó con el NaOH 1% empleando el mismo tiempo pero se obtuvo una cantidad inferior de

antocianina esto se debe porque el NaOH al ser una base fuerte da estabilidad a las antocianinas, neutralizando los ácidos presentes en la matriz vegetal y así evita su degradación reaccionando con los ácidos presentes en la matriz vegetal para luego formar sales y dar estabilidad a la antocianina; el NaOH también puede neutralizar los radicales libres que se forma durante la extracción protegiendo a la antocianina de la oxidación, así como de la actividad enzimática.

La concentración de la antocianina varía de acuerdo a los tiempos empleados durante la agitación magnética de la solución y esto se debe porque tiende a ser una extracción semi líquida y jabonosa en consecuencia a la reacción química del NaOH y los compuestos lipídicos y proteicos que tiene la pepa de palta (Fennema, 2000)

Dado ello es que se escogió el porcentaje usado del hidróxido ya que mientras era mayor que 1% en la parte experimental de la muestra la extracción se hacía más pastosa y jabonosa lo que dificultaba al momento del filtrado; de ser jabonosa se debe a que los lípidos de la pepa de palta se hidrolizan lo que genera ácidos grasos y glicerol, también esa reacción ocasiona formación de saponinas. Huerta (2023) en su investigación demuestra que entre 0.5% y 1% de NaOH eran unas concentraciones óptimas de uso.

La pepa de palta es una fuente rica en taninos, compuestos fenólicos de alta concentración en la semilla (0.78% a 1.07%) (Sánchez & Loarca, 2022) . Los taninos pueden influir de manera importante porque son compuestos fenólicos que interactúan químicamente con las antocianinas y con el medio alcalino.

Influencia de los taninos en la extracción de antocianinas

- 1. Interacciones fenólicas.** Los taninos poseen múltiples grupos hidroxilos fenólicos (-OH) que interactúan con las antocianinas mediante enlaces de hidrogeno y asociaciones, formando complejos tanino-antocianina. Esto puede disminuir la cantidad de antocianinas libres durante la extracción.
- 2. Ionización en medio alcalino.** En presencia de hidróxido de sodio, tanto los taninos como las antocianinas se ionizan debido al pH alto. Esta ionización puede provocar cambios estructurales en la molécula de antocianina, reduciendo su estabilidad.
- 3. Degradación del flavilio.** Las antocianinas en condiciones alcalinas pierden la formación flavilio, transformándose en chalconas o compuestos incoloros, lo que disminuye la concentración de antocianinas detectables.

Químicamente, los taninos pueden interactuar con las antocianinas mediante enlaces de hidrogeno y asociaciones entre compuestos fenólicos, formando complejos que reducen la cantidad de antocianinas libres durante la extracción. Además, en medio alcalino generado por el hidróxido de sodio, las antocianinas pierden la estructura de catión flavilio y se transforman en formas menos estables, lo que disminuye su estabilidad y rendimiento de extracción (Giusti & Wrolstad, 2001).

4.2. Efecto del tiempo y solvente en la concentración de antocianinas

Tabla 3

Análisis de la varianza ANOVA simple para la concentración de antocianinas totales con los solventes (etanol 90%, metanol 70% y NaOH 1%) y diferentes tiempos de extracción (30, 90 y 150 minutos)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Tiempo	2226.69	1	2226.69	11.62	0.0422
B:Solvente	1993.92	1	1993.92	10.40	0.0484
AA	12.0213	1	12.0213	0.06	0.8184
AB	3073.59	1	3073.59	16.04	0.0279
BB	3199.41	1	3199.41	16.69	0.0265
Error total	575.011	3	191.67		
Total (corr.)	11080.7	8			

Nota. En la tabla muestra los factores que tuvieron efectos significativo menor a 0.05.

La Tabla 3 muestra que el p – valor para el factor tiempo (minutos) y el p – valor para los solventes, así como sus interacciones de las mismas es menor a 0.05; esto demuestra que es altamente significativa, eso significa que si influye en la concentración de antocianinas totales presentes en el producto (pepa de palta). El autor Cavalcanti et al. (2011) menciona que el declive de las antocianinas es ocasionado por factores como el tiempo y la luz, luz acelera su degradación, por ello es mejor conservar en un lugar oscuro que impida el contacto con la luz, de esta manera no altera el contenido de las antocianinas.

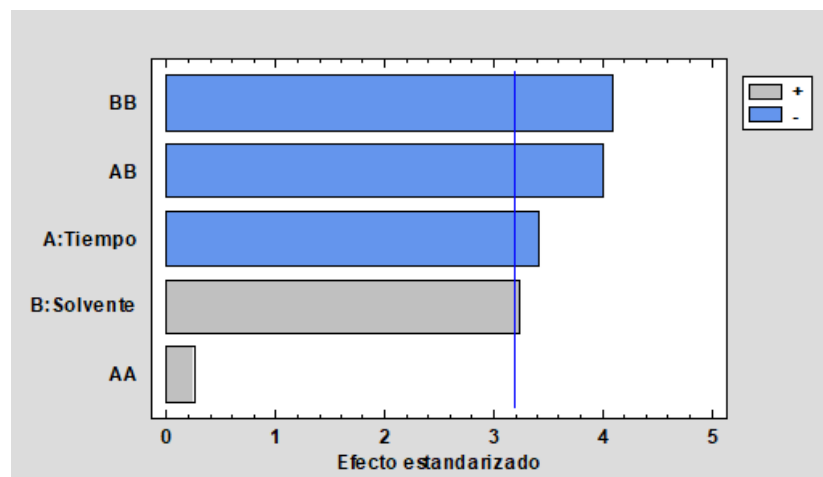
En la figura 26, en el diagrama de Pareto estandarizado se muestra la concentración de antocianinas totales se puede observar que el mayor efecto significativo está dado por el solvente

y la interacción de los factores A (tiempo) y B (solvente), teniendo ambos un efecto significativo ($p < 0.005$) sobre la concentración de antocianinas totales.

Este análisis se puede comparar con los datos obtenidos ya que el autor (Perez et al., 2023) en su estudio “Caracterización de un tinte natural de la semilla de aguacate (*Persea Americana*) para teñir fibras textiles” extrajo eficientemente un color marrón-rojizo haciendo uso de la solución hidróxido de sodio 1% siendo eficiente y obtuvo un alto rendimiento.

Figura 26

Pareto estandarizado para la concentración de Antocianinas Totales



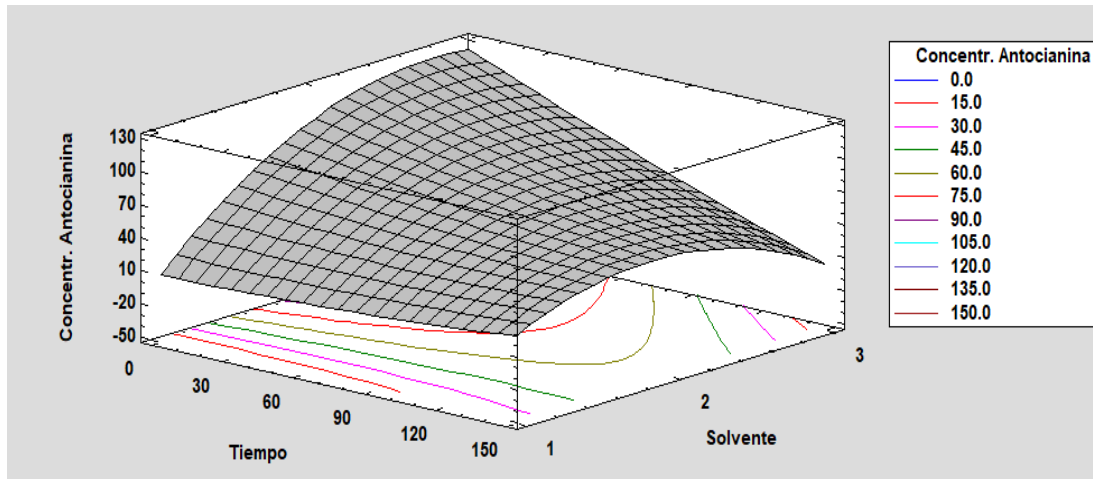
Nota. La grafica muestra el comportamiento de las variables: Solvente y tiempo.

En la figura 27 se muestra la superficie de respuesta para la concentración de antocianinas totales por efecto de tiempo y solvente donde se muestra la ecuación:

$$\text{Concentración Antocianinas} = -173.627 + 0.480344 \cdot \text{Tiempo} + 219.795 \cdot \text{Solvente} + 0.000681019 \cdot \text{Tiempo}^2 - 0.462 \cdot \text{Tiempo} \cdot \text{Solvente} - 39.9963 \cdot \text{Solvente}^2$$

Figura 27

Superficie de respuesta para Concentración de Antocianinas Totales



Nota. La grafica muestra la superficie de respuesta estimada de los efectos de solvente y tiempo sobre la concentración de antocianinas.

El valor de coeficiente de determinación (R^2) señala que el modelo explico 94.81% de las variaciones en la concentración de antocianinas totales. Con la metodología superficie de respuesta se obtuvieron los factores experimentales estudiados (tiempo y solvente). La combinación de los factores ensayados como más adecuada fue el tiempo de 30 minutos y el solvente hidróxido de sodio (NaOH 1%) que presentaron mayores contenidos de antocianina totales 108.710 mg/10 g en la pepa de palta.

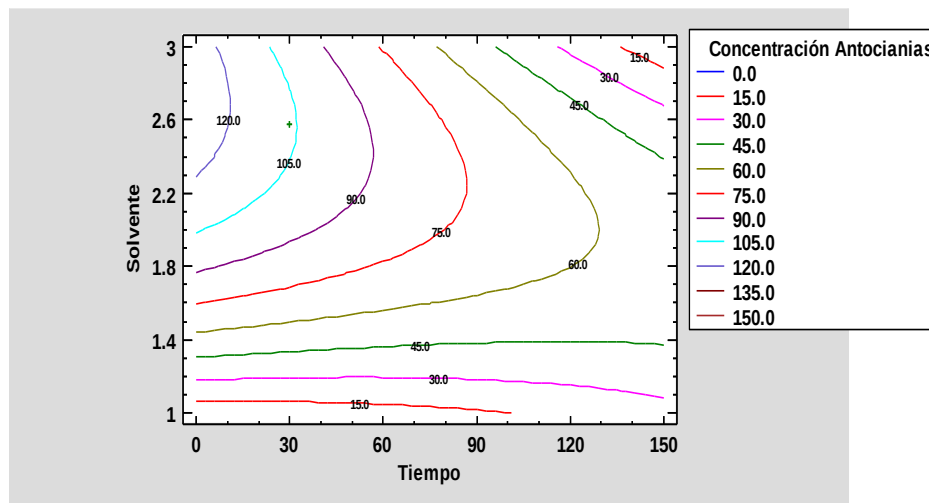
4.3. Optimización

Los valores óptimos es un sistema de ecuaciones que define optimizar las operaciones de extracción para lograr la máxima eficiencia de la concentración de antocianinas del producto.

Los valores óptimos de concentración de antocianinas totales con el tiempo y los solventes para obtener una mejor extracción de la muestra fueron de 30 minutos de tiempo de extracción con el solvente NaOH 1% como se muestra en la figura 28 y tabla 4.

Figura 28

Curva de optimización



Nota. En la curva de optimización el objetivo es identificar el punto óptimo donde se obtiene el mejor resultado.

Tabla 4

Valores óptimos de tiempo y solvente

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	30.0	150.0	30.0
Solvente	1	3	3

Los resultados mostraron que la eficiencia en la extracción de antocianinas varía significativamente entre los tres solventes evaluados. Esto recomienda que la elección del solvente es importante para optimizar el proceso. El solvente más eficiente probablemente tiene una mayor capacidad para romper las interacciones entre las antocianinas y la matriz celular de la pepa, facilitando su liberación. Sería interesante analizar las propiedades fisicoquímicas de los solventes (polaridad, pH, etc.) para entender mejor su efecto en la extracción.

El estudio también analizó que el tiempo de extracción influye en la cantidad de antocianina obtenida. Un tiempo óptimo de extracción permite maximizar el rendimiento sin comprometer la estabilidad de las antocianinas, las cuales pueden degradarse con exposiciones prolongadas a condiciones adversas (luz, temperatura). Ajustar el tiempo de extracción puede mejorar la eficiencia del proceso.

Para mejorar la eficiencia global del proceso, es recomendable realizar un análisis de la relación entre el tipo de solvente y el tiempo de extracción. Esto podría implicar pruebas adicionales para encontrar la combinación óptima que maximice el rendimiento de antocianinas en el menos tiempo posible.

V. CONCLUSIONES

- La eficiencia de los solventes fueron los siguientes el NaOH 1%, que extrajo 108.710 mg/10 g, seguido por el Metanol 70%, que extrajo 84.126 mg/10 g y el Etanol 90%, que extrajo 23.172 mg/10 g.
- El tiempo determinado fue de 30 minutos esto sugiere un equilibrio entre la extracción y posible degradación de las antocianinas.
- Mediante la metodología de superficie de respuesta se determinó que la combinación más adecuada fue 30 minutos de extracción con NaOH 1 %, alcanzando aproximadamente 108,710 mg/10 g de antocianinas en la pepa de palta.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear más intervalos de tiempo en la parte experimental de la extracción dependiendo su metodología de extracción.
- Analizar otros compuestos de las pepas de la palta, como la cantidad de pectina presente y polifenoles.
- Elegir otros métodos de extracción más actualizados para tener mejores resultados.
- Al utilizar al hidróxido de sodio como solvente se recomienda entre 0.5% y 1% ya que a mayor cantidad de NaOH la concentración tiende a ser más espesa.
- Tener en cuenta el reaprovechamiento de los residuos de la pepa de palta para ser usado como pigmento que se pueda utilizar dentro de la industria alimentaria como en el área de harinas, pigmentos naturales, te filtrantes, etc.

VII. BIBLIOGRAGÍA

- Araújo, R., Rodriguez, R., Ruiz, H., Pintado, M., & Aguilar, C. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.07.027>
- Araxchemi. (n.d.). *Cómo el hidróxido de sodio causa cambios de color*. Retrieved February 12, 2025, from <https://araxchemi.com/en/sodium-hydroxide-for-skin/>
- Arranz, S. (2010). *Compuestos polifenólicos (extraíbles y no extraíbles) en alimentos de la dieta española metodología para su determinación e identificación* [Para Optar Al Grado De Doctor, Universidad Complutense De Madrid]. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/e340c278-0b8f-4321-abb2-c5693e87cca7/content>
- Ávalos, C., Quijada, J., & Beltrán, M. (2006). *Caracterización de los aguacates criollos (Persea americana Miller)* [Optar Al Grado De: Ingeniero Agrónomo, Universidad De El Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/00354a49-8cf5-40e6-bf26-3faaf9ba143/content>
- Bachiller, L. (2022). *Obtención de colorante a partir de semilla de aguacate* [Master en Ingeniería Química, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/71743/1/TFM_LAURA_BACHILLER_SORIA.pdf
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (E. Quintanar Duarte, Ed.; Cuarta edición). www.pearsoneducacion.net
- Bahru, T. B., Tadele, Z. H., & Ajebe, E. G. (2019). A Review on Avocado Seed: Functionality, Composition, Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Chemical Science International Journal*, 27(2), 1–10. <https://doi.org/10.9734/csji/2019/v27i230112>

- Barbosa, E., Chel, L., González, E., & Betancur, D. (2016). Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. *Food and Bioprocess Processing*, 100, 457–463. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2016.09.006>
- Bazurto, C., & García, A. (2017). *Procesos de extracción para la obtención de antocianinas a partir de semillas de aguacate (persea americana) mediante métodos físicos* [Trabajo De Titulación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero Químico, Universidad Técnica De Manabí]. <http://repositorio.utm.edu.ec:3000/server/api/core/bitstreams/75812311-d845-4850-b88f-2f2dcd81f0c6/content>
- Benítez, G. (2012). *ALCALOIDES*.
- Buades, J., Sanchis, P., Perelló, J., & Grases, F. (2017). Fosfatos de origen vegetal, fitato y calcificaciones patológicas en la enfermedad renal crónica. *Nefrología*, 37(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/J.NEFRO.2016.07.001>
- Campos-Muzquiz, L. G., De León García, P. G., Flores-Gallegos, A. C., Castillo-Godina, R. G., & Rodríguez Herrera, R. (2023). Caracterización morfológica y determinación de la diversidad genética de aguacate criollo *Persea americana* Mill de Parras, Coahuila: Aguacate criollo *Persea americana* Mill. *Biotecnia*, 25(3), 48–54. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.1919>
- Castañeda, A., & Guerrero, J. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *TSIA*, 25–33. <https://tsia.udlap.mx/pigmentos-en-frutas-y-hortalizas-rojas-antocianinas/>
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. de L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.09.001>

- Cavalcanti, R. N., Santos, D. T., & Meireles, M. A. A. (2011). Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems—An overview. *Food Research International*, 44(2), 499–509. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.12.007>
- Ceballos, A., & Montoya, S. (2013). Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 103–112. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/270/471>
- Devia, J., Constain, V., Bracho, C., Cruz, D., Escobar, C., Alviar, S., Villegas, C., Paredes, R., Palomino, C., & Londoño, B. (2012). Pulverización de colorantes naturales por secado por atomización. *Cuadernos de Investigación*, 33. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/cuadernos-investigacion/article/view/1309>
- Devia, J., & Saldarriaga, D. (2005). Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate. *Revista Universidad EAFIT*, 41(137), 36–43. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/26890a65-f640-4912-87e9-80c08f5461d5/content>
- Disolventes orgánicos*. (n.d.). Retrieved May 21, 2024, from <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/21-DisolventesConstruccion.pdf>
- Domínguez, L. (2020). *Actividad biológica in vitro de la cáscara de aguacate criollo (persea americana var. drymifolia) y su efecto en la cognición en ratón app/ps1 mediante pruebas conductuales* [Tesis Para Obtener El Grado De Maestra En Ciencias Alimentarias, Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50799/DominguezRojasWendoly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Espino, G. (2014, January 28). *Antocianinas, los otros pigmentos del reino vegetal*.
<https://ubuscientia.blogspot.com/2014/01/antocianinas-los-otros-pigmentos-del.html>
- Farfán, G., Morales, E., & Villanueva, F. (2019). *Cuantificación y determinación de la actividad antioxidante de los polifenoles del extracto hidroalcohólico de la cáscara, semilla y el zumo del fruto de Punica granatum var. wonderfull* [Trabajo De Investigación Para Optar El Grado De Bachiller En Farmacia Y Bioquímica, Universidad María Auxiliadora].
<https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/253/19.pdf?sequence=1>
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Editorial Acribia S.A.
<https://sceqa.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Fernández, K. (2007). *Caracterización de Taninos*.
- Floríndez, G. (2023). *Obtención del extracto y su rendimiento de antocianinas en el camote morado CIP 441700 (Ipomoea batatas) utilizando tres disolventes diferentes de extracción*.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5826/TESIS%20GHICELY%20ESMILA%20FLOR%c3%8dNDEZ%20CH%c3%81VEZ%20%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13, 27–36. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (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>
- Gonzales, R. (2017). *Evaluación de la concentración de antocianinas del pushgay (Vaccinium floribundum HBK) en almíbar durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en*

refrigeración [Universidad Nacional de Cajamarca].

[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1727/EVALUACI%
c3%93N%20DE%20LA%20CONCENTRACI%
c3%93N%20DE%20ANTOCIANINAS%20DEL%
20PUSHGAY%20%28Vaccinium%20floribundum%20HBK%29%20EN%20ALM%c3%8
dBAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1727/EVALUACI%c3%93N%20DE%20LA%20CONCENTRACI%c3%93N%20DE%20ANTOCIANINAS%20DEL%20PUSHGAY%20%28Vaccinium%20floribundum%20HBK%29%20EN%20ALM%c3%8dBAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guerrero, D. (2011). *Extracción y evaluación de un colorante natural a partir de la pepa de aguacate para el teñido de las fibras de algodón y poliéster* [Obtención Del Título De Ingeniero En Bioquímica, Universidad Técnica De Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1757/1/SBQ%202%20Ref.3396>

Herrera, M. (2017). *Estabilidad térmica del extracto colorante de Orujos de uvina (Vitis aestivalis – cinérea x vitis vinífera) en una bebida modelo* [Tesis Para Optar El Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina].
[https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2968/Q05-H47-
T.pdf?sequence=4&isAllowed=y%20https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/hand
le/20.500.12746/3150/Tesis%20Aprovechamiento%20del%20aguacate%20como%20colora
nte%20y%20aceite%20para%20un%20producto%20cosmetico.pdf?sequence=2](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2968/Q05-H47-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y%20https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3150/Tesis%20Aprovechamiento%20del%20aguacate%20como%20colorante%20y%20aceite%20para%20un%20producto%20cosmetico.pdf?sequence=2)

Herrera, O. (2016). *Efecto antioxidante y antitumoral in vitro del extracto etanólico de la raíz de Waltheria ovata Cav. “lucraco” en línea celular de cáncer de próstata DU-145*.
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estructura-basica-de-flavonoides-y-sistema-
de-numeracion-Benitez-2006-Esta_fig3_303960971](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estructura-basica-de-flavonoides-y-sistema-de-numeracion-Benitez-2006-Esta_fig3_303960971)

Sodium Hydroxide. (n.d.). Retrieved February 12, 2025, from <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2008/05/2hsnaoh.pdf>

- Huaman, M. (2014). *Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (Persea americana)* [Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2652/Huaman%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huerta, C. (2023). *Obtención de antocianinas de la semilla de aguacate Hass (Persea americana) para posible aplicación textil evaluando tres diferentes concentraciones de disolvente.*
<https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1417907>
- Kuiscanda, K. (2016). *Polaridad y miscibilidad de los disolventes. ¿Cómo se calculan las polaridades relativas? Además, ¿por qué el metanol es menos polar que el etanol?*
https://www-quora-com.translate.goog/Solvent-Polarity-and-Miscibility-How-are-the-relative-polarities-calculated-Also-why-is-methanol-less-polar-than-ethanol-Refer-to-link-highlighted-in-blue-please?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge
- Le thu Thao, N., Phuoc Thang, L., Quynh, N., Kim Dao, T., Ut Than, T., & Sao Mai, D. (2015). Effect of Ethanol on the Anthocyanin Extraction from the Purple Rice of Vietnam. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(1), 48. <https://doi.org/10.11648/J.JFNS.S.2015030102.18>
- Limón, D., Díaz, A., Mendieta, L., Luna, F., Zenteno, E., & Guevara, J. (2010). Los flavonoides: mecanismo de acción, neuroprotección y efectos farmacológicos. *Mensaje Bioquímico*, XXXIV, 143–154. <http://bq.unam.mx/mensajebioquimico>
- Ludeña, V. (2017). *Obtención y caracterización del extracto de antocianina a partir de la granada para alimentos (Púnica granatum L.)* [Tesis para Obtener el Título de Ingeniera Química,

- Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga].
https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3432/1/TESIS%20Q501_Lud.pdf
- Martínez, M. (n.d.). *Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)*. Retrieved May 21, 2024, from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/138418/Mart%c3%adnez%20-%20An%c3%a1lisis%20Instrumental.%20Espectrometr%c3%ada%20de%20Absorci%c3%b3n%20At%c3%b3mica%20%28EAA%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mejía, D. (2016). *Extracción y cuantificación de antocianinas en frambuesa (Rubus idaeus L.) a diferentes temperaturas y tiempos de extracción* [Tesis para optar el título de Ingeniero En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional De Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1725/Extracci%C3%B3n%20y%20cuantificaci%C3%B3n%20de%20antocianinas%20en%20frambuesa%20%28Rubus%20idaeus%20L.%29%20a%20diferentes%20temperat2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAGRI. (2015). *ANÁLISIS DE MERCADO*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471795/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Palta%202015%20-%202019.pdf>
- Mora, J., Morera, L., Ulate, M., Núñez, V., Acuña, E., & Cordero, M. (2021). Clasificación del riesgo químico de solventes orgánicos mediante la aplicación del método “CHEM21 selection guide of classicaland less classical-solvents.” *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5370>
- Mora-Barrantes, J. C., Morera Ramos, L., Ulate-Salas, M., Núñez-Agüero, V., Acuña-Salazar, E., & Cordero-Carvajal, M. (2017). *Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción*

[Tesis Para Optar El Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional De Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1726/EXTRACCI%20Y%20CUANTIFICACI%20DE%20ANTOCIANINAS%20DE%20MA%20MORADO%20ZEA%20MAYZ%20L.%20UTILIZANDO%20DOS%20SOLVENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moreno, J., & Silvia, E. (2018). *Cinética del proceso de extracción de antocianinas de la coronta del maiz morado en medio acuoso* [Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Químico, Universidad Nacional Del Callao].
https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3152/Moreno%20y%20Silva_TESIS_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nicaragua. (2024). *Cadena Agroindustrial-Etanol*.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7360/BVE19039636e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortega, S., Jiménez, S., Miranda, R., Sánchez, T., & Villagómez, A. (2008). *Análisis sensorial, fisicoquímico e instrumental de aguacate variedad Hass y criollo, cosecha 2007*.
<https://docplayer.es/18540969-Analisis-sensorial-fisicoquimico-e-instrumental-de-aguacate-variedad-hass-y-criollo-cosecha-2007.html>

Pathak, S. (2024). *¿Cuáles son las diferencias entre etanol y metanol? Usos e impacto*.
https://www-herofutureenergies-com.translate.goog/blog/ethanol-vs-methanol-differences/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Pérez, G. (n.d.). *Oxalato* . Retrieved July 25, 2025, from <https://www.oxalato.com/>

- Perez, M., Martínez, D., & Pérez, H. (2023). Caracterización de un tinte natural de la semilla de aguacate (*Persea Americana*) para teñir fibras textiles. *Anales de Ciencias Básicas, Físicas y Naturales*, (39), 33–52. <https://doi.org/10.58479/acbf.2024.64>
- Pillado, K. (2024, September 26). *Propiedades del etanol para las industrias* | Contyquim® | Contyquim. <https://contyquim.com/blog/propiedades-del-etanol-para-las-industrias>
- Quiroga, C. (2010). *Desarrollo y desempeño de un proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS)*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estructuras-moleculares-de-las-principales-saponinas-de-la-quinua-A-Saponina-A_fig1_302493166
- Ramos, E. (2021). *Antocianinas: revisión bibliográfica de su procesamiento y potencial uso como colorante natural en alimentos* [UNIVERSIDAD DE CHILE]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/185067/Antocianinas-revision-bibliografica-de-su-procesamiento.pdf>
- Reyes, N. (2016). *Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-1-Clasificacion-de-las-tecnicas-de-extraccion-y-separacion-de-compuestos_fig17_312937644
- Reyes, Z. (2015). *Extracción y evaluación del colorante natural de achiote (*bixa orellana* l.) Como sustituto del colorante e-102 amarillo no. 5 (tartracina) en la elaboración de un yogurt* [UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA]. <https://core.ac.uk/download/pdf/35292238.pdf>
- Rojas, Z. (2017). *Cuantificación de antocianinas de cáscara del fruto de capulí (*Prunus serotina* spp) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos* [Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional De Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1721/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, V., & Loarca, G. (2022). *Caracterización química, fisicoquímica y nutracéutica de la semilla del aguacate (Persea americana Mill) para el uso en la industria*. 7, 297–303.
<https://la.mathworks.com/>

Universidad Nacional de Cajamarca. (2025).
<https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+de+Cajamarca/@-7.167788,-78.4953893,749m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91b25b23d4e8a561:0x2b1aa2c6c1cbc90b!8m2!3d-7.167159!4d-78.4965043!16s%2Fm%2F0cp4bcw?entry=ttu>

Valdez, Y. (2020). *Evaluación de la capacidad antioxidante de los polifenoles presentes en semilla de palta (persea americana miller) variedad zutano*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA.

Vivero S, A., Valenzuela B, R., Valenzuela B, A., Morales, G., Vivero S, A., Valenzuela B, R., Valenzuela B, A., & Morales, G. (2019). Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(4), 491–498.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491>

Wade, L. (2018). *Phenol*. <https://www.britannica.com/science/phenol>

Wrolstad, R. (1993). *Color and Pigment Analyses in Fruit Products*. Corvallis, Or. : Agricultural Experiment Station. Oregon State University.
https://ir.library.oregonstate.edu/concern/administrative_report_or_publications/9s1616449

Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(1), 1–26.
<https://doi.org/10.1186/S13020-018-0177-X/FIGURES/11>

ANEXOS



Obtención de la palta criolla



Palta Variedad Criolla



Lavado



Rallado de pepas



Deshidratado de la ralladura



Muestra seca



Agitación Magnética



Filtración al vacío



Centrifugado

PREPARACIÓN DE LOS BUFFERS



Peso cloruro de potasio



Acetato de sodio



Peso de los químicos



Preparación de los buffers



Verificación del pH



Dilución



Lectura del Espectrofotómetro



Muestras finales