

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE INVESTIGACION**



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACION DE PARÁMETROS FISICOQUIMICOS EN LA
OBTENCION DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA SEMILLA
DE PALTA FUERTE (PERSEA AMERICANA)”**

**AUTOR:
JULIO CESAR CALDERON CRUZ**

Período de ejecución: 01 de abril de 2022 al 31 de marzo de 2023

RESOLUCIÓN Rectoral No 335-2022-R.

Callao, 2023

PERÚ



A small, handwritten signature in black ink, located in the bottom-left corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "John" or "John D.", written in a cursive or semi-cursive style.

DEDICATORIA

**A mis seres queridos: Madre
esposa, hijos y nietos.**

A small, handwritten signature in black ink, located in the bottom left corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly 'J. L. L.', written in a cursive or semi-cursive script.

AGRADECIMIENTO:
A la Facultad de Ingeniería
Química de la UNAC

A small, handwritten signature in black ink on a light yellow rectangular background in the bottom left corner of the page.

INDICE

	PAGINA
INDICE	1
TABLA DE GRAFICOS	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	8
1.1 Descripción de la realidad problemática	8
1.2 Formulación del problema	10
1.2.1 Problema general	10
1.2.2 Problemas específicos	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Limitantes de la investigación	10
II MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes	12
2.1.1 Internacionales	12
2.1.2 Nacionales	14
2.2 Bases teóricas	18
2.2.1 La palta o aguacate	18
2.2.2 Antocianinas	21
2.2.3 Biosíntesis de las antocianinas	25
2.2.4 Factores químicos que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas	25
2.3 Conceptual	29
2.4 Definición de términos básicos	32
III HIPOTESIS Y VARIABLES	34
3.1 Hipótesis	
3.1.1 Hipótesis general	34
3.1.2 Hipótesis específicas	34
3.2 Definición conceptual de variables	34



	3.2.1 Operacionalización de variables	35
IV	DISEÑO METODOLÓGICO	36
	4.1 Tipo y diseño de investigación	36
	4.2 Método de investigación	36
	4.3 Población y muestra	36
	4.4 Lugar de estudio	37
	4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	37
	4.6 Análisis y procesamiento de datos	38
V	RESULTADOS	47
VI	DISCUSION DE RESULTADOS	55
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXOS	63
	<ul style="list-style-type: none"> • ANEXO 1: Matriz de consistencia • ANEXO 2: Preparación de muestra etapa 1 • ANEXO 3: Preparación de muestra etapa 2 • ANEXO 4: Preparación de muestra etapa 3 • ANEXO 5: Tamizado de la muestra • ANEXO 6: Estado final de la maceración • ANEXO 7: Filtrado • ANEXO 8: Pruebas de estabilidad y suspensión del colorante en masa para tortas • ANEXO 9: Comparación de la estabilidad y suspensión del colorante usando como patrón mazamorra de maicena sin colorante. • ANEXO 10: Estabilidad y suspensión variando la cantidad de colorante • ANEXO 11: Maceración de la muestra con los diferentes solventes 	



INDICE DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1	Fruto palta fuerte (Persea americana)	19
Figura 2	Estructura General de las Antocianinas	22
Figura 3	Antocianinas:(a) Flavilio (b) Pelargonidina (c) Pelargonidina-3-O-glucósido	23
Figura 4	Estructura Molecular de algunas Antocianidinas Comunes	23
Figura 5	<i>Transformaciones Moleculares en Función del pH para la Cianidina</i>	24
Figura 6	Sustituyentes de las Antocianinas	24
Figura 7	Estructura de las Antocianinas a Diferentes Valores de pH	26
Figura 8	Ruta General de Biosíntesis de las Antocianinas	28

INDICE DE TABLAS

		PAGINA
Tabla 1	Tabla de datos nutricionales de la palta fuerte (Persea americana)	20
Tabla 2	Composición de la mezcla solvente	44
Tabla 3	Características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de palta fuerte (Persea americana). Relación 1/10	47
Tabla 4	Características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de palta fuerte (Persea americana). Relación 1/5	48
Tabla 5	Identificación para flavonoides.	49
Tabla 6	Prueba de Identificación para Flavonoides. Prueba de Shinoda	50
Tabla 7	Prueba de Identificación para Flavonoides con Zn/HCl	50
Tabla 8	Prueba de Identificación para Flavonoides con NaOH 1N	50
Tabla 9	Identificación de Antocianinas con un pH Ácido	51
Tabla 10	Identificación de Antocianinas con pH Alcalino	51



RESUMEN

La palta peruana “Persea americana”, es conocida por su calidad, textura y sabor, es un excelente antioxidante natural debido a su alto contenido de vitaminas y aceite vegetal, por lo que es considerado un gran alimento nutritivo. La semilla de este fruto, puede utilizarse como materia prima para la obtención de colorante, mediante métodos de maceración dinámica, con el objetivo de ser utilizado en la industria alimentaria, de esta manera se contribuirá con la mitigación de la contaminación por residuos.

Debido a la importancia del aspecto de los alimentos es por lo que los colorantes alimentarios tienen un papel tan relevante entre los aditivos alimentarios. Muchas veces se emplean para resaltar el color natural de los alimentos y otras para devolver el color perdido en las manipulaciones para su conservación.

De los colorantes permitidos hoy en día la mayor parte pertenecen al grupo de las vitaminas, las provitaminas y sustancias naturales como la clorofila, los carotenos y el rojo de remolacha. Su inocuidad es indiscutible y así, por ejemplo, el beta-caroteno y la riboflavina pueden añadirse a los alimentos sin necesidad de declararlos. Asimismo, el caramelo sintético está también, por lo general, permitido sin restricciones para muchos alimentos.

Evaluando los parámetros fisicoquímicos en la presente investigación, se obtuvo los siguientes resultados: Humedad de la muestra seca oxidada entre 9-10 % , Humedad de la muestra Fresca oxidada entre 46 – 56%, temperatura de secado muestra =60°C, relación sólido-solvente: 1:5 y 1:10 (w/v), tamaño promedio de partícula: 850 micrómetros tiempo de extracción: 3 horas, temperatura de extracción: 72°C-74°C, Velocidad de agitación: 550 rpm promedio, pH inicial 8,6 y 8,8 a temperatura ambiente y pH final 6.2 a 74 °C, solvente de mayor extracción NaHCO₃ 1%, Rendimiento de muestra oxidada fresca: 19.96%, Rendimiento de muestra oxidada seca: 25.8%

Palabras clave: Semilla de palta (Persea americana), maceración, colorante extracción, rendimiento, estabilidad.

ABSTRACT

The Peruvian avocado "*Persea americana*" is known for its quality, texture and flavor, it is an excellent natural antioxidant due to its high content of vitamins and vegetable oil, which is why it is considered a highly nutritious food. The seed of this fruit can be used as raw material to obtain coloring, through dynamic maceration methods, with the aim of being used in the food industry, thus contributing to the mitigation of waste contamination.

It is due to the importance of the appearance of food that food colorings play such an important role among food additives. Many times, they are used to highlight the natural color of food and other times to return the color lost in the manipulations for its conservation.

Of the colorants allowed today, most belong to the group of vitamins, provitamins and natural substances such as chlorophyll, carotenes and beetroot red. Its safety is indisputable and thus, for example, beta-carotene and riboflavin can be added to food without the need to declare it. Likewise, synthetic caramel is also generally allowed without restrictions for many foods.

Evaluating the physicochemical parameters in the present investigation, the following results were obtained: Moisture of the dry oxidized sample between 9-10%, Moisture of the fresh oxidized sample between 46-56%, sample drying temperature = 60°C, solid ratio -solvent: 1:5 and 1:10 (w/v), average particle size: 850 microns, extraction time: 3 hours, extraction temperature: 72°C-74°C, stirring speed: 550 average rpm, Initial pH 8.6 and 8.8 at room temperature and final pH 6.2 at 74 °C, higher extraction solvent NaHCO₃ 1%, Fresh oxidized sample yield: 19.96%, Dry oxidized sample yield: 25.8%

Keywords: Avocado seed (*Persea americana*), maceration, colorant extraction, yield, stability.



INTRODUCCION

La palta peruana “Persea americana”, es conocida por su calidad, textura y sabor. Es un excelente antioxidante natural debido a su alto contenido de vitaminas y aceite vegetal, por lo que es considerado un gran alimento nutritivo. Según datos estadísticos proporcionados por la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (COMEX), durante el primer trimestre del presente año 2020, los envíos de palta en general lograron registrar un valor total de US\$ 137 millones y, además, un aumento de más del 200 %. Lo que demuestra que, pese al estado de emergencia, este producto sigue dejando al Perú en alto. A raíz ello, nuestro país, se ha convertido en el segundo exportador mundial de paltas, con una participación del 7 % del total. Durante la inauguración de la Expo Palta 2020, el presidente de la Asociación de Exportadores (ADEX), Erik Fischer Llanos, resaltó el incremento de los mercados de palta en general, de 18 % el 2010 a 35 % el 2019. Para el período enero-julio del año 2020, entre los principales mercados internacionales de destino de palta resaltaron Holanda, España, Chile, Estados Unidos e Inglaterra, los cuales representaron el 83% de las exportaciones totales de palta al mundo, señaló el Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). El MINAGRI (2015) recalcó que la palta tiene un uso predominante en la gastronomía; no obstante, también en otras áreas, pues sus aceites son muy empleados en la industria cosmética y dermatológica; asimismo, favorece al desarrollo nutricional por su rica aportación de ácidos grasos monosaturados, fibra y vitaminas. Chávez (2019) indica que la palta, tiene alta tendencia de consumo en los mercados más exigentes y grandes del mundo. Esta fruta, conocida como aguacate, posee una gran variedad de nutrientes que benefician la salud del consumidor. Tal como lo señalan Castañeda y Mariles (2018), este producto posee características extraordinarias, pues tanto el fruto, hojas e incluso el hueso (semillas o pepas) son aprovechados en materia de salud dado que ayuda a reducir el colesterol, triglicéridos, niveles de insulina, desórdenes digestivos, etc.; en la producción de los cosméticos y productos de belleza, así como la obtención de colorantes naturales, a partir de la semilla, objetivo del presente proyecto de investigación.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La interconexión entre las diferentes naciones del mundo en el plano económico, político, social y tecnológico ha generado un cambio en la economía mundial, debido a su alto impacto en el comercio internacional, específicamente, en los procesos de exportación de productos. Este hecho ha originado una reacción en cadena de valor implicando que, a mayor exportación de un país, mejor economía; debido a que se posibilita el crecimiento económico de los actores involucrados, sobre todo en los productos no tradicionales, y contribuye al crecimiento de la balanza comercial. En el Perú, las agroexportaciones de productos no tradicionales tales como la palta (*Persea americana*), vienen experimentando una tendencia de crecimiento y desarrollo socioeconómico. Entendiéndose que un producto no tradicional es aquel que implica un proceso de alto valor agregado para la ejecución de actividades dentro de la cadena exportadora (Cahuana, 2019). Así, según Chávez (2019), este tipo de exportaciones concentraron un 31.7% del total exportado en el sector agropecuario, lo que viene produciendo mayor empleo y por ende un mejor crecimiento y desarrollo económico del país. El Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de Lima (2017) señala que la palta, en los últimos años, se viene constituyendo como uno de los productos de exportación con mayor importancia, posicionándose así en nichos de mercado mundiales, a tal punto que entre los años 2014-2016 experimentó un crecimiento promedio anual de 16%. Sobre esto, el Centro del Comercio Exterior (CCEX) de la Cámara de Comercio de Lima indica que la creciente demanda extranjera ha generado que la palta se exporte en diferentes presentaciones, ya sea fresca, congelada, en aceite, en pulpa etc. (IDEXCAM., 2017) Debido a ello, hay una tendencia al crecimiento sostenido de las exportaciones de este producto.

Actualmente, el 80% de los colorantes utilizados en las industrias de alimentación y cosmética, así como en el sector farmacéutico, textil son de naturaleza sintética. La razón que lleva a las industrias a utilizar estos colorantes sintéticos radica en que el coste de los mismos es mucho menor.

El proceso tradicional para obtener colorantes naturales es muy costoso y la productividad escasa, esto hace que no sea rentable utilizarlos. Sin embargo, los colorantes sintéticos no pueden ofrecer las ventajas de aquellos de origen natural. Los naturales, al ser biodegradables, se absorben por el organismo de forma natural y sin ningún perjuicio para nuestra salud, y cada vez más, aumenta la necesidad de reemplazar los compuestos sintéticos por otros de origen natural. Hasta ahora, los colorantes naturales más conocidos son: verdes (procedentes de la clorofila), amarillos (obtenidos de la cúrcuma) o rojos (como el ácido carmínico procedente de insectos) (Caballero, 1995). Con el creciente aumento de la producción de aguacate y el aumento de las industrias dedicadas a su transformación, como industrias de producción de guacamole o pulpa de aguacate, utilizan la parte comestible y demás partes como semilla y cascara son desechadas sin darles ningún uso, incrementando el problema ambiental y la contaminación por residuos, a esto se suma la pérdida de toneladas por año como consecuencia de la etapa de maduración, almacenamiento, transporte, transformación y refrigeración. Como se ha venido mencionando el aguacate no es aprovechado completamente ya que su cascara y su semilla, que corresponden aproximadamente al 50% del peso de cada fruto, no son del interés de las industrias alimenticias (Suárez et al., 2013). Estos residuos tienen una variedad de propiedades y componentes, por ejemplo, cerca del 70% de los aminoácidos del fruto contenidos en la semilla, y adicional a esto compuestos como la serina ($C_3H_7NO_3$), taninos, que pueden llegar a ser de interés en industrias como la farmacéutica y cosmética. Teniendo en cuenta la gran cantidad de semilla desechada por la industria alimenticia y el consumo humano, y el gran valor potencial que esta puede tener para otras industrias, se pretende investigar ¿Cómo aprovechar las semillas de palta fuerte (*Persea americana*), producto de la industria de transformación y del consumo humano, a través de la evaluación de parámetros fisicoquímicos, en la obtención de colorante natural?

1.2 Formulación del problema

Mediante un estudio experimental se logrará resolver las siguientes interrogantes.

1.2.1 Problema general

¿Cómo evaluar los parámetros fisicoquímicos en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*)?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos a evaluar en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*)?
- b) ¿Cómo determinar la estabilidad y el grado de suspensión del colorante obtenido a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*)?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar los parámetros fisicoquímicos a evaluar en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).
- b) Determinar la estabilidad y el grado de suspensión del colorante obtenido a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).

1.4 Limitantes de la Investigación

1.4.1 Teórica

Para el presente trabajo no tendremos mayor dificultad para organizar en secuencia lógica, orgánica y deductiva, los temas básicos que forman parte del marco teórico en la que circunscriben las variables del problema de la investigación.



Para la selección de la mejor alternativa de proceso se evaluarán los siguientes criterios: el rendimiento, facilidad del proceso de extracción, tono o color del producto obtenido, tiempo requerido para su obtención, consumo energético, estabilidad del pigmento extraído.

1.4.2 Temporal

- La investigación tiene carácter teórico-experimental y observacional, se ha programado para ser desarrollado en el periodo aproximado de 1 año comprendido desde 01/04/2022 a 31/03/2023.

1.4.3 Espacial

- No se pretende crear una catalogación o clasificación de colorantes.
- No se incluirán elementos considerados como especializados de acuerdo con otras ramas o disciplinas.
- El proyecto se enfocará únicamente en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, para acercarse a los valores óptimos en la obtención de colorante natural a partir de la palta fuerte (*Persea americana*).

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Ramos, J. (2017). Propone mediante un proyecto, el aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad LORENA, como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad HASS como componentes funcionales en un jabón líquido. Su objetivo es aprovechar los residuos originados por la semilla del aguacate, variedad Lorena, para la producción de extractos colorantes acuosos de agua y el aprovechamiento de la pulpa provenientes de aguacates no conformes producto de la comercialización de la variedad Hass, para obtener aceite de aguacate. Se realizó análisis fisicoquímicos y de calidad, a los dos productos obtenidos (colorante base agua y aceite), posteriormente se incorporaron dentro de una fórmula para obtener un jabón líquido, que permitiera ajustarse a la normativa vigente establecida en la NTC 709 para Colombia. La investigación demostró la obtención de 2 bio-productos utilizando residuos de aguacate, uno de los productos corresponde a un colorante natural, obtenido a partir de la semilla de aguacate variedad Lorena con un rendimiento de $1,61\% \pm 0,02$ en peso / volumen y un aceite obtenido de los mesocarpios residuales del aguacate variedad Hass, con un rendimiento de extracción de $71,26\% \pm 1,25$ mediante el método soxhlet, con propiedades humectantes para la piel.

Monsalve, C., y Ramos, L. (2019). En este estudio se evaluó la posibilidad de incorporar el aguacate en la cadena productiva, a partir del aprovechamiento de sus residuos para ser aplicados en la industria cosmética, para ello se determina la factibilidad económica de diseñar una planta productora de aceite de aguacate obtenido a partir de los residuos del fruto, el cual son generados durante el proceso de comercialización para hacer aplicados a la industria. El estudio está enfocado únicamente en el aprovechamiento de los residuos de aguacate en la central de abastos de Bogotá (CORABASTOS). El estudio concluye que el proyecto es viable, ya que se identificó una oportunidad de negocio, que permite la creación de una empresa productora de aceite de aguacate, obtenido a partir del procesamiento de los residuos del fruto. El

método utilizando en la extracción del aceite fue realizado mediante el prensado Expeller, alcanzando rendimientos del 7,31% en base fruto y una utilidad del 80%., el cual representa una ventaja competitiva en la demanda del mercado cosmético.

Motta, L.; y Pinzón, A. (2011). Llevaron a cabo una valoración de la viabilidad financiera de aprovechar los residuos orgánicos originados en CENTROABASTOS S.A. para la generación de energía y compostaje utilizado por la empresa INCOM LTDA., atreves del convenio INCOM LTDA – CESIUM AB y auspiciado por la Agencia de Cooperación Sueca NUTEK. Este estudio proyectó la posibilidad de procesar el 80% de las 5000 toneladas de residuos orgánicos generados en un periodo estimado entre el 2008 – 2010, con una inversión alrededor de \$1.300.000.000, distribuidos en activos fijos, gastos preoperacional y capital. Este proyecto se formuló, con la intención principal de establecer la posibilidad de emprender un negocio, teniendo en cuenta su rentabilidad financiera. El análisis del estudio permitió observar que esta tecnología ofrece beneficios ambientales y un costo de operación menor al del sistema habitual, el cual lo vuelve atractivo para la entidad, sin embargo, su implementación requiere un cambio cultural. Este estudio concluye que el proyecto es financieramente viable, para un periodo menor a 8 años, ya que el periodo de recuperación está entorno a los 6 años.

Ramos, L. (2017). Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad Lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad Hass como componentes funcionales en un jabón líquido

El presente trabajó exploró dos alternativas para el aprovechamiento de residuos generados por semilla de Persea Americana Mill Variedad Lorena, la primera, mediante la obtención de extractos acuosos tipo colorante de Agua, Solución acuosa de NaOH al 0.5% y mezcla de 50% Agua y 50% Alcohol etílico manteniendo constante la relación de 0,05 semilla-solvente, los cuales fueron evaluados en cuanto a su rendimiento expresado en sólidos totales, actividad antioxidante por DPPH y potencial antimicrobiano frente a Staphilococos aereus y Escherichia coli por el método de difusión en disco. La segunda alternativa es la obtención de aceite de aguacate de pulpa proveniente de aguacate no aptos

para comercialización de Persea americana variedad Hass a dicho aceite se le evaluó las propiedades fisicoquímicas pertinentes, índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, perfil cromatográfico. Se aplicó en una matriz tipo jabón líquido el colorante extraído de la semilla y el aceite proveniente de la pulpa, se evaluó el color del jabón en coordenadas CIELAB y el pH, durante 30 días de almacenamiento. Además, se evaluó la formulación de jabón líquido frente a la normativa vigente establecida en la NTC 709 para Colombia

La extracción más eficiente fue mediante hidróxido de sodio expresada en % de sólidos totales extraídos de la semilla de aguacate con un promedio de $1,61 \pm 0,02$. La actividad antioxidante del extracto con agua destilada es la más alta entre los tratamientos. No se presentó ninguna actividad antimicrobiana en los extractos evaluados. El índice de yodo revela que el aceite obtenido tiene un alto grado de insaturaciones y el índice de saponificación es más alto frente a los reportados lo que indica que tiene alta oportunidad la industria de jabones y cosméticos. El colorante extraído con NaOH a partir de la semilla de aguacate variedad Lorena, es completamente estable en una matriz de jabón líquido con un pH de 6,2 durante un mes de almacenamiento. Con los ingredientes formulados para el jabón líquido no se logra el cumplimiento de la NTC 709, sin embargo, puede existir una confusión con el etiquetado en cuanto a la denominación "jabón líquido" que realizan las empresas productoras que ofrecen este tipo de producto en Colombia

2.1.1 Nacionales

Delgado, A.; Díaz, D.; Espinoza, B.; Gerónimo, G.; Juárez, K. (2013). Diseño de la línea de producción para la elaboración y envasado de puré de palta en el departamento de Piura. De la experimentación con las muestras de las dos variedades de palta tratadas se concluye que por el mayor porcentaje de aprovechamiento se debe trabajar en la línea con la variedad Hass. Se hizo una pequeña prueba de sabor con las dos muestras de producto terminado a los inquilinos de la pensión de uno de los integrantes del grupo de proyectos, resultando significativamente alta la inclinación hacia la muestra de palta de variedad Hass. Como resultado de la investigación exploratoria obtuvimos que

la localización recomendable que mejor se ajusta al control de aspectos social, legal y ambiental es en el distrito de Tambogrande, tomando como criterios de evaluación accesibilidad de materia prima, reducción de costos de transporte de materia prima. Se proyectó la disponibilidad de producción de palta en Piura resultando 3309.45 toneladas anuales para el presente año lo que nos asegura cubrir con la capacidad de producción establecida para el primer año de operaciones, estimadas en base a la demanda de salsas envasadas de 1020 toneladas de salsa pertenecientes al competidor directo del producto en el mercado, que significan 2040 toneladas de palta necesarias como materia prima para su conversión en producto elaborado. Además, cumpliendo con las principales certificaciones de calidad a lo largo del proceso como el registro sanitario en toda línea, permisos municipales y normas de impacto ambiental, se asegura una línea que cumple con la normativa legal para su futura implementación y un producto apto para el consumo humano.

Guerreros, M. (2017). Quitosano y almidón como recubrimiento biodegradable para prolongar la vida útil en palta (*Persea americana* mill.) cultivar fuerte. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología post cosecha en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín, región, provincia y distrito de Arequipa, entre los meses de octubre y noviembre, con el objetivo de prolongar la vida útil de los frutos de palta (*Persea americana* Mill.) cultivar 'Fuerte'. Se plantearon los siguientes tratamientos: quitosano 1% (A0Q1); Quitosano 3% (A0Q3); Almidón papa + quitosano 1% (PQ1); Almidón papa + quitosano 3% (PQ3); Almidón Maíz + quitosano 1% (MQ1); Almidón Maíz + quitosano 3% (MQ3); Almidón de papa (PQ0), Almidón de maíz (MQ0) y el testigo (A0Q0); el diseño empleado fue de Bloques Completos al Azar con 9 tratamientos y tres repeticiones, donde se distribuyó los tratamientos al azar dentro de cada bloque; las características evaluadas fueron: contenido de azúcar, porcentaje de aceite, porcentaje de peso seco, porcentaje de humedad, pH, acidez titulable, desórdenes fisiológicos y análisis sensorial; los resultados fueron sometidos al ANVA correspondiente y se utilizó la prueba de significación de Duncan ($p < 0,05$) para determinar la

existencia o no de diferencias estadísticas entre tratamientos y entre bloques. Se concluye que los mejores tratamientos a los 5, 10, 15, 20 días presentaron los siguientes valores de 8,01 a 8,4 de Grados Brix, 13,54 a 14,85 % de contenido de aceite, 30,2 a 32,96 % de materia seca, 67,04 a 69,8 % de humedad, 7,38 a 7,7 de pH, 0,10 a 0,16 de acidez titulable, comparado con el testigo que culminó su vida útil a los 15 días con 9,6 Grados Brix, 13,5 % de aceite, 30,7 % de materia seca, 69,3 % de humedad, 7,13 pH, 0,18 de acidez titulable, se observó en la evaluación de colorimetría que los carotenoides, β -caroteno van aumentando conforme el fruto va madurando, según lo evaluación cualitativa de los panelistas no presentaron cambios en la calidad organoléptica.

Apaza, P. (2020). Influencia de la aplicación de recubrimientos biodegradables a base de mucílago de nopal (*opuntia spp.*) y la temperatura de almacenamiento en la conservación de la palta (*Persea americana*) variedad has. Se inició la investigación estableciendo los valores iniciales del peso, firmeza, color, materia seca y porcentaje de aceite de las paltas recientemente cosechadas. Posteriormente; se determinó el efecto de la temperatura de almacenamiento y los recubrimientos, sobre el porcentaje de pérdida de peso, pérdida de firmeza, variación de color externo, materia seca y porcentaje de aceite, durante 35 días de almacenamiento. Finalmente se evaluó la aceptabilidad mediante una prueba hedónica. Se utilizaron dos concentraciones del mucílago (1 y 3%) como base de los recubrimientos, además se utilizó una muestra control (sin cobertura) y dos temperaturas de almacenamiento (5 y 10 °C). Las superficies de las paltas fueron lavadas, desinfectadas y secadas; posteriormente fueron sumergidas en cada una de las soluciones de cobertura y secadas con aire a temperatura ambiente. Cada 7 días se midieron los parámetros fisicoquímicos antes mencionados. Culminado el almacenamiento se determinó el grado de aceptabilidad mediante la prueba de escala hedónica con nueve niveles; los atributos evaluados fueron olor, color, sabor y firmeza. El análisis de varianza indica que existe un efecto significativo de los recubrimientos, la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre los parámetros fisicoquímicos evaluados. Se determinó al recubrimiento con un 3%

de mucílago, como el mejor, dentro del grupo de tratamientos que fueron almacenados a 5°C, alcanzando una pérdida de peso de un 5.82 %, con una firmeza de 16.53 N, los parámetros de color, L* 34.24, a* -4.59 y b* 13.08, porcentaje de materia seca 30.79 % y porcentaje de aceite 20.08 % correspondientes al día 35 de almacenamiento. Para el análisis sensorial se aplicó el método de Kruskal Wallis y los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los recubrimientos y la muestra control, los consumidores calificaron a las muestras con el recubrimiento R2-5 como el de mejor aceptabilidad. A partir de estos resultados se concluye que los recubrimientos formulados a base de mucílago de nopal, son aceptables sensorialmente, así mismo ayudan a extender el tiempo de vida útil de la palta variedad Hass disminuyendo las pérdidas de peso, manteniendo la firmeza y retrasando los parámetros de color del fruto.

Bancayan, L. (2016). Estudio de pre - factibilidad para la producción de palta Hass (*Persea americana* Mill) en la región Lambayeque con fines de exportación. Lambayeque es una región que poco a poco comienza a valorar la producción de palta Hass, proyectándose como un mercado prometedor para las exportaciones de palta, la producción de esta fruta en la región, en el año 2013 fue de 2 110 toneladas, siendo aún no significativas con respecto a las tradicionales regiones productoras como La Libertad (74 698 toneladas), Lima (60 197 toneladas) e Ica (39 439 toneladas), esto se debe a que todavía no se adecuan más áreas para expandir la siembra de este cultivo. El presente trabajo tiene como objetivo realizar el estudio de pre - factibilidad para la producción de palta Hass (*Persea americana* Mill), en la región de Lambayeque con fines de exportación, asimismo realizar un análisis comparativo del comportamiento de la producción, exportaciones e importaciones, una proyección de la demanda mediante datos históricos de las cantidades producidas en el país y el rendimiento que muestra cada planta por hectárea sembrada de cultivo. Además, este trabajo comprende el manejo del cultivo que debe tener la plantación de palta Hass, su manejo pre y post cosecha; también identificar los factores ambientales que generan un impacto ambiental tanto positivo como

negativo y a su vez dar a conocer algunos de los métodos para el manejo de desechos producidos durante el mantenimiento y cosecha del cultivo de palta Hass. Este trabajo está proyectado para los próximos 19 años en los cuales calculando los índices de rentabilidad del valor actual neto (VAN) de 1 365 128.62 dólares y la Tasa interna de retorno (TIR) dando un porcentaje de 34%, se concluirá que se tiene la viabilidad deseada luego de determinar la pre - factibilidad calculada según los egresos e ingresos utilizados anualmente.

2.2 Bases teóricas

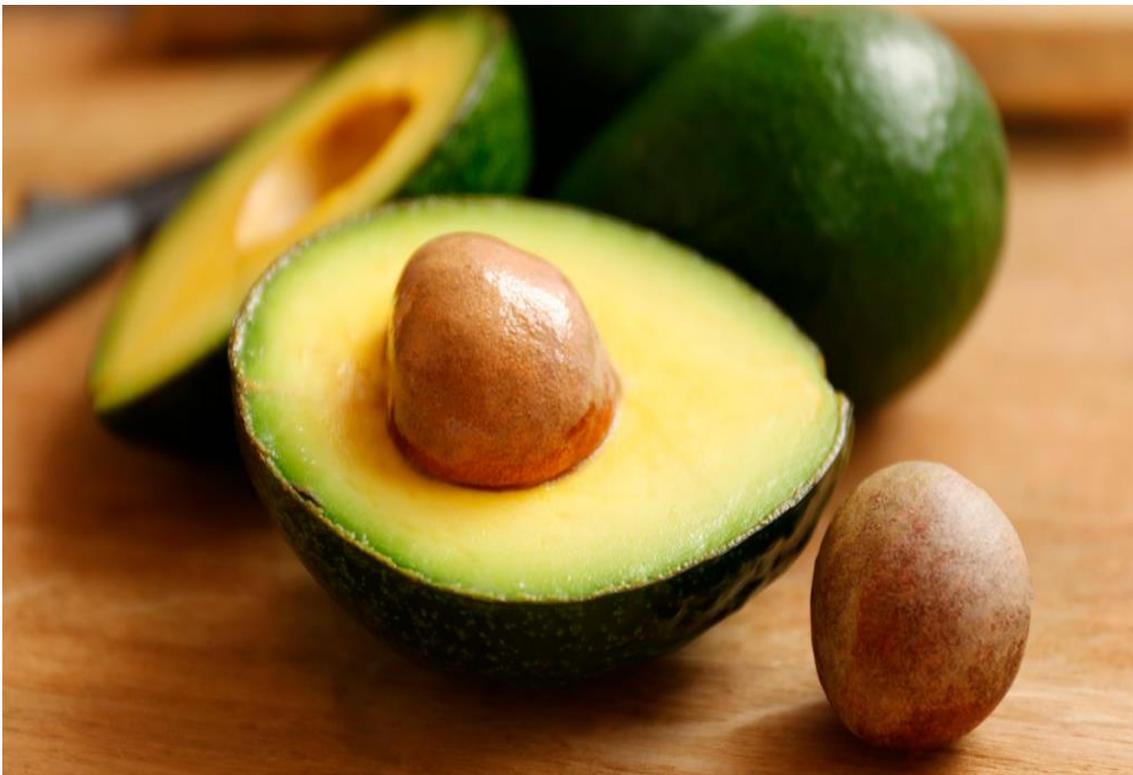
2.2.1. La palta o aguacate

Perteneciente a la familia de las Lauráceas, es un árbol frondoso y muy ramificado, cultivado en regiones tropicales y templadas. Originario de América intertropical, representó para los pueblos indígenas desde tiempos inmemoriales, un fruto delicioso muy apreciado con propiedades extraordinarias que van desde lo nutritivo, lo curativo, lo religioso hasta lo cosmetológico, (Villanueva et al., 2007). Por la alta diversidad de usos, tiene amplias oportunidades en los mercados internacionales, tanto en fresco como procesado en guacamole, puré, aceite o cosméticos. Cabe señalar que en la industrialización de estos productos se ocupa la parte comestible del aguacate, desechándose la cáscara y la semilla, la que representa de un 15 a 16 % del total del fruto, es predecible que se produzca una enorme cantidad de desechos orgánicos provenientes de la industrialización, los cuales están comenzando a ser motivo de estudios para evaluar su posible utilización, (Ramos et al., 2007). Dado que se tienen algunos antecedentes, de que tanto el carozo como la epidermis de la palta contienen algunos elementos que podrían ser aprovechables, y que los volúmenes que se manejan para la eliminación de estos desechos representa un costo para empresas de industrialización, además de producir una contaminación ambiental, es que resulta interesante recopilar la información que al respecto existe, a fin de evaluar, a futuro, la posible reutilización de estos desechos orgánicos del procesamiento de la palta, (Villanueva et al., 2007). La palta peruana “Persea americana”, es conocida en el mundo por su calidad, textura y sabor. Es un excelente antioxidante natural

debido a su alto contenido de vitaminas y aceite vegetal, por lo que es considerado un gran alimento nutritivo. MINAGRI (2015) recalcó que la palta tiene un uso predominante en la gastronomía; no obstante, también en otras áreas, pues sus aceites son muy empleados en la industria cosmética y dermatológica; asimismo, favorece al desarrollo nutricional por su rica aportación de ácidos grasos monosaturados, fibra y vitaminas.

Figura 1.

Fruto palta fuerte (Persea americana)



Fuente: Franco Acaiturry / Azucena León (2010)

Tabla 1.

Tabla de datos nutricionales de la palta fuerte (Persea americana)

TABLA DE DATOS NUTRICIONALES					
Aguacate Fresco (5 oz. tamaño mediano)	 1 porción de aguacate Aprox. 1/5 de aguacate 1 oz. (30g)	% Valor Diario	 1.25 porción Aprox ¼ de aguacate 1.25 oz. (37.5g)	 2.5 porc. Aprox ½ aguacate 2.5 oz. (75g)	 5 porciones Aprox 1 aguacate entero 5 oz. (150g)
Calorías	50		60	130	250
Grasas Totales (g)	4.5	7% DV	6	12	23
Grasas Saturadas (g)	0.5	3% DV	1	2	3
Grasas Trans (g)	0.0		0	0	0
Grasas Poliinsaturadas (g)	0.5		1	1	3
Grasas Monoinsaturadas (g)	3.0		4	7	15
Colesterol (mg)	0.0	0% DV	0	0	0
Sodio (mg)	0.0	0% DV	0	5	10
Potasio (mg)	150.0	4% DV	190	380	760
Total Carbohidratos (g)	3.0	1% DV	3	6	13
Fibra Dietética (g)	2.0	8% DV	3	5	10
Azúcares (g)	0.0		0	0	0
Proteínas (g)	0.0		1	1	3
VITAMINAS					
Folato (mcg o Åµg)	27	6% DV	33.8	67.5	135
Niacina (mg)	0.6	2% DV	0.7	1.4	2.9
Ácido Pantoténico (mg)	0.4	4% DV	0.5	1.1	2.2
Riboflavina (mg)	0.0	4% DV	0.1	0.1	0.2
Vitamina A (IU)	44	1% DV	55	110	220
Vitamina B6 (mg)	0.1	4% DV	0.1	0.2	0.4
Vitamina C (mg)	2.6	4% DV	3.3	6.5	13
Vitamina E (IU)	0.9	4% DV	1.1	2.2	4.4
MINERALES					
Calcio (mg)	4	0% DV	5	10	20
Cobre (mg)	0.1	2% DV	0.1	0.1	0.3
Hierro (mg)	0.2	2% DV	0.2	0.5	0.9
Magnesio (mg)	9	2% DV	11.3	22.5	45
Manganeso (mg)	0.0	2% DV	0.1	0.1	0.2
Fósforo (mg)	16	2% DV	20	40	80
Zinc (mg)	0.2	0% DV	0.3	0.5	1.0

Fuente: MINAGRI (2016)

2.2.2 Antocianinas

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano (Strack y Wray, 1994). Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales, y se encuentran acumulados en las vacuolas de la célula (Wagner, 1982). Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana. El interés por los pigmentos antociánicos y su investigación científica se ha incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo. Por lo tanto, además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano. A pesar de las ventajas que ofrecen las antocianinas como sustitutos potenciales de los colorantes artificiales, factores como su baja estabilidad y la falta de disponibilidad de material vegetal limitan su aplicación comercial, (Wrolstad et al., 2000). Las antocianinas se localizan principalmente en la piel de las frutas como manzanas, peras, uvas, zarzamoras, ciruelas, de flores como la Jamaica, rosas y verduras como la col morada y cebolla morada. La diferencia de color entre las frutas, flores y verduras dependen de la naturaleza y concentración de antocianinas. Existen factores adicionales que afectan el color como el pH de la célula, el efecto de la copigmentación determinado por la presencia de otros flavonoides, temperatura, luz, etc., (Gross, 1987).

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C.

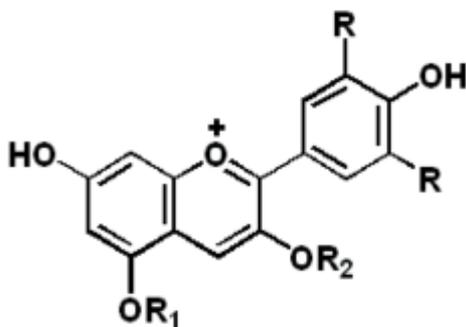
El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las



metoxilaciones producen coloraciones rojas. En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, cafeico, ferúlico, sinápico, gálico, o p-hidroxibenzoico, (Stintzing et al.,) (2002), demostraron que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glicosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura.

Figura 2.

Estructura General de las Antocianinas



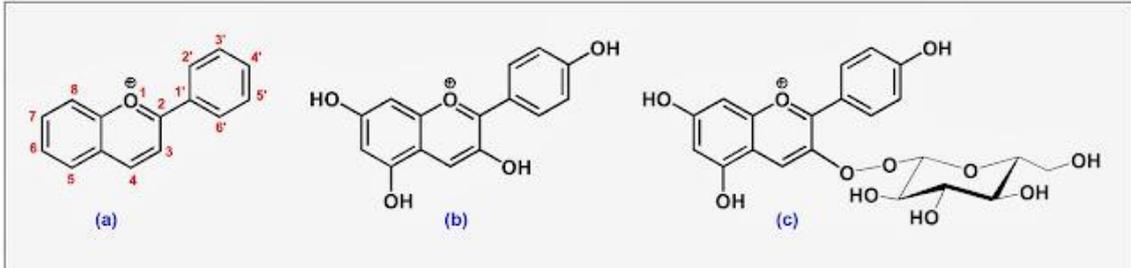
estructura general de las antocianinas
R1 y R2 pueden ser H o azúcares R
pueden ser OH o H.

Fuente: Durst et al., (2001)



Figura 3.

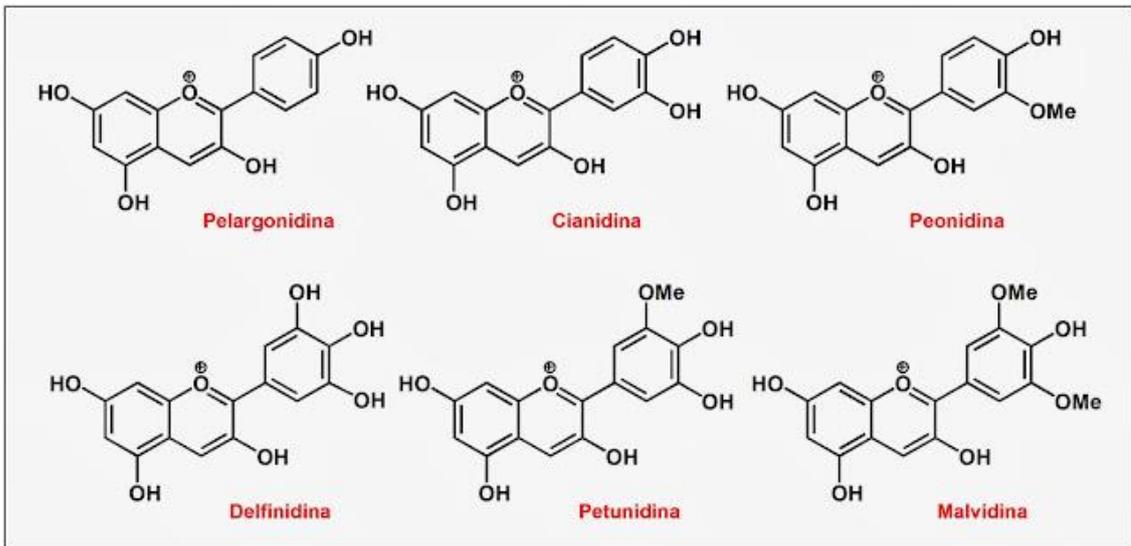
Antocianinas: (a) Flavilio (b) Pelargonidina (c) Pelargonidina-3-O-glucósido



Fuente: Durst et al., (2001).

Figura 4.

Estructura Molecular de algunas Antocianidinas Comunes

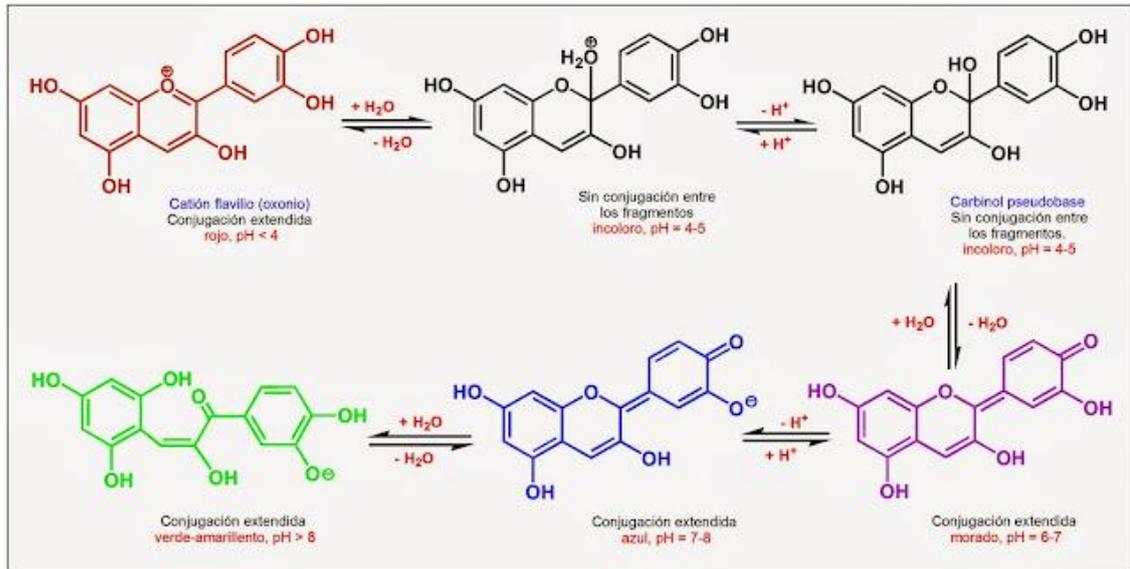


Fuente: Durst et al., (2001).



Figura 5.

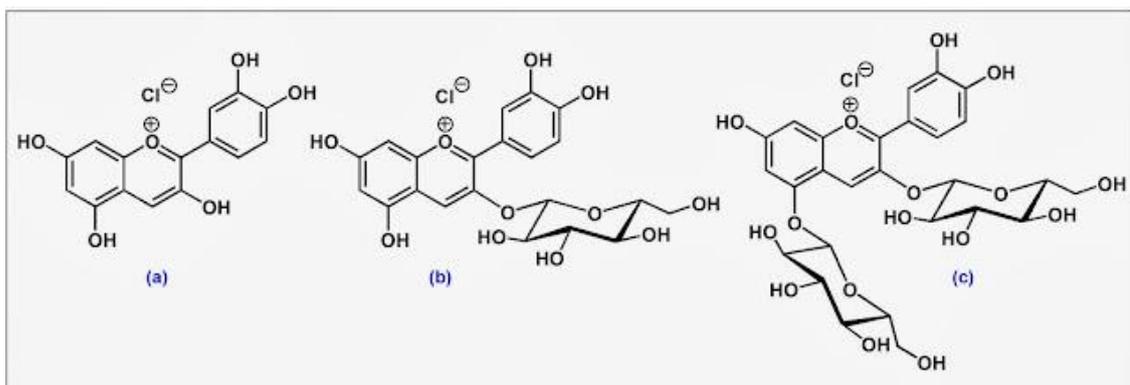
Transformaciones Moleculares en Función del pH para la Cianidina



Fuente: Durst et al., (2001).

Figura 6.

Sustituyentes de las Antocianinas



Nota: (a) Cianidina; (b) Crisantemina (cianidin-3-O-glucósido); (c) cianidin-3,5-O-diglucósido

Fuente: Durst et al., 2001.

2.2.3 Biosíntesis de las antocianinas

Los precursores de las antocianinas son bien conocidos (Springob et al., 2003). Se ha establecido experimentalmente que al anillo A de las antocianinas se sintetiza por la ruta del ácido malónico con la condensación de tres moléculas de malonil-CoA, mientras que el anillo B se sintetiza por la ruta de ácido shikímico. El ácido shikímico ($C_7H_{10}O_5$) da paso a la fenilalanina que por acción de una fenilalanina amonio liasa (PAL), y después de una pérdida de NH_3 se convierte en ácido p-coumárico. El p-coumaril-CoA luego participa en una reacción de condensación con las tres moléculas de malonil-CoA para formar una chalcona de 15 C, reacción propiciada por una chalcona sintasa. Este compuesto intermedio de 15 C es transformado en una flavanona en una reacción catalizada por una chalcona isomerasa. Finalmente, la flavanona es transformada en la correspondiente antocianidina por una reacción de hidroxilación en el carbono 3 seguida por una deshidratación. La molécula de antocianidina se estabiliza por glicosilación del heterociclo; reacción en la que interviene una glicosil transferasa y posterior posibles reacciones de metilación de los hidroxilos seguidas de acilaciones.

2.2.4 Factores químicos que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas

A pesar de las ventajas que las antocianinas ofrecen como posibles sustitutos de los colorantes artificiales, su incorporación a matrices alimenticias o productos farmacéuticos, cosméticos, textiles son limitadas debido a su baja estabilidad durante el procesamiento y el almacenamiento, (Wrolstad et al., 2000). Factores como su misma estructura química, pH, concentración, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, y actividad de agua de la matriz determinan la estabilidad del pigmento.

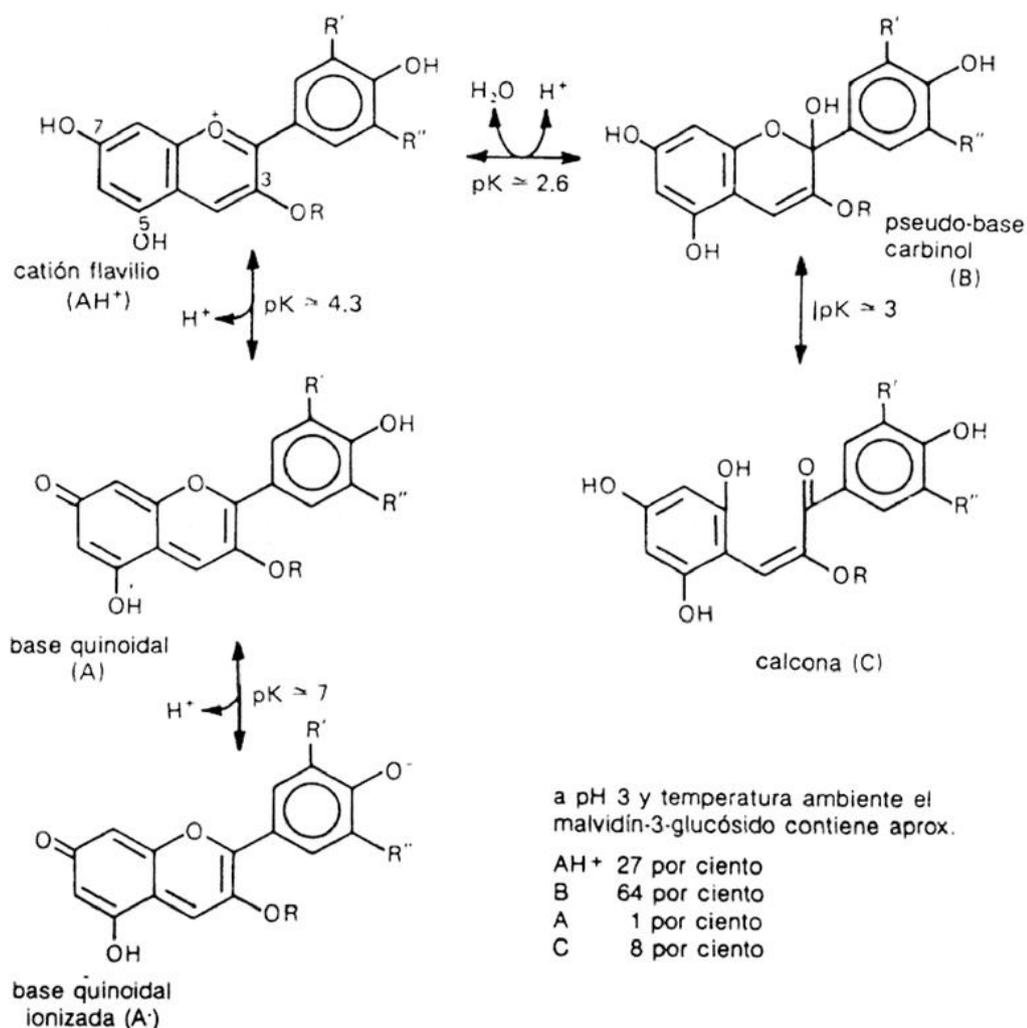
- **Efecto del pH.**

El pH tiene efecto en la estructura y la estabilidad de las antocianinas. La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ion oxonio o catión flavilio (AH^+) de color rojo intenso. A valores

de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemicetal (B) y la forma chalcona (C), o de cadena abierta. Tanto el hemicetal como la chalcona, son formas incoloras y bastante inestables. A valores de pH superiores a siete se presentan las formas quinoidales (A, A-) de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Hutchings, 1999).

Figura 7.

Estructura de las Antocianinas a Diferentes Valores de pH



Fuente: Coultate (1984)



- **Efecto de la temperatura**

Efecto de la temperatura. Incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras (Timberlake, 1980).

- **Efecto del oxígeno y del ácido ascórbico**

El efecto degradativo del oxígeno y el ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas está relacionado, (Sondheimer et al., 1953) reportaron que las condiciones que favorecen la oxidación aeróbica del ácido ascórbico en jugo de fresa y en sistemas modelo que contenían pelargonidina 3-glucósido proveniente de la fresa causaban grandes pérdidas de antocianinas, pero cuando el oxígeno era excluido del sistema no se observaba deterioro del color. De igual manera, (Markakis et al., 1957), reportaron un efecto sinérgico entre el ácido ascórbico y el oxígeno sobre la degradación de la pelargonidina 3- glucósido en solución. En investigaciones más recientes, Garzón y Wrolstad (2002), confirmaron la aceleración de la destrucción de antocianinas de fresa cuando el ácido ascórbico está presente tanto en sistemas naturales como en sistemas modelo. El efecto del ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas ha sido explicado por Jurd, (1972), y Poesi-Langston, (1981), como una posible reacción de condensación entre el ácido y los pigmentos.

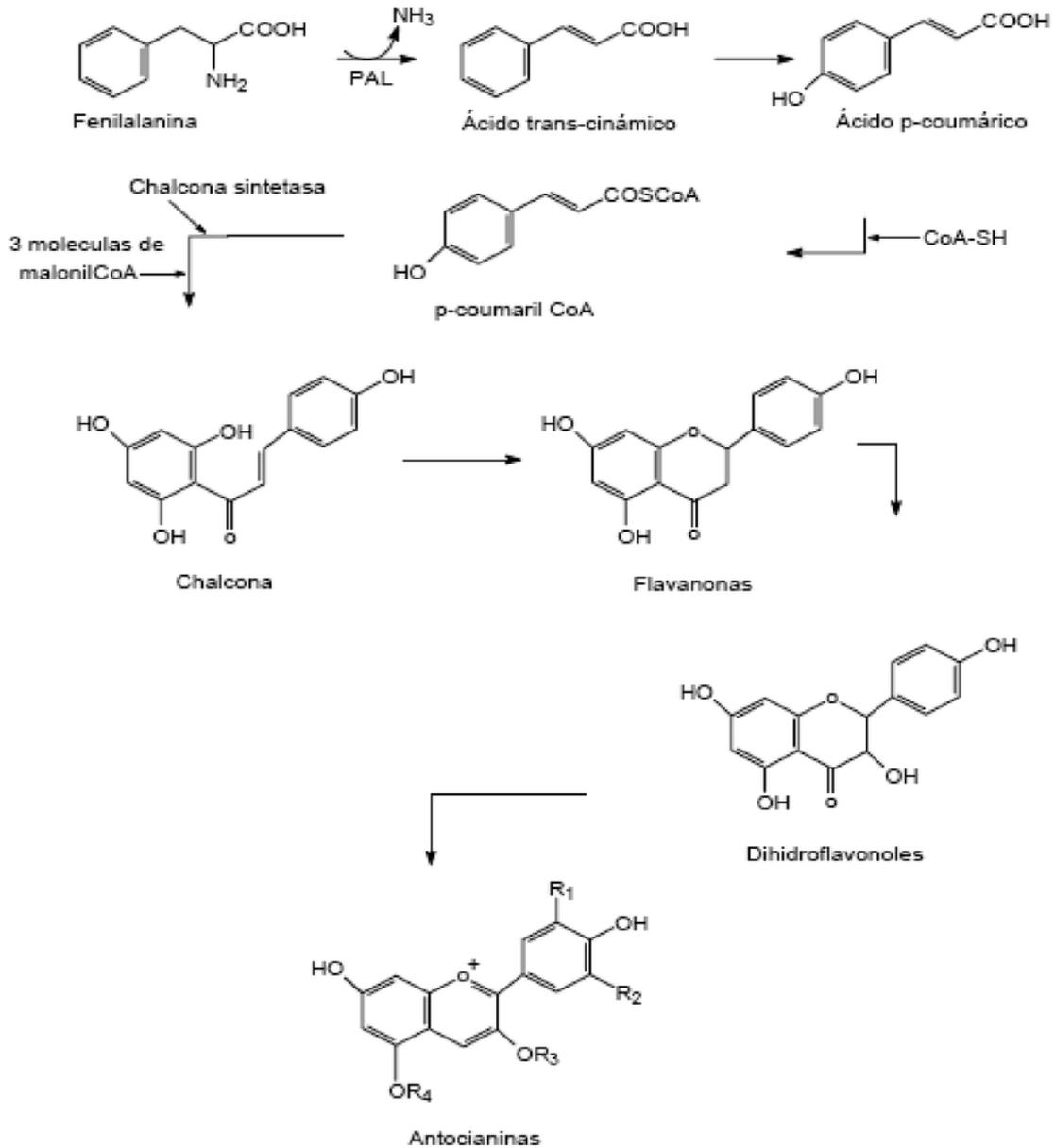
- **Otros factores**

La concentración del pigmento y la actividad de agua de la matriz afectan la estabilidad del color. (Garzón y Wrolstad, 2002), compararon la estabilidad de la antocianina de fresa (pelargonidina 3-glucósido) con la de la antocianina de la cáscara de rábano (pelargonidina 3-soforósido 5-glucósido acilada con ácidos aromáticos y alifáticos) y encontraron que dicha estabilidad era independiente de la estructura, a una misma concentración de pigmento, (Hoshino et al., 1982), demostraron que cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de auto asociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemiacetal, dos bases quinoidales, e inclusive, entre una base quinoidal y un catión flavilio y protegiendo la molécula de antocianina. Por otro lado, incrementos en la actividad de agua del medio causan degradación de las

antocianinas probablemente debido a una mayor interacción entre el agua y el catión flavilio para formar la pseudobase inestable, (Garzón y Wrolstad, 2001; Olaya et al., 2008).

Figura 8.

Ruta General de Biosíntesis de las Antocianinas



Fuente: Vargas, 2000



2.3 Conceptual

Los colorantes se añaden para reforzar o variar el color de los productos alimenticios, ya que el color resulta decisivo a la hora de elegir un alimento por parte de los consumidores (Fundacion vasca para la seguridad agroalimentaria, 2011), además Badui (1993) citado por (Cano, 2011) afirma que la homogeneidad del color de los productos durante el tiempo de vida útil es fundamental. El público desea encontrar siempre el alimento con los mismos colores; de otro modo, se descontrola y desconfía. Por esta razón, existen en el mercado diversos agentes químicos que sirven para colorear; básicamente hay de dos tipos: los naturales y los sintéticos. Entre los primeros destacan carotenoides, betalaína, clorofila y ácido carmínico, así como el caramelo; todos éstos provienen de fuentes naturales. Por otra parte, los sintéticos se obtienen mediante un proceso químico industrial y existe una gran cantidad de ellos; sin embargo, sólo algunos están aprobados para su uso, aunque se permitan o limiten en otros países. Esta situación es muy común con estos colorantes, ya que las legislaciones europeas, de Estados Unidos y de Japón, por mencionar sólo algunas, no siempre están de acuerdo en relación con la toxicidad o inocuidad de cada uno de estos colorantes. Los alimentos naturales tienen su propio color, por lo que en principio parecería como ideal su mantenimiento a lo largo del proceso de transformación. Sin embargo, los consumidores prefieren en determinados alimentos un color constante, que no varíe entre los diferentes lotes de fabricación de un producto. La variabilidad natural de las materias primas hace que este color normalizado solo pueda obtenerse modificándolo de forma artificial, además, muchas sustancias colorantes naturales de los alimentos son muy sensibles a los tratamientos utilizados en el procesado (calor, acidez, luz, conservantes, etc.), destruyéndose, por lo que deben substituirse por otras más estables. Otros alimentos, como los caramelos, o como los productos de alta tecnología aparecidos recientemente en el mercado como imitaciones de mariscos, no tienen ningún color propio, y, para hacerlos más atractivos deben colorearse artificialmente. El coloreado también contribuye a la identificación visual del producto por parte del consumidor, y en muchos casos un buen



proceso de coloreado puede condicionar el éxito o fracaso comercial de un producto (García, 2002).

El fruto de la palta fuerte (*Persea americana*) contiene una semilla de la que se extrae un colorante, una antocianina, que sirve para teñir tejidos naturales y alimentos, (Lockhande et al., 1999). De acuerdo a Lock (1999), las semillas contienen alcoholes poli hidroxilados (volemitol, perseitol, arabinitol, galactitol, glicerol), azúcares raros (D-manoheptulosa, etc.), avocatina, 4,8 –bis-catequin (flavonol condensado), los ácidos grasos contenidos también en las semillas son principalmente oleico, linoleico, palmítico, esteárico, linolénico, cáprico y mirístico. De la semilla de la palta, se obtiene un líquido lechoso con el olor y el sabor a almendra, el que debido a su contenido en tanino, se convierte en rojo al ser expuesto a la luz, lo que ha permitido proporcionar una tinta indeleble de color rojo-marrón o negruzco, que ha sido utilizada para marcar el algodón y el lino textil. Esto constituyó una tintura para la escritura y además una forma de marcar que fue muy usada en la época de la conquista española, (Morton, 1987). Se han realizado estudios científicos sobre las semillas de *Persea americana*, para determinar sus propiedades de teñido, lo que se ha probado mediante el uso de diferentes disolventes en la extracción de la tintura, cuyo tinte se puede aplicar a materiales de tejido. Para la extracción del colorante se definió que el agua destilada y el hidróxido de sodio, corresponden a los mejores solventes en la extracción de tintura, ya que exhiben resultados satisfactorios en términos del oscurecimiento del color de los extractos y de su solubilidad en el agua, (Tayag, 1995). El colorante se puede utilizar como tinte en telas y fibras vegetales, lo que depende de la afinidad química o complemento que exista entre las moléculas, por lo cual se necesita hacer pruebas utilizando otros mordientes como bicarbonato, ácido cítrico, ceniza, etc. Los mismos autores trabajaron con carozo de paltas y encontraron que la extracción de las tinturas daba como resultado que la coloración era de matices más suaves y tenues. Sin embargo, también determinaron que, para el caso de la palta, la coloración se transformaba en más considerable y vistosa en la medida que la fruta, de la cual se extraía el carozo, estaba más madura. Otros aspectos relevantes del estudio, fue la fijación de estos colorantes, la que resultó ser de buena calidad, ya que no presentó



variación en sus tonalidades luego de ser lavadas posterior al proceso de tintura y secado, (Pino et al., 2007).

Para la extracción de colorantes en el caso de las antocianinas, se debe maximizar la extracción de pigmentos, minimizar los compuestos adjuntos extraídos y limitar la degradación o alteración del estado natural del extracto (Zapata, 2014). Para las extracciones comúnmente se utilizan frutos desecados, liofilizados o incluso congelados, o también por maceración del fruto fresco. Comúnmente en la extracción de antocianos partiendo de frutos se utiliza metanol o etanol con una pequeña cantidad de ácido cítrico con el objetivo de mantener estable el catión flavilio, así pues, la extracción se basa en la maceración repetida, a bajas temperaturas y en periodos de hasta 24 horas, si la extracción resulta ser más prolongada puede ocasionar la oxidación por aire o luz (Hidalgo, 2012). La extracción sólido-líquido implica la separación del componente deseado (el soluto) de un alimento mediante un líquido (el disolvente), que es capaz de disolver el soluto. Esto conlleva mezclar el alimento y el disolvente en una o varias etapas y durante un tiempo determinado para después separar el alimento del disolvente. Durante el tiempo de contacto se produce una transferencia de masa de soluto desde el alimento hasta el disolvente. Esta transferencia tiene lugar en tres etapas: primero, el soluto se disuelve en el disolvente, segundo, la disolución se mueve a través de la partícula del alimento hasta su superficie, y tercero, la disolución se dispersa en toda la masa del disolvente (Fellows, 2007) citado por (Torres, 2015). La extracción sólido-líquido recibe diferentes nombres dependiendo de la finalidad del proceso; así, se le conoce también como lixiviación, lavado, percolación, etc. La finalidad de esta operación puede ser diversa pues en algunos casos es necesario eliminar algún componente no deseable de un sólido mediante disolución con un líquido, denominándose lavado a este método de extracción. Sin embargo, en otros casos se desea obtener un componente valioso que está contenido en un sólido, disolviéndolo con un líquido, denominándose a esta operación lixiviación. El termino percolación se refiere al modo de operar, vertido de un líquido sobre un sólido, más que al objetivo perseguido (Ibarz & Barbosa, 2005). El conocimiento de los factores involucrados en su estabilidad y de los

mecanismos de degradación es sumamente vital para una eficiente extracción, purificación y uso de las antocianinas como colorantes de alimentos (Zapata, 2014).

La extracción de pigmentos naturales, debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los factores que pueden afectar la integridad de los mismos; por lo cual este es un paso muy importante debido a que los resultados obtenidos dependen del proceso de extracción realizado (Santacruz, 2011) citado por (Torres, 2015). Entre los factores tenemos:

- La temperatura de extracción El aumento de temperatura eleva tanto la velocidad de disolución como la de difusión del soluto en el seno del disolvente. La temperatura está limitada en la mayoría de los casos a 100 oC por consideraciones económicas, porque se produce la extracción de componentes indeseables o porque se produce deterioro de los componentes del alimento (Fellows, 2007) citado por (Torres, 2015).
- El área superficial de sólido expuesta al disolvente La velocidad de transferencia de masa es directamente proporcional al área superficial, de forma que una reducción del tamaño de partícula, y por lo tanto un aumento del área superficial, provocara un aumento de la velocidad de extracción hasta cierto límite (Fellows, 2007) citado por (Torres, 2015).
- La viscosidad del disolvente Esta debería ser suficientemente baja como para permitir que el disolvente penetre fácilmente en el lecho de partículas sólidas (Fellows, 2007) citado por (Torres, 2015).

2.4 Definición de términos básicos

- **Antocianinas.**

Son pigmentos naturales que pueden ir del azul al rojo; las antocianinas están presentes en las hojas, los pétalos, los frutos – a los que también les dan su color rojo. Soluble en medios acuosos, también son excelentes colorantes naturales y también se las conocen por sus propiedades antioxidantes.



- **Flavonoides.**

Son pigmentos vegetales con un marcado poder antioxidante, que previenen el envejecimiento celular y los procesos degenerativos. Su estructura química es variada: fenoles, índoles, alilsulfuros, etc.

- **Carotenoides.**

Son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides que se encuentran de forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos como algas, algunas clases de hongos y bacterias. Se conoce la existencia de más de 700 compuestos pertenecientes a este grupo.

- **Colorantes.**

Son sustancias de origen químico o biológico, generalmente tintes, pigmentos, reactivos u otros compuestos, empleados en la coloración de tejidos microorganismos para exámenes microscópicos, debiendo tener al menos, un grupo cromóforo que le proporcione la propiedad de teñir.

- **Pigmento.**

Es la sustancia que se emplea para colorear una pintura, un barniz, un esmalte, etc. Su acción se produce al modificar el color de la luminosidad reflejada, ya que absorbe parcialmente dicha tonalidad e irradia otra.

- **Inocuo.**

Es la condición de los alimentos que garantiza que no causaran daño al consumidor cuando se preparen y / o consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general y específica

3.1.1 Hipótesis general

Es factible la evaluación de parámetros fisicoquímicos para optimizar la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*)

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Es factible medir los parámetros fisicoquímicos que influyen en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).
- b) Es factible la obtención de un pigmento estable de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*), para su posterior utilización en la industria alimentaria.

3.2 Definición conceptual de las variables

a) Variable dependiente (Y)

Colorante extraído a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).

b) Variables independientes (X)

Factores que influyen sobre la variable dependiente y que se evaluarán durante esta investigación:

- pH
- Temperatura
- Tiempo de exposición a la luz.
- Tiempo de secado.
- Tiempo de agitación
- Tiempo de maceración
- Tamaño de partícula
- Solvente extractor

3.2.1 Operacionalización de variables

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
Extracción del colorante a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)	*Maceración *lixiviación	*Flavonoides *Antocianinas	Identificación cualitativa: *Prueba de Shinoda *Prueba con Zn/HCl *Prueba en medio ácido *Prueba en medio básico
VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
* pH	* Electrometría	*Acido- base	*pH metro
* Temperatura	* Termometría	* Grados	*Termómetro
* Tiempo.	* Tiempo	* Horas	* Cronómetro
* Tamaño de partícula	* Granulometría	* μm	*Tamizado.
* Solvente extractor	*Orgánico, inorgánico	* Concentración	*Extracción



IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

Es aplicada debido a que se intenta resolver una problemática, primero en la aplicación de pigmentos naturales en lugar de los pigmentos sintéticos por parte de las industrias alimentarias y segundo el disminuir la contaminación ambiental por parte de las industrias que realizan la transformación de la palta fuerte (Persea americana) pero que no le otorgan un valor agregado a los desechos que se obtienen de los distintos procesos que se realizan en estas industrias. Además, es experimental debido a que se observa y se enfrenta el problema mediante ensayos llevados a cabo siguiendo un diseño experimental con una serie de instrumentos que ha de generar el estudio.

4.2 Método de investigación

Para la presente investigación se realizó la búsqueda de la información, luego la recolección de la materia prima: semillas de palta fuerte (Persea americana); para proceder al secado de la muestra, la molienda y la extracción del colorante. Se realizaron diferentes pruebas preliminares, para determinar la técnica más adecuada en lo referente al tratamiento de la materia prima. Luego de realizar las pruebas preliminares, se procedió a extraer todo el colorante necesario para aplicar en los diferentes tratamientos con las respectivas repeticiones.

Con la información obtenida en las diferentes etapas de investigación se realizó un análisis estadístico de dicha información para lograr determinar cuáles son los parámetros óptimos de operación para la obtención del colorante a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana).

4.3 Población y muestra

Se utilizará aproximadamente entre 50 y 100 semillas de palta fuerte (Persea americana), para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, con el objetivo de obtener colorante natural.

Población= muestra experimental.

4.4 Lugar de estudio

La investigación se realizará en el laboratorio de Química Analítica Cualitativa de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1 Técnicas

- Información Bibliográfica.
- Aprovisionamiento de la muestra
- Información Procedimental
- Extracción y rendimiento del colorante.
- Pruebas preliminares
- Técnicas adecuadas en lo referente al tratamiento de la materia prima.
- Técnicas adecuadas en lo referente al rendimiento de la materia prima
- Técnicas adecuadas en lo referente a la estabilidad del colorante obtenido
- Técnicas específicas para los ensayos
- Técnicas estadísticas para análisis de datos

4.5.2 Equipos y materiales

a) Equipos

- Balanza capacidad 500 g
- Baño María
- Alcoholímetro
- Rotavapor
- Estufa
- Deshidratador
- Molino manual
- Refrigeradora
- pH-metro
- Acidómetro
- Plancha de calentamiento.
- Bomba de vacío

b) Materiales

- Recipientes plásticos
- Colador
- Vasos de plástico de 1 oz
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación de (80 ml, 1000 ml, 2000 ml)
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Cajas Petri
- Embudos de vidrio
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Mortero y pistilo

4.6. Análisis y procesamiento de datos.

En el trabajo de investigación planteado, el procesamiento de datos se ha llevado a cabo mediante las siguientes unidades de análisis:

Lixiviación y operaciones unitarias:

Para extraer una fracción de colorante en forma de solución a partir de una fase sólida (semilla de palta), permeable e insoluble se utiliza la lixiviación, operación unitaria de transferencia de masa. El mecanismo de la lixiviación puede incluir una disolución física simple o la disolución facilitada por una reacción química, considerando los siguientes factores: velocidad de transporte de disolvente en la masa que se va a lixiviar, la posibilidad que exista resistencia membranosas y el efecto que pueda tener la reacción química en la rapidez de la lixiviación.

Es posible distinguir los sistemas de lixiviación según el ciclo de operación, la dirección de las corrientes, el número de etapas y por el método de contacto. Las variables que intervienen en el proceso de lixiviación independiente de la escala de producción son:

- **Preparación de la materia prima:** el proceso de lixiviación se ve favorecido por el aumento de la superficie por unidad de volumen de



sólidos que se deban lixiviar y por la disminución de las distancias radiales que se deben atravesar al interior de los sólidos. La disminución del tamaño de partículas contribuye a ambas cosas. Por otra parte, los sólidos finos provocan una velocidad lenta de percolación, dificultan la separación de sólidos y producen quizá un sólido de mala calidad. Estas características establecen las bases para un tamaño óptimo de partículas.

- **Agitación:** la eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia del proceso.
- **Temperatura:** la disolución de las sustancias extraíbles es facilitada por el aumento de la temperatura, por contribuir al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Este aumento también puede causar la pérdida de sustancias volátiles. La temperatura de la extracción debe seleccionarse de tal manera que se obtenga el mejor balance de solubilidad, presión de vapor del disolvente, difusividad del soluto, selectividad del disolvente y sensibilidad del producto.
- **El pH:** influye en la solubilidad de diversos compuestos, ya que permite la posibilidad de formación de sales. Durante la lixiviación de extractos naturales el pH puede influir en la disolución de la celulosa de la materia prima. Además, es indicativo del grado de avance de la reacción, equilibrio y finalización (Hidalgo, 2012). El disolvente seleccionado ofrecerá el mejor balance de varias características deseables: alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer, capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente, estabilidad química en las condiciones del proceso, baja viscosidad, baja presión de vapor, baja toxicidad e inflamabilidad, baja densidad, baja tensión superficial facilidad y economía de recuperación de la corriente de

extracto y costo. Sin embargo, son los aspectos específicos de cada aplicación los que determinan su interacción y significancia relativa (Huamán, 2014)

- **Naturaleza del disolvente:** el disolvente seleccionado ofrecerá el mejor balance de varias características deseables: alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer, capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente, estabilidad química en las condiciones del proceso, baja viscosidad, baja presión de vapor, baja toxicidad e inflamabilidad, baja densidad, baja tensión superficial facilidad y economía de recuperación de la corriente de extracto y costo. Sin embargo, son los aspectos específicos de cada aplicación los que determinan su interacción y significancia relativa.
- **El tiempo de extracción:** se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo seleccionado. Esta variable es resultante de todos los factores mencionados previamente. El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque debe se debe prestar cuidado para que no sea excesivo. Prolongar el tiempo de extracción más allá del estrictamente necesario, no influye en el proceso negativamente, pero sí influye en los costos del consume de energía y de mano de obra no necesario, lo que acarrea un encarecimiento del proceso (Narváez, 2015)
- **Composiciones y cantidades de las corrientes finales:** están ligadas básicamente con una cantidad dada en forma arbitraria: la capacidad de producción de la planta de lixiviación es decir la velocidad de producción del extracto o la velocidad de purificación de la materia prima que se debe extraer. Cuando existen opciones, el grado de eliminación del soluto y la concentración de la corriente de extracto seleccionada son los parámetros que maximizan la economía del proceso.
- **El mecanismo de la lixiviación:** puede incluir una disolución física simple o la disolución facilitada por una reacción química. Deberán considerarse los siguientes factores: velocidad de transporte de disolvente en la masa que se va a lixiviar, la posibilidad que haya una

resistencia membranosa y el efecto que pueda tener la reacción química en la rapidez de la lixiviación. Es posible distinguir los sistemas de lixiviación según el ciclo de operación, la dirección de las corrientes, el número de etapas y por el método de contacto. El proceso de lixiviación se ve favorecido por el aumento de la superficie por unidad de volumen de sólidos que se deban lixiviar y por la disminución de las distancias radiales que se deben atravesar al interior de los sólidos. La disminución del tamaño de partículas contribuye a ambas cosas. Por otra parte, los sólidos finos provocan una velocidad lenta de percolación, dificultan la separación de sólidos y producen quizá un sólido de mala calidad. Estas características establecen las bases para un tamaño óptimo de partículas. dependen principalmente de la docilidad de la extracción para realizar una percolación eficaz y suficientemente rápida.

- **El secado de sólidos:** consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado de sólidos húmedos es por definición un proceso térmico. Aunque con frecuencia se complica por la difusión en el sólido. Cuando intervienen transmisiones de calor y transferencia de materia, el mecanismo del secado depende de la naturaleza de los sólidos y del método de contacto entre los sólidos y el gas. El secadero a utilizar en el secado de las semillas o pepas de palta es un secadero de bandejas de flujo transversal.

Otras operaciones unitarias, que incluyen transferencia de masa, calor y en las que intervienen partículas sólidas (molienda, cribado y filtración), las cuales forma parte del proceso de obtención del extracto colorante. Las primeras tres se realizan antes de proceder a la lixiviación y las siguientes se aplican al extracto colorante.

La reducción de tamaño de la partícula: este término es aplicado a todas las formas en que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Existen diferentes métodos con fines diferentes, habitualmente se utilizan en los equipos cuatro formas de reducción de tamaño: compresión, impacto, frotación o rozamiento y corte. Para reducir el tamaño de la semilla de



aguacate se utilizó el corte y rayado dado que produce un tamaño definido de partícula y forma, con muy pocos finos. Las partículas de alimentación entran en la cámara por la parte superior, son cortadas varios centenares de veces por minuto y salen a través de un tamiz situado en el fondo con aberturas de 5 a 8 mm. Las cortadoras rotatorias y los granuladores tienen un diseño similar. Un granulador produce partículas más o menos irregulares; una cortadora puede dar cubos, cuadrados delgados o gránulos.

La clasificación de sólidos por diámetros se realiza para facilitar las etapas subsecuentes del proceso. De esta forma se logra una eficiencia mejor mediante la eliminación de finos. Los procedimientos para separar los componentes de una mezcla se clasifican en dos grupos: las operaciones disfuncionales, que implican cambios de fases o transporte de materia de una fase a otra, y las separaciones mecánicas útiles para separar gotas líquidas o partículas sólidas como es el caso de la semilla de aguacate. Las técnicas están basadas en las diferencias físicas entre partículas, tales como tamaño, forma o densidad.

El cribado: es la separación de una mezcla de diversos tamaños de partícula por medio de la utilización de una superficie de tamiz que actúa como medidor múltiple de aceptación y rechazo, y las proporciones finales consisten en granos de tamaños más uniformes que la mezcla original.

La utilización de la diferencia de velocidades de sedimentación de partículas cuando se desplazan en el seno de un líquido o un gas: el cribado es un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de las mismas, así se separan después del corte las partículas de semilla de aguacate, colocándolas sobre la superficie del tamiz, las de menor tamaño o finos pasan a través del tamiz, mientras que las de mayor tamaño quedan en la malla.

la eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia

del proceso. La disolución de las sustancias extraíbles es facilitada por el aumento de la temperatura, por contribuir al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Este aumento también puede causar la pérdida de sustancias volátiles. La temperatura de la extracción debe seleccionarse de tal manera que se obtenga el mejor balance de solubilidad, presión de vapor del disolvente, difusividad del soluto, selectividad del disolvente y sensibilidad del producto.

4.6.1. Procedimiento del método de lixiviación por maceración dinámica

A. Preparación de la muestra fresca oxidada

Muestra bruta: 4.86 Kg

- Homogenizar y cuartear la cantidad de semillas de palta fuerte (*Persea americana*)
- Retirar por medio de lavado todos los residuos del aguacate adheridos a la semilla.
- Retirar la cascarilla que recubre la semilla.
- Reducir de tamaño la materia prima utilizando un rallador, seguidamente moler en un molino procesador de alimentos.
- Clasificar la semilla molida utilizando un tamiz No. 20 (850 μm).
- Determinar la humedad de la muestra

B. Preparación de la muestra seca oxidada

Muestra bruta: 8.480 Kg

- Homogenizar y cuartear la cantidad de semillas de palta fuerte (*Persea americana*)
- Retirar todos los residuos del aguacate adheridos a la semilla.
- Retirar la cascarilla que recubre la semilla.
- Reducir de tamaño la materia prima utilizando un rallador, seguidamente moler en un molino procesador de alimentos.
- Clasificar la semilla molida utilizando un tamiz No. 20 (850 μm).
- Colocar aproximadamente 1Kg de semilla molida en cada bandeja del secador transversal de bandejas a una temperatura de 55 °C. Pesar las

bandejas cada 3 horas hasta temperatura constante, luego calcular la pérdida de peso.

- Determinar la humedad de la muestra

C. Aplicación de la lixiviación por maceración dinámica.

Se realizó la lixiviación de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*) utilizando la técnica de maceración dinámica:

Tabla 2

Composición de la mezcla solvente

MUESTRA	SOLVENTE
Muestra fresca oxidada	H ₂ O
Muestra seca oxidada	H ₂ O
Muestra fresca oxidada	80% de H ₂ O + 20% C ₂ H ₅ OH
	60% de H ₂ O + 40% C ₂ H ₅ OH
	40% de H ₂ O + 60% C ₂ H ₅ OH
	99% H ₂ O + 1% NaHCO ₃
	98% H ₂ O + 2% NaHCO ₃
Muestra seca oxidada	80% de H ₂ O + 20% C ₂ H ₅ OH
	60% de H ₂ O + 40% C ₂ H ₅ OH
	40% de H ₂ O + 60% C ₂ H ₅ OH
	99% H ₂ O + 1% NaHCO ₃
	98% H ₂ O + 2% NaHCO ₃

Parámetros:

- Seca oxidada: entre 9 -10 % humedad
- Fresca oxidada: entre 46 – 56% humedad.
- Temperatura de secado muestra (b)=60°C
- Relación sólido-solvente: 1:5 y 1:10 (w/v)
- Tamaño promedio de partícula: 850 micrómetros
- Tiempo de extracción: 3 horas
- Temperatura de extracción: 72°C
- Velocidad de agitación: 550 rpm promedio

D. procedimiento experimental: Extracción por Maceración (Obtención de Colorante Natural).

Tratamiento 01

- Pesar 50.0 g de muestra.
- Transferirla a un frasco.
- Adicionar 500 mL del solvente a utilizar.
- Medir el pH
- Colocar el agitador dentro del balón. Ajustar el balón a la plancha de calentamiento.
- Monitorear el pH del sistema heterogéneo cada 30 minutos
- Tapar el frasco y dejar reposar por 10 días en un lugar fresco y protegido de la luz.
- Filtrar, evaporar (70 °C) y secar el extracto colorante a 40°C por 12 horas hasta peso constante.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente protegido de la luz.

Tratamiento 02

- Pesar 50 g de muestra.
- Transferirla a un frasco.
- Adicionar 250.0 mL del solvente a utilizar.
- Medir el pH

- Colocar el agitador dentro del balón. Ajustar el balón a la plancha de calentamiento.
- Monitorear el pH del sistema heterogéneo cada 30 minutos
- Tapar el frasco y dejar reposar por 10 días en un lugar fresco y protegido de la luz.
- Filtrar, evaporar (70 °C) y secar el extracto colorante a 40°C por 12 horas hasta peso constante.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente protegido de la luz.

E. Pruebas de Identificación cualitativa para Flavonoides:

Prueba de Shinoda (Bulugahapitiya, 2013).

- Medir 1.0 mL de cada uno de los extractos acuosos obtenidos sin concentrar.
- Adicionar 0.1 gramo de limaduras de magnesio.
- Calentar a 60°C
- Adicionar 10 gotas de HCl concentrado, por las paredes
- Observar coloración formada. Esta prueba es positiva con cambios de coloración a naranja, rojo, rosa, azul o violeta

Prueba de alcalina (Bulugahapitiya, 2013).

- Medir 1.0 mL de cada uno de los extractos acuosos obtenidos sin concentrar.
- Adicionar 1 ml de solución de NaOH al 40%
- Se obtiene solución color amarilla
- Adicionar 1 ml de HCl al 10%, agitar
- Observar decoloración formada, lo que demuestra la presencia de flavonoides

V. RESULTADOS

Tabla 3.

Características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*). Relación 1/10

ESTADO MUESTRA	SOLVENTE	RENDIMIENTO %	pH					T° °C
			INICIO	CON SEMILLA	30 MIN	60 MIN	90 MIN	
Oxidada fresca	Agua	14.4	6.92	6.17	5.96	5.85	5.8	74
Oxidada seca	Agua	13.86	6.92	6.07	5.8	5.72	5.7	74
Oxidada fresca	20% C ₂ H ₅ OH	12.6	6.58	6.26	6.07	6.1	5.9	70
	40% C ₂ H ₅ OH	12.47	7.31	6.77	6.6	6.3	6.1	72
	60% C ₂ H ₅ OH	11.64	7.34	6.77	6.62	6.31	6.3	71
	1% NaHCO ₃	19.96 (*)	8.5	8.18	7.6	7.25	7.2	74
	2% NaHCO ₃	17.84 (*)	8.91	8.36	8.08	8.0	8.0	74
	20% C ₂ H ₅ OH	12.2	6.57	5.77	5.26	5.16	5	70
	40% C ₂ H ₅ OH	12.54	7.34	6.25	5.86	5.8	5.6	72
	60% C ₂ H ₅ OH	12.8	7.68	6.46	5.9	5.7	5.7	71
Oxidada seca	1% NaHCO ₃	25.8 (*)	8.6	7.54	6.88	6.3	6.2	74
	2% NaHCO ₃	24.4 (*)	8.9	7.86	7.78	7.7	7.65	74

Tabla 4.

Características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*). Relación 1/5

ESTADO MUESTRA	SOLVENTE	RENDIMIENTO %	pH				T° °C		
			INICIO	CON SEMILLA	30 MIN	60 MIN		90 MIN	
Oxidada fresca	Agua	13.2	6.92	6.18	5.97	5.86	5.82	74	
Oxidada seca	Agua	12.46	6.92	6.08	5.81	5.74	5.72	74	
Oxidada fresca	20% C ₂ H ₅ OH	11.64	6.58	6.38	6.22	6.24	6.24	70	
	40% C ₂ H ₅ OH	11.17	7.6	6.88	6.86	6.62	6.62	72	
	60% C ₂ H ₅ OH	10.64	7.52	6.87	6.63	6.32	6.3	71	
	1% NaHCO ₃	17.96 (*)	8.62	8.28	7.62	7.45	7.35	74	
	2% NaHCO ₃	14.84 (*)	8.98	8.38	8.2	8.1	8.0	74	
	Oxidada seca	20% C ₂ H ₅ OH	11.62	6.87	5.97	5.28	5.22	5.2	70
		40% C ₂ H ₅ OH	11.54	7.64	6.25	5.8	5.76	5.74	72
60% C ₂ H ₅ OH		6.4	7.88	6.66	5.8	5.6	5.5	71	
1% NaHCO ₃		26.8 (*)	8.8	7.56	6.8	6.28	6.2	74	
2% NaHCO ₃		23.8 (*)	8.96	7.88	7.76	7.7	7.65	74	



Tabla 5.**Identificación para flavonoides.**

PRUEBA	REACTIVO	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
		Coloración Amarilla-Roja	Flavonas y Flavonoles
Ensayo Shinoda	de Magnesio Metálico, Ácido Clorhídrico Concentrado.	Coloración Roja Coloración de Rojo- Violeta-Azul	Flavononoles Flavanonas
		Negativo	Isoflavonas, Chalconas y Auronas
Ensayo Zn/HCl	Zinc metálico, Ácido Clorhídrico Concentrado	Coloración Rojo- Violeta Incolora o Rosado débil	Flavononoles Flavanonas y Flavonoles
		Coloración Amarilla	Flavonas y
		Diferentes tonos de Rojo	Flavanonas e Isoflavononas
NaOH	Hidróxido de Sodio 1N	Coloración Púrpura Rojiza	Chalconas
		Coloración Café Anaranjado	Flavononoles
		Coloración Azul	Antocianinas

Tabla 6.**Prueba de Identificación para Flavonoides. Prueba de Shinoda**

Solvente	Método de extracción	Coloración obtenida
Agua destilada	Maceración	Rojo
Mezcla alcohol etílico- agua destilada	Maceración	Rojo
Mezcla bicarbonato de sodio-agua destilada	Maceración	Rojo a violeta

Tabla 7.**Prueba de Identificación para Flavonoides con Zn/HCl**

Solvente	Método de extracción	Coloración obtenida
Agua destilada	Maceración	Rojo
Mezcla alcohol etílico- agua destilada	Maceración	Rojo
Mezcla bicarbonato de sodio-agua destilada	Maceración	Anaranjado

Tabla 8.**Prueba de Identificación para Flavonoides con NaOH 1N**

Solvente	Método de extracción	Coloración obtenida
Agua destilada	Maceración	Verde
Mezcla alcohol etílico- agua destilada	Maceración	Verde
Mezcla bicarbonato de sodio-agua destilada	Maceración	Verde

Tabla 9.

Identificación de Antocianinas con un pH Ácido

Solvente	Método de extracción	Coloración obtenida
Agua destilada	Maceración	Anaranjado
Mezcla alcohol etílico- agua destilada	Maceración	Anaranjado
Mezcla bicarbonato de sodio-agua destilada	Maceración	Rojo naranja

Tabla 10.

Identificación de Antocianinas con pH Alcalino

Solvente	Método de extracción	Coloración obtenida
Agua destilada	Maceración	Verde azulado
Mezcla alcohol etílico- agua destilada	Maceración	Verde
Mezcla bicarbonato de sodio-agua destilada	Maceración	Verde azulado

5.1. Resultados descriptivos.

No es del caso su aplicación al presente trabajo de investigación, puesto que los resultados descriptivos son aquellos resultados recopilados en unos valores numéricos al aplicar:

- a) Medidas de centralización: moda, media, mediana, deciles, cuartiles, y percentiles.
- b) Medidas de dispersión: desviación típica varianza, rango, rango intercuartílico.
- c) Medidas de forma: coeficiente de variación de Pearson.
- d) Relación entre variables: coeficiente de correlación lineal, recta de regresión.

No se aplicó un diseño, completamente al azar, con un arreglo combinatorio, en el cual se aplica un experimento factorial.

Los resultados obtenidos son producto de las corridas específicas experimentales y de la observación cualitativa.

La recolección de los datos y su ordenamiento se realizó por medio de la experimentación, observación y medición de las características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de aguacate. El método de experimentación utilizado fue la maceración dinámica. Los métodos de observación fueron: molienda, granulometría, tamizaje. Los datos obtenidos utilizando medición fueron pH, temperatura y rendimiento.

5.2. Resultados inferenciales. -

No es el caso, debido que el criterio de población y muestra no fue aplicado a este trabajo de investigación, puesto que, estos resultados inferenciales son provenientes de la muestra de una población del diseño metodológico. Se apoya fuertemente en el cálculo de probabilidades.

5.3. Otro tipo de resultados de acuerdo con la naturaleza del problema y la hipótesis.

Pruebas de estabilidad

Se realizó ensayos para probar la estabilidad del colorante, en los que se modifica la acidez y la basicidad del colorante; también se varía la temperatura a la que se almacena la muestra y la cantidad de luz a la que se expone durante el almacenamiento.

El colorante natural fue sometido a diferentes condiciones de temperatura, pH y luz durante cinco días; pasado este tiempo, se observó las variaciones del color y aspecto del colorante, aplicando reacciones cualitativas para identificación de antocianinas.

Respecto al pH

En tres envases ámbar se adicionaron 3 mL de muestra, que se sometieron a diferentes condiciones de pH. Para el pH ácido se adiciona gotas de ácido clorhídrico concentrado (37%) hasta obtener un pH de 2, y para el pH alcalino se prepara una solución de bicarbonato de sodio al 5% y se adiciona gotas hasta pH de 5.

Sobre el efecto del pH en la estabilidad de las antocianinas, se logró comprobar que a pH 5 hay degradación del compuesto y el color del extracto cambia. Los resultados indican que la mayor retención de color se obtiene cuando el colorante está a un pH ácido, en refrigeración y en total oscuridad; sin embargo, al incorporar el colorante natural en un alimento no es posible mantener esta condición; por esto se recomienda almacenar a la luz ambiente, en la que también se presentan resultados favorables.

Respecto a la Temperatura

En tres envases ámbar se adicionaron 3 mL de muestra y cada uno se lleva a diferentes condiciones de temperatura: congelación ($-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$), refrigeración ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y ambiente ($16 \pm 3^{\circ}\text{C}$).

Respecto a la luz

Se adicionaron 3 mL de colorante en 3 envases translúcidos y se mantiene a una temperatura ambiente de $16 \pm 3^{\circ}\text{C}$: el primer envase se expone a luz fluorescente generada por un foco de 70 W y a una distancia de 10 cm; la

segunda muestra se almacenó en una caja sin presencia de luz, y en el tercer envase se deja el extracto en luz ambiente.

Producto de la observación se evidencia que la luz directa sí afecta la estabilidad de las antocianinas, como se había mencionado en el marco teórico. De manera que en presencia de luz hay una degradación del compuesto

Los mejores resultados se obtuvieron con las muestras en completa oscuridad; sin embargo, si se almacenan los extractos en envases translucidos a luz ambiente, se conserva la tinción del colorante, aunque hay una degradación de las antocianinas totales en un bajo %.

Se observa que la temperatura tiene un efecto negativo en la estabilidad de las antocianinas, que se ven mayormente afectadas a temperaturas de congelación, lo que ocasiona una degradación de las antocianinas totales de hasta un 41% en comparación con temperatura de refrigeración. Por su parte, a temperatura ambiente, las antocianinas se degradan en un 23%; por esta razón, las muestras presentan un mejor comportamiento manteniendo los extractos a una temperatura de 4 °C y almacenadas en envases ámbar.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Utilizando el procedimiento de lixiviación por maceración dinámica con, se extrajo la fracción colorante de la semilla de aguacate en tres diferentes presentaciones (seca oxidada, y fresca oxidada) a nivel laboratorio, utilizando como coadyuvantes soluciones de etanol, bicarbonato de sodio y, como solvente, el agua. La semilla de palta fuerte (*Persea americana*). se utilizó en un tamaño aproximado de 850 micrómetros y en relaciones de: 1/5 y 1/10 (w/v). La lixiviación se realizó durante un tiempo de 3 horas y a temperatura de entre 70 y 74 °C.

Se determinó el porcentaje de rendimiento de la fracción colorante y las características fisicoquímicas, en función del coadyuvante utilizado y el estado de la semilla.

En todos los procesos de lixiviación, el extracto presenta precipitado insoluble, observándose en mayor cantidad cuando se utilizan soluciones de bicarbonato de sodio, seguidamente en las lixiviadas en agua, y para las soluciones de etanol el precipitado es mínimo. Cuando la lixiviación se realiza con bicarbonato de sodio, la muestra de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*). pierde su forma original aumentando su tamaño formando un gel, esto hace difícil su separación por medio de la filtración y da como resultado un extracto líquido turbio. Cuando la lixiviación se realiza con agua, la muestra de la semilla de aguacate también pierde su forma original, pero no en su totalidad, de tal forma que el gel formado es de menor cantidad; sin embargo, se obtiene un extracto colorante líquido turbio. Cuando la lixiviación se realiza con soluciones de etanol, la muestra de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*), mantiene su forma original y sufre deshidratación.

Al filtrar este tipo de extractos la solución colorante líquida obtenida es clara. Lo expuesto anteriormente afecta directamente el rendimiento del colorante. Como puede observarse en la tabla 3 y 4, los rendimientos obtenidos al realizar la lixiviación con bicarbonato de sodio son mayores; sin embargo, no se cuenta con la separación total del gel formado y al secarse afecta los resultados. De igual

forma en las lixiviaciones realizadas con agua, los rendimientos obtenidos se ven afectados. Se observa entonces, que al variar la presentación de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*), no existe diferencia significativa en el rendimiento de la fracción colorante. Mientras que, al realizar la lixiviación con diferente coadyuvante, sí existe diferencia significativa en el rendimiento de la fracción de colorante de semilla de palta fuerte (*Persea americana*).

El mayor rendimiento se obtiene al utilizar la solución de bicarbonato de sodio al 1% y la semilla seca oxidada, un rendimiento inferior se obtiene al usar la solución de sulfito de sodio al 2% y la semilla seca oxidada. Los rendimientos menores se obtienen al utilizar las soluciones de etanol al 40% y 60%.

El color de la fracción colorante líquida se ve afectado por el tipo de coadyuvante que se utilice en la lixiviación, esto se debe al pH en que se realiza la lixiviación. De tal forma que al aumentar el pH el color se intensifica tornándose en café oscuro. Por lo tanto, las fracciones colorantes líquidas obtenidas de la lixiviación con soluciones etanólicas, tienen colores tipo miel y las fracciones colorantes líquidas lixiviadas con bicarbonato de sodio, tienen colores cafés rojizos o tonos ladrillo.

Todo esto está relacionado con las reacciones de los colorantes que contiene la semilla palta fuerte (*Persea americana*) ante diferentes factores, como las siguientes:

- La acidez, a la que los flavonoides son muy sensibles.
- Los efectos de los iones metálicos son también determinantes puesto que, al ser cortada y expuesta al aire, la semilla de aguacate cambia de color.
- El bicarbonato de sodio afecta directamente los resultados al formar compuestos de adición con los flavonoides.

Por todo lo expuesto considero que es factible la evaluación de parámetros fisicoquímicos para optimizar la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*), dado que influyen en el rendimiento de colorante natural y sus características como pigmento estable, permitiendo ser utilizado en la industria alimentaria.

6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares.

Ramos, L. (2017). Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad Lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad Hass como componentes funcionales en un jabón líquido

El presente trabajo exploró dos alternativas para el aprovechamiento de residuos generados por semilla de Persea Americana Mill Variedad Lorena, la primera, mediante la obtención de extractos acuosos tipo colorante de Agua, Solución acuosa de NaOH al 0.5% y mezcla de 50% Agua y 50% Alcohol etílico manteniendo constante la relación de 0,05 semilla-solvente,

La extracción más eficiente fue mediante hidróxido de sodio expresada en % de sólidos totales extraídos de la semilla de aguacate con un promedio de $1,61 \pm 0,02$. La actividad antioxidante del extracto con agua destilada es la más alta entre los tratamientos. El colorante extraído con NaOH a partir de la semilla de aguacate variedad Lorena, es completamente estable en una matriz de jabón líquido con un pH de 6,2 durante un mes de almacenamiento.

Contraste

En el presente trabajo de investigación se utilizó agua, agua-etanol y agua bicarbonato de sodio, en tres composiciones respecto al etanol y agua, en relaciones de semilla solvente 1/5 y 1/10.

La extracción de mayor rendimiento fue con bicarbonato de sodio a pH inicial de 8,6 y 8,8 y pH final 6.2 a 74 °C.

6.3. Responsabilidad ética.

El presente trabajo de investigación es netamente teórico-experimental, y se ha procedido con mucha responsabilidad ética en su desarrollo especialmente en la obtención y análisis de los datos experimentales para la evaluación de las características fisicoquímicas de la fracción colorante de la semilla de palta fuerte (Persea americana).

Por lo expuesto el autor se responsabiliza por la información emitida en el presente informe.



CONCLUSIONES

- a) Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos: Humedad de la muestra seca oxidada, humedad de la muestra oxidada, la temperatura de secado, la relación sólido-solvente, el tamaño promedio de partícula, el tiempo de extracción, la temperatura de extracción, la velocidad de agitación el rendimiento y el pH.
- b) La determinación de los parámetros fisicoquímicos evaluados es:
- Humedad de la muestra seca oxidada entre 9-10 %
 - Humedad de la muestra Fresca oxidada entre 46 – 56%.
 - Temperatura de secado muestra =60°C
 - Relación sólido-solvente: 1:5 y 1:10 (w/v)
 - Tamaño promedio de partícula: 850 micrómetros
 - Tiempo de extracción: 3 horas
 - Temperatura de extracción: 72°C-74°C
 - Velocidad de agitación: 550 rpm promedio
 - pH inicial 8,6 y 8,8 a temperatura ambiente y pH final 6.2 a 74 °C.
 - Solvente de mayor extracción NaHCO₃ 1%
 - Rendimiento de muestra oxidada fresca: 19.96%
 - Rendimiento de muestra oxidada seca: 25.8%
- c) Mediante una evaluación de la fracción colorante obtenido, se estableció que es de calidad, ya que se experimentó la estabilidad y la suspensión del colorante aplicándolo en yogurt, crema chantilly, mazamorra de maicena y tortas.
- d) El rendimiento obtenido del extracto colorante de la semilla de palta fuerte (Persea americana), se debe al efecto del coadyuvante



RECOMENDACIONES

- a) Obtener el extracto colorante de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*) a nivel planta piloto, para evaluar rendimientos y calidad.
- b) Experimentar incrementar el tiempo de lixiviación con bicarbonato de sodio, para evaluar la formación de gel de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*).
- c) Evaluar la acción de los coadyuvantes sobre el almidón de la semilla de palta fuerte (*Persea americana*)
- d) Aplicar los extractos colorantes obtenidos de la semilla de aguacate en el proceso de tinción de fibras naturales, a diferente pH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, L., Rivera, G., (1990). "Plantas tintóreas y otros colorantes." Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, CR. 144 p.

Arlene A, et al, (2015) "The Preliminary Study of the Dye Extraction from the Avocado Seed Using Ultrasonic Assisted Extraction N°94 Vol 16 Bandung pp 334-340.

Badui, D. S. (1993). Química de los alimentos. México D.F.

Bartoli, J. (2008). Manual técnico del cultivo de aguacate Hass. Honduras.

Caballero, R, (1995). "La etnobotánica en las comunidades negras e indígenas del delta del río patía" Edit. ABYA - YALA. Ecuador.

Cáceres, A. (1996). Extracción de colorantes de plantas. Guatemala.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0900_Q.pdf.

Campos, C. (2008). Guía de dosis de uso de los principales colorantes, Conservantes y antioxidantes alimentarios. Obtenido de http://www.congregaciondelolivo.com/multimedia/datos/Aditivos_060638_230111_9360.pdf.

Cano, A. (2011). Extracción de pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), como alternativa de colorante natural para alimentos. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4929/1/T-ESPEIASA%20I-004583.pdf>.

Devia, J., & Saldarriaga, D. (2005). Proceso para obtener colorante a partir de la semilla de aguacate. Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista->

- García, M. (2002). Aditivos alimentarios. Obtenido de <http://www.uco.es/organiza/departamentos/bromatologia/nutybro/higiene-alimentaria/documentos/conferenciaaditivos.pdf>.
- Hanalei (2010). Informacion nutricional de la palta. Recuperado en: <http://www.hanaleisac.com/palta.html>
- Hidalgo, M. (2012). Antocianos: Metabolismo y actividad biológica. Madrid.
- 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*). Universidad Nacional del Centro. Peru.
- Méndez, L. y Castaigne, F.(2008). Effect of temperature cycling on allinase activity in garlic. Food Chemistry 111 56-60.
- Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos . México: Mundi-Prensa.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2010). Ciencia de los Alimentos. Zaragoza: ACRIBIA S.A
- Lawson, L.; Wang, Z. & Hughes, B. (1991). Identification and HPLC quantitation of sulfides and dialk(en)yl thiosulfinates in commercial garlic products. Planta Médica 57. 363-370.
- Narváez, L. (2015). Obtención del pigmento natural del fruto de Evilán (*Monnina spp*) para su uso como colorante en Yogurt. Tulcán.

- Pahua, M., Ortiz, A., Chamorro, G., & Garduño, L. (2007). Estudio de las propiedades de la semilla de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, para el aprovechamiento integral del fruto. Mexico, D.F
- Salvador R, (2016). Modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS (*Persea americana*) de descarte por bajo calibre para la elaboración de pulpa.
- Santacruz, L. (2011). Analisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos. Bogotá.
- Segovia F., et al. Industrial Crops and Products, Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds Vol 85 (2016). España pp. 213-220.
- Torres, F. (2015). Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium myrtillus* L) como colorante para la industria de alimentos. Guayaquil.
- Tapia, A. y Araya, M. (2006). Estrés oxidativo, prooxidantes y Enfermedad de Crohn. Rev Méd Chile; 134, 95-100.
- Wang, J. et al. (2008). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran, pp 804-810.
- Zapata, L. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria. Valencia.



ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: EVALUACION DE PARÁMETROS FISICOQUIMICOS EN LA OBTENCION DE COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA SEMILLA DE PALTA FUERTE (PERSEA AMERICANA)

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
¿Cómo evaluar los parámetros fisicoquímicos en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)?	Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana).	Es factible la evaluación de parámetros fisicoquímicos para optimizar la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)	Colorante extraído a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)	Caracterización del colorante	Rango de color cualitativo	Identificación cualitativa
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
a) ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos a evaluar en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)?	a) Determinar los parámetros fisicoquímicos a evaluar en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana).	a) Es factible medir los parámetros fisicoquímicos que influyen en la obtención de colorante natural a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana).	<ul style="list-style-type: none"> •pH •Temperatura •Tiempo de exposición a la luz. •Tiempo de secado. •Tiempo de agitación •Tiempo de maceración 	Electrometría Termometría Tiempo	Acido-base Temperatura	pH-metro Termómetro
b) ¿Cómo determinar la estabilidad y el grado de suspensión del colorante obtenido a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana)?	b) Determinar la estabilidad y el grado de suspensión del colorante obtenido a partir de la semilla de palta fuerte (Persea americana).	b) Es factible la obtención de un pigmento estable de la semilla de palta fuerte (Persea americana), para su posterior utilización en la industria alimentaria.	<ul style="list-style-type: none"> •Tamaño de partícula •Solvente extractor 	Granulometría Orgánico Inorgánico	Horas Mallas Solvente	Cronómetro Tamizado Extracción

ANEXO 2. Preparación de muestra etapa 1



ANEXO 3. Preparación de muestra etapa 2



ANEXO 4. Preparación de muestra etapa 3



ANEXO 5.

Tamizado de la muestra



ANEXO 6.

Estado final de la maceración



ANEXO 7.
Filtrado



ANEXO 8.

Pruebas de estabilidad y suspensión del colorante en masa para tortas



ANEXO 9.

Comparación de la estabilidad y suspensión del colorante usando como patrón mazamorra de maicena sin colorante.



ANEXO 10.

Estabilidad y suspensión variando la cantidad de colorante



ANEXO 11. Maceración de la muestra con los diferentes solventes



A small, handwritten signature in black ink on a light-colored background.