

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS



T E S I S

“OBTENCIÓN DE ANTOCIANINAS DE CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas*)

**UTILIZANDO UN SOLVENTE A DIFERENTES CONCENTRACIONES,
TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por el Bachiller:

YERSON DEYNER ACUÑA ROJAS

Asesores:

Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS

Ing. Mtr. LEIDYN MARILYN ABANTO RIOS

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Yerson Deyner Acuña Rojas
DNI: N° 74547394
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Dr. José Gerardo Salhuana Granados
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"OBTENCIÓN DE ANTOCIANAS DE CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas*) UTILIZANDO UN SOLVENTE A DIFERENTES CONCENTRACIONES, TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN"
6. Fecha de evaluación: 17/03/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 23%
9. Código Documento: oid: 3117:568350479
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17/03/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dr. José Gerardo Salhuana Granados DNI: 07797881

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

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

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



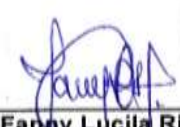
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los diez días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 163-2026-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"OBTENCIÓN DE ANTOCIANINAS DE CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas*) UTILIZANDO UN SOLVENTE A DIFERENTES CONCENTRACIONES, TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN"**, realizada por el Bachiller **YERSON DEYNER ACUÑA ROJAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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

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


Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
SECRETARIO


Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL


Dr. José Gerardo Salhuana Granados
ASESOR


Ing. Mtr. Leidy Marylin Abanto Rios
ASESORA

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi vida que además me dio la fuerza y valentía para seguir luchando ante tanta adversidad, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y mi alegría en mis momentos de éxito, por abrir caminos donde solo veía obstáculos y por bendecirme con la oportunidad de cumplir este sueño.

A mis padres Oscar y Teonila, quienes con su amor, paciencia y sacrificio me brindaron las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por su apoyo incondicional y por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis queridas hermanas Nancy y Laly, por su cariño, comprensión y por estar a mi lado en cada etapa de este camino. Su compañía y palabras de aliento fueron una fuente de motivación en los momentos más difíciles. Este logro también les pertenece, porque sin ustedes nada de esto habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, fuente de toda fortaleza y sabiduría, por haber guiado cada paso de este camino, por otorgar claridad, perseverancia y propósito. A mi familia, por su apoyo inquebrantable, y a las personas que colaboraron en este estudio. Este logro es fruto de la gracia divina y del esfuerzo colectivo de quienes me rodean.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, que me brindó cobijo durante mi formación académica, fue el marco de este proceso.

A mis amigos por ser mi refugio y mi inspiración, gracias por acompañarme en cada paso y por convertir este proceso en una experiencia compartida llena de amor y sueños cumplidos.

A mi asesor, el Dr. José Gerardo Salhuana Granados, por su guía rigurosa, su paciencia y su constante respaldo a lo largo de este proyecto, expreso mi sincero agradecimiento por su tiempo, apoyo y confianza.

A todos ustedes mi mayor reconocimiento y gratitud.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación de la investigación.....	5
1.4 Objetivos de la investigación	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivo específico.....	7
1.5 Hipótesis.....	7

CAPÍTULO II.....	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.2. Bases teóricas	14
2.2.1. Camote.....	14
2.2.1.10.1. Métodos de extracción de antocianinas	23
2.2.1.10.2. Factores que influyen en la extracción	25
2.3. Definición de términos básicos:	30
CAPÍTULO III	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Ubicación geográfica donde se realizó el trabajo de investigación.....	32
3.2. Materiales	34
3.2.1. Material experimental.....	34
3.2.2. Materiales y equipo de laboratorio	34
3.3. Metodología.....	35
3.3.1. Variables.....	36
3.3.1.1. Variables independientes:.....	36
3.3.1.2. Variables dependientes: Concentración de antocianinas (mg/L).	36
3.3.2. Factores de estudio	36
3.3.3. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos	36

3.3.3.1. Croquis del experimento.....	37
3.3.4. Matriz de consistencia	38
3.3.5. Modelo estadístico.....	39
3.3.6. Matriz de tratamientos.....	39
3.3.7. Tratamiento de unidad experimental	40
3.3.8. Trabajo de gabinete	40
3.3.9. Procedimiento y descripción de los procesos experimentales	40
3.3.9.1 Descripción del procedimiento para obtención de antocianinas del camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>).....	42
3.3.10. Tratamiento y análisis de datos	45
CAPITULO IV	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
CAPITULO V	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1. CONCLUSIONES.....	57
5.2. RECOMENDACIONES	58
CAPITULO VI.....	59
VI. BIBLIOGRAFIA.....	59
CAPITULO VII.....	65
VII. ANEXOS.....	65

7.1. ANEXO I.....	65
7.3. ANEXO II Matera prima, materiales, reactivos, equipos, proceso de extracción, lectura y concentración de antocianinas.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Clasificación taxonómica del camote morado (Ipomoea batatas).....</i>	<i>14</i>
Tabla 2	<i>Composición química del camote</i>	<i>16</i>
Tabla 3	<i>Estructura de las Antocianinas</i>	<i>19</i>
Tabla 4	<i>Extracción de antocianinas totales en la pulpa del camote morado</i>	<i>36</i>
Tabla 6	<i>Matriz de tratamientos</i>	<i>39</i>
Tabla 7	<i>Análisis de varianza ANOVA de la factorial 2A x 2B x2B en un Diseño completamente al azar con 4 repeticiones para antocianinas.</i>	<i>46</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Camote morado (Ipomoea batatas)</i>	15
Figura 2	<i>Estructura de la coloración de las antocianinas</i>	18
Figura 3	<i>Biosíntesis de las Antocianinas</i>	20
Figura 4	<i>Alteraciones de las antocianinas por efectos de la temperatura</i>	21
Figura 5	<i>Mapa de ubicación – E.P. de I.I.A. de la Universidad Nacional de Cajamarca</i>	32
Figura 6	<i>Mapa de ubicación del distrito de “Pacora” – Lambayeque, lugar de procedencia del Camote morado “Ipomoea batatas”</i>	33
Figura 7	<i>Croquis del experimento para la obtención de antocianinas de camote morado (Ipomoea batatas)</i>	37
Figura 8	<i>Flujograma para la obtención de antocianinas del camote morado (Ipomoea batatas)</i> ..	41
Figura 9	<i>Pareto para contenido de antocianinas</i>	48
Figura 10	<i>Efectos individuales para contenido de antocianinas</i>	50
Figura 11	<i>Optimización</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	79
Supuestos	79
Figura 12 <i>Superficie de respuesta estimada para contenido de antocianinas</i>	80
ANEXO II	81
Figura 13 <i>Recepción de Materia Prima</i>	81
Figura 14 <i>Lavado</i>	81
Figura 15 <i>Desinfección</i>	81
Figura 16 <i>Secado y Pelado</i>	82
Figura 17 <i>Camote pelado</i>	82
Figura 18 <i>Pesado</i>	82
Figura 19 <i>Rotulado</i>	82
Figura 20 <i>Licuada</i>	83
Figura 21 <i>Extracción</i>	83
Figura 22 <i>Filtrado</i>	83
Figura 23 <i>Centrifugado</i>	83
Figura 24 <i>Dilución</i>	84
Figura 25 <i>Celda de lectura</i>	84
Figura 26 <i>Espectrofotómetro</i>	84
Figura 27 <i>Lectura en el espectrofotómetro</i>	84

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el laboratorio 2h-102 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, tuvo como objetivo determinar la concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) obtenido de Pacora, Lambayeque, Peru. Para la extracción de antocianinas presentes en el camote morado se realizó utilizando un solvente a diferentes concentraciones etanol (20% y 40%), temperaturas (50°C y 70°C) y dos tiempos (15min y 30min). Se empleó el diseño completamente al azar con una factorial 2^3 donde se consideraron como factores: tipo de solvente, temperatura y tiempo de extracción. Los tratamientos fueron ocho: T1 (20% + 50 °C + 15 min); T2 (etanol 20% + 50°C + 30min.); T3 (etanol 20% + 70 °C + 15min.); T4 (etanol 20% + 70 °C + 30 min.); T5 (40% + 50 °C + 15 min.); T6 (40% + 50 °C + 30min.); T7 (40%+ 70°C + 15 min.); y T8 (40% + 70 °C + 30min) con un total de 4 repeticiones por cada tratamiento. Los resultados del contenido de antocianinas del camote morado fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ANOVA), el promedio del contenido de antocianinas fue de 40.68 mg/L, teniendo como condición óptima la concentración del solvente etanol al 40% en cuanto a la temperatura óptima de 70°C y un tiempo de 30 minutos.

Palabras clave: Antocianinas, camote, espectrofotometría.

ABSTRACT

This research was conducted in laboratory 2h-102 of the School of Food Industry Engineering. Its objective was to determine the concentration of anthocyanins in purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) obtained from Pacora, Lambayeque, Peru. Anthocyanins present in the purple sweet potato were extracted using a solvent at different concentrations of ethanol (20% and 40%), temperatures (50°C and 70°C), and two extraction times (15 min and 30 min). A completely randomized design with a 2³ factorial was used, where the factors were solvent type, temperature, and extraction time. There were eight treatments: T1 (20% ethanol + 50°C + 15 min); T2 (20% ethanol + 50°C + 30 min); T3 (20% ethanol + 70°C + 15 min); T4 (20% ethanol + 70 °C + 30 min.); T5 (40% + 50 °C + 15 min.); T6 (40% + 50 °C + 30 min.); T7 (40% + 70 °C + 15 min.); and T8 (40% + 70 °C + 30 min.) with a total of 4 replicates per treatment. The results of the anthocyanin content of the purple sweet potato were evaluated using analysis of variance (ANOVA). The average anthocyanin content was 40.68 mg/L, with the optimal solvent concentration being 40% ethanol at an optimal temperature of 70 °C and a time of 30 minutes.

Keywords: Anthocyanins, sweet potato, spectrophotometry.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se está restringiendo el uso de colorantes artificiales debido a sus posibles efectos nocivos para la salud. Por consiguiente, existe un creciente interés en el uso de colorantes naturales en una amplia gama de productos alimenticios, incluyendo bebidas, jarabes, jugos de frutas, gelatinas, mermeladas, helados, dulces, pastas, yogures, así como en productos farmacéuticos, cosméticos y otros artículos similares. Esta realidad ha generado el interés por investigar sobre las antocianinas que son los pigmentos que le confieren color a frutas, verduras y tubérculos, estos pigmentos vegetales naturales, presentan un gran potencial como alternativa competitiva a los colorantes sintéticos utilizados para la fabricación de productos comestibles y cosméticos (Ocampo, 2022).

En el Perú existen productos naturales que, en la mayoría de los casos, son consumidos solo a nivel local o regional, entre ellos podemos encontrar: frutos, raíces, tubérculos, entre otros. Entre estos alimentos destacan los tubérculos, plantas que crecen bajo tierra acumulando altos niveles de nutrientes, entre ellos está el camote morado (*Ipomoea batatas*) un tubérculo andino rico en compuestos bioactivos, particularmente antocianinas. Estas antocianinas, responsables de la pigmentación morada intensa de estos cultivos, presentan un gran interés debido a sus potenciales propiedades beneficiosas para la salud, entre ellas su actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena (Espinoza, 2023).

El creciente interés de las personas por el cuidado de la salud impulsa la búsqueda de alimentos que, además de aportar cantidades adecuadas de nutrientes esenciales, contengan sustancias fisiológicamente activas; estas cumplen funciones beneficiosas para la salud, contribuyendo a reducir el riesgo de desarrollar determinadas enfermedades y a mejorar la calidad de vida (Xóchitl F. de la Rosa Reyna et al., 2022).

Debido a lo mencionado se ha creído conveniente realizar la presente investigación con la finalidad de determinar la cantidad de antocianinas en el camote morado. Los resultados obtenidos permitirán una mejor comprensión de las características fisicoquímicas y antocianinas de este cultivo andino, promoviendo su aprovechamiento sostenible y contribuyendo al desarrollo de nuevos productos con alto valor agregado.

1.1. Problema de investigación

Las antocianinas son el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles, responsables desde el color rojo hasta el azul en muchas frutas, verduras, cereales y tubérculos. Su interés ha crecido en los últimos años, debido no solo por el color característico que da a cada producto sino también a su posible papel en la reducción de enfermedades y su capacidad antioxidante. A diferencia de los colorantes sintéticos, que pueden causar alergias e irritación, las antocianinas, como colorantes naturales, ofrecen una solución valiosa para la creciente demanda de etiquetas limpias.

De acuerdo con un estudio de Health Focus International (2019), la pandemia ha puesto en la mente de los consumidores su preocupación por su salud, lo que ha generado una creciente demanda de etiquetas más limpias, es decir, a la hora de fabricar los productos, se usarán los mínimos ingredientes posibles y los componentes como los colorantes deben ser conocidos por los consumidores y a la vez que estos sean saludables (Vega, 2022).

Recientemente, la demanda mundial de antocianinas derivadas de fuentes naturales se estima entre 1200 y 1300 toneladas al año. Los principales consumidores son Japón y Estados Unidos, seguidos en menor medida por países como Francia, Inglaterra, Alemania, España y Bélgica. La producción global de antocianinas se destina principalmente a empresas de bebidas, saborizantes para yogur, golosinas, entre otros productos.

El camote es un tubérculo que se cultiva de manera constante en diversas regiones, como las cuencas costeras, interandinas y selváticas. En contraste con esta práctica, el Ministerio de Agricultura y Riego informó en 2021 que se siembran aproximadamente 16,642 hectáreas anualmente, con una producción total de 306 mil toneladas. La mayor parte de este cultivo se concentra en las cuencas costeras del Perú, abarcando regiones como Ancash, Lambayeque, Lima y Cajamarca. A nivel nacional, la producción es de 18,4 toneladas por hectárea (MIDAGRI, 2022).

Mientras que la industria alimentaria moderna produce cada vez más productos artificiales, varios alimentos naturales de los Andes, como el camote morado con grandes beneficios para la salud por su contenido de antocianinas, son desconocidos para muchos, limitando así su potencial en la alimentación y la medicina. Debido a lo mencionado la presente investigación se enfocará en determinar el contenido de antocianinas en el camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción las cuales tienen propiedades de gran beneficio y con los resultados aparte de ampliar los conocimientos científicos, ayudará a fomentar la utilización de alimentos que contengan compuestos bioactivos y estos se introduzcan fácilmente en la dieta diaria de las personas y aprovechar su actividad antioxidante, así como también lograr obtener una posición competitiva y la apertura de nuevos mercados, permitiendo así la recuperación de la biodiversidad de estos tubérculos (Davalos, 2019).

Florindez (2023) llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue determinar el extracto y su rendimiento de antocianinas a partir del camote morado CIP 441700 (*Ipomoea batatas*) utilizando tres disolventes de extracción, su diseño fue experimental. Se determinó los volúmenes de los extractos y las concentraciones de antocianinas totales fueron medidos por el método pH diferencial. La prueba de Shapiro Wilk determinó que hay normalidad, la prueba de Bartlett la existencia de homogeneidad de varianzas, y el ANOVA fue unifactorial, y para la diferencia significativa utilizaron la prueba de Tukey. La concentración de antocianinas totales fue de 4,982

mg/L de agua destilada, 13,380 mg/L de etanol al 20%, 22,891 mg/L de etanol al 20% acidificado con ácido cítrico al 1%.

Saavedra (2023) se realizó una investigación sobre la extracción de antocianinas a partir de la cáscara de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y su aplicación como colorante natural en yogur” midieron las absorbancias de 6 tratamientos experimentales, utilizando el método de pH diferencial. A cada uno de los tratamientos calcularon la absorbancia promedio final, obtuvieron los resultados: T1 = 0,029; T2 = 0,047; T3 = 0,106; T4 = 0,041; T5 = 0,067 y T6 = 0,120. Determinaron que el tratamiento 16 T6 con temperatura de 70°C, etanol de 85°C y acidificación con ácido cítrico al 0,2% tenía el mayor contenido de antocianinas de 62,45 mg/L.

Castañeda & Vásquez (2018) realizaron una investigación que tuvo como objetivo determinar el contenido de antocianinas totales del camote morado (*Ipomoea Batatas* L.) proveniente de Virú y Chiclayo. Su diseño fue tipo descriptivo, con 300 muestras de camote morado. Se determinó que la concentración de antocianinas del camote morado que provino de Virú, fue de 19,485 mg/L en promedio, y Chiclayo, fue de 18,918 mg/L en promedio, 18,917 mg/L en mediana, 18,978 mg/L en moda, 18,833 mg/L en mínimo y 19,536 mg/L en máximo. Las muestras fueron comparadas usando la fórmula $CV = 0,1 * \text{Factor de absorbancia} * \text{factor de dilución}$ para determinar la concentración de antocianinas, y se descubrió que el camote morado de Virú tiene una mayor concentración de antocianinas totales que el camote de Chiclayo. Se encontró que el margen de diferencia es de 0,567.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el contenido de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción?

1.3. Justificación de la investigación

Las antocianinas son compuestos fenólicos que pertenecen al grupo de los flavonoides y son responsables de las tonalidades rojas, púrpuras y azules presentes en distintas frutas y hortalizas. El camote morado (*Ipomoea batatas*) constituye una fuente natural relevante de estos pigmentos, los cuales presentan propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, además de posibles efectos beneficiosos para la salud humana. Debido a estas características, las antocianinas han despertado gran interés científico para su utilización como colorantes naturales en sectores como la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Castrejón, 2024).

La extracción de antocianinas a partir de matrices vegetales suele realizarse mediante el uso de solventes capaces de solubilizar los compuestos bioactivos presentes en los tejidos de la planta. La eficacia de este procedimiento depende de varios factores fisicoquímicos, entre los que destacan la concentración del solvente, la temperatura y el tiempo de extracción. Estos parámetros influyen tanto en la difusión de los compuestos desde el interior de las células vegetales hacia el medio solvente como en la estabilidad química de las antocianinas durante el proceso.

En este contexto, el estudio de la obtención de antocianinas a partir de camote morado mediante el uso de un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción resulta relevante desde el punto de vista científico y tecnológico, ya que permite identificar las condiciones óptimas que favorezcan una mayor eficiencia en la extracción de estos pigmentos. La optimización de estos parámetros no solo contribuye al mejor aprovechamiento de los recursos naturales, sino que también promueve el desarrollo de procesos más eficientes y sostenibles para la obtención de compuestos de alto valor agregado.

Asimismo, esta investigación aporta conocimientos que pueden ser aplicados en el desarrollo de productos naturales con propiedades funcionales, impulsando el uso de colorantes naturales y fomentando la valorización de cultivos como el camote morado. De esta manera, el

estudio contribuye al avance del conocimiento en áreas como la química de alimentos, la tecnología de alimentos y la biotecnología, además de fortalecer el aprovechamiento de recursos agrícolas con potencial industrial.

Este tubérculo es rico en antocianinas, pigmentos naturales con propiedades antioxidantes que pueden ser utilizados en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética como colorantes naturales y compuestos funcionales beneficiosos para la salud.

En la actualidad, existe una creciente demanda de colorantes naturales debido a la preocupación por los posibles efectos adversos de los colorantes sintéticos. En este contexto, la extracción de antocianinas a partir del camote morado representa una alternativa sostenible que promueve el aprovechamiento de recursos agrícolas locales y la generación de productos con mayor valor agregado.

Desde el punto de vista social, el desarrollo de métodos eficientes para la obtención de estos compuestos mediante la evaluación de diferentes concentraciones de solvente, temperaturas y tiempos de extracción puede contribuir al fortalecimiento de la agroindustria local, fomentando la innovación tecnológica y la diversificación de productos derivados del camote. Esto puede traducirse en nuevas oportunidades económicas para agricultores y pequeñas empresas, incrementando sus ingresos y mejorando su calidad de vida.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

- Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción.

1.4.2 Objetivo específico

- Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando etanol como solvente de extracción a diferentes concentraciones (20 % y 40%).
- Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) empleando diferentes temperaturas de extracción (50°C y 70°C).
- Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando diferentes tiempos de extracción (15 y 30 minutos).

1.5 Hipótesis

La extracción de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*) es significativamente mayor cuando se emplea etanol al (20% y 40%) como solvente, a una temperatura de (50°C y 70°C) con tiempos de extracción de (15 y 30 minutos), en comparación con los demás tratamientos evaluados.

CAPÍTULO II

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Sánchez, (2019) investigó el contenido de antocianinas en las flores de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa* L.), determinó la concentración de antocianinas en sus flores, utilizando la metodología básica, de corte transversal y experimental, colocó 30gr de las flores de jamaica a secar al sol durante una semana por 30 minutos a una temperatura de 75 °C y se los combinó con 200ml de solvente etanol al 30 % y se los reservó en envases color ámbar para evitar su deterioro, lo filtró y empleó el procedimiento del pH diferencial para determinar su contenido con cloruro de potasio 0.025 M y Acetato de sodio 0.4 M (Buffers) y tuvo como resultados 348.2 +- 96.7 mg de antocianinas por cada 100gr de flores de jamaica y concluyó que tiene un alto contenido de antocianinas y por ende, un alto poder antioxidante.

- La investigación aporta una metodología para la extracción y cuantificación de antocianinas mediante el uso de etanol como solvente y el método de pH diferencial, la cual puede servir como referencia para la determinación del contenido de antocianinas en el camote morado.

Montoya, (2022) llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue determinar cuál es la mejor combinación entre dos solventes (etanol al 40 % ac. y agua destilada ac.), dos temperaturas (70 °C y 50 °C) y dos tiempos (30 y 15 minutos) para la extracción de antocianinas de pétalos de *Rosa* spp. variedad Freedom en tres etapas de floración (botón, botón intermedio y botón desarrollado), se determinó los mejores resultados en contenido de antocianina en la etapa de floración botón fue de 488.04 mg/L (T1), 547.12 mg/ L en el botón intermedio (T1) y 599.19 mg/L el botón desarrollado (T5). En las etapas de floración botón y botón intermedio se encontró significancia estadística en los factores solvente, temperatura y tiempo, el mejor tratamiento fue etanol al 40 %

a 70 °C por 30 minutos; en la etapa de floración botón desarrollado se encontró significancia estadística en el factor solvente, el mejor tratamiento fue agua destilada a 70 °C por 30 minutos, respecto a la variable contenido de antocianina (mg/L).

- La investigación aporta información sobre la optimización de las condiciones de extracción de antocianinas mediante el uso de diferentes solventes, temperaturas y tiempos, lo cual puede servir como base metodológica para la obtención de antocianinas en el camote morado.

Torres, (2013) Hizo su investigación con el objetivo de desarrollar un proceso de extracción para obtener a escala preparativa extractos enriquecidos y estandarizados de antocianinas del camote morado para usarlo como biocolorante de alimentos, se definió que el mejor tratamiento de la muestra fue el secado por liofilización, se estudió el efecto sobre los rendimientos de extracción de las 6 variables que son, el ácido, disolvente, concentración del disolvente, temperatura y tiempo, se realizó una comparación entre cada una de las variables con un análisis de varianza (ANOVA). En resultados se encontró que no existe diferencias significativas entre las concentraciones de 100%, 80 %, 60 %, 20 % y 0% de etanol; pero si hay diferencia significativa con el etanol al 40%, eligiéndose al etanol al 80% como proporción que mayores rendimientos de antocianinas totales del camote morado con 1% de ácido málico, con su máxima extracción a los 60 minutos a una temperatura de 60 °C. La temperatura óptima de extracción de antocianinas fue a 60 °C, reportándose pérdidas de colorante a temperaturas superiores.

- La investigación aporta un proceso optimizado para la extracción de antocianinas del camote morado, determinando las mejores condiciones de solvente, temperatura y tiempo para obtener mayores rendimientos de estos compuestos con potencial uso como colorante natural en alimentos.

Dyankova & Doneva, (2016) utilizaron el método de pH diferencial con 8 materiales vegetales, el análisis cromatográfico de los extractos mostró rayas intensivas de rosa, rojo y violeta correspondientes al contenido de antocianina, el análisis de los datos experimentales mostró que el rendimiento de las sustancias pigmentarias depende de algunos factores: el tipo de planta, el tratamiento preliminar de la planta y el solvente que se utiliza. Para el análisis cualitativo e identificación de antocianinas utilizaron el método de Kruger et al. (2013) donde a la muestra de 1 ml de cada extracto se agregaron 9 ml de ácido clorhídrico al 0,5% en etanol al 96%, luego se agitó por 5 minutos y centrifugó al mismo tiempo a 3000 rpm y se almacenó en oscuridad. Los volúmenes de muestra oscilaron entre 40 y 60 μ l; como resultado obtuvieron que el chokeberry incluía un gran número de antocianinas y la combinación de estos componentes fueron la razón del color rojo oscuro / violeta del extracto con (2 195.9 cyd eq mg / l), seguido de mora (1 466.2 cyd eq mg / l) y una variedad de las uvas (1 199.3 cyd eq mg / l) y concluyeron que los materiales frescos o congelados y en la pulpa son los más adecuados para la extracción de pigmentos de antocianina.

- La investigación aporta métodos de análisis y factores que influyen en la extracción de antocianinas, como el tipo de planta, el tratamiento del material vegetal y el solvente empleado, los cuales pueden aplicarse para optimizar la obtención de antocianinas en el camote morado.

Sánchez & Vargas, (2023) su objetivo de su investigación fue determinar la influencia del solvente, temperatura y tiempo de extracción en la cuantificación de antocianinas totales de las corontas de maíz morado (*Zea mays* L.). Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca, utilizando maíz morado de la variedad Canteño, de mazorca larga y granos grandes en hileras muy bien definidas. La extracción se hizo por destilación a reflujo y el extracto se concentró al vacío. Asimismo, la extracción se

realizó utilizando como solventes agua destilada y solución de etanol al 20 % v/v, a las temperaturas de 50 °C y 70 °C y tiempos de 30 min y 60 min; mientras que la concentración se llevó a cabo a la temperatura de 30 °C. Las absorbancias de las muestras se leyeron en un espectrofotómetro UV-Vis a 510 y 700 nm de longitud de onda, las cuales sirvieron para calcular la concentración de antocianinas totales en cada muestra expresándola en mg/g. La mayor concentración de antocianinas totales se obtuvo con el solvente etanol al 20 % a una temperatura comprendida de entre 50 °C y un tiempo de extracción de 60 minutos, siendo el valor obtenido de 8,74 mg de antocianinas totales con una desviación estándar de 1,42.

- La investigación aporta información sobre las condiciones óptimas de extracción de antocianinas, considerando factores como solvente, temperatura y tiempo, lo cual puede servir como base metodológica para la obtención de antocianinas en el camote morado.

Fernández & Puma (2021) en el presente trabajo de investigación se comparó la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas en los extractos fermentados de *Tropaeolum tuberosum* (Mashua) frente a los extractos fermentados de *Zea mays* L. (Maíz morado) y *Vaccinium corymbosum* L. (Arándano). La extracción de las antocianinas en los fermentados se realizó a las 3 materias primas aplicando iguales condiciones y parámetros; para esto, se preparó inóculos con *Saccharomyces cerevisiae*, se ajustó la concentración de sólidos solubles a 12 brix y se procedió a preparar los extractos durante 72 h, primero se evaluó los parámetros de pH y temperatura dando como resultados óptimos para las tres materias primas un pH entre 2- 3 y la temperatura de 30°C, un aumento o disminución en estos rangos produjo disminución en la extracción de antocianinas.

- La investigación aporta información sobre la influencia de la fermentación, el pH y la temperatura en la extracción de antocianinas y su capacidad antioxidante, estableciendo

condiciones óptimas que pueden servir como referencia para la obtención de estos compuestos en el camote morado.

Davalos (2019) llevó a cabo un estudio de diseño experimental, nivel explicativo correlacional con el propósito de determinar los parámetros óptimos de extracción de antocianinas obtenidas de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), determinar el contenido de polifenoles totales y evaluar su capacidad antioxidante. Para la optimización del proceso de extracción de las antocianinas se empleó la metodología de superficie de respuesta compuesto central no aleatorio con tres factores: Temperatura extracción (20 a 60°C), tiempo extracción (180 a 300 minutos) y concentración de solvente etanol acidificado (pH 3 a 4). La optimización del modelo mostró que las condiciones de extracción óptima son; solvente acidificado (pH 3.317), tiempo de proceso de 264.564 minutos y temperatura de 37.769 °C, el cual presentó los mayores contenidos de antocianinas, alcanzando 170.36 mg cianidina 3- glucosido/100g, el contenido de fenoles totales, es de 10.66±0.624 mg ácido gálico/gr evaluados por el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante de 42.76±2.92 µmol equivalente de Trolox/g determinados por el método de DPPH, respectivamente.

- La investigación aporta la optimización de parámetros de extracción de antocianinas, como temperatura, tiempo y pH del solvente, lo cual puede servir como base metodológica para mejorar la obtención de antocianinas en el camote morado.

Canahualpa & Solano (2018) el objetivo de esta investigación fue determinar los parámetros óptimos de extracción de antocianinas obtenidas de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), determinar el contenido de polifenoles totales y evaluar su capacidad antioxidante. Para la optimización del proceso de extracción de las antocianinas se empleó la metodología de superficie de respuesta compuesto central no aleatorio con tres factores: Temperatura extracción (20 a 60°C), tiempo extracción (180 a 300 minutos) y concentración de solvente etanol acidificado

(pH 3 a 4). La optimización del modelo mostró que las condiciones de extracción óptima son; solvente acidificado (pH 3.317), tiempo de proceso de 264.564 minutos y temperatura de 37.769 °C, el cual presentó los mayores contenidos de antocianinas, alcanzando 170.36 mg cianidina 3-glucosido/100g, el contenido de fenoles totales, es de 10.66 ± 0.624 mg ácido gálico/gr evaluados por el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante de 42.76 ± 2.92 μ mol equivalente de Trolox/g determinados por el método de DPPH, respectivamente.

- La investigación aporta un modelo optimizado de extracción de antocianinas, identificando condiciones óptimas de pH, tiempo y temperatura, lo que puede servir como base metodológica para mejorar la obtención de antocianinas en el camote morado.

Álvarez (2016) realizó una investigación con el objetivo de determinar la actividad antioxidante del extracto etanólico de camote morado. Las raíces del camote fueron recolectadas en el distrito de Pacarán, en la Provincia de Cañete, cultivados a 700 m.s.n.m. Los objetivos específicos fueron evaluar propiedades como, contenido de antocianinas y actividad antioxidante del camote morado. El diseño del estudio fue no experimental, enfoque transversal, cuantitativo. Se realizó primero el reconocimiento de metabolitos presentes en el extracto mediante el método cualitativo de tamizaje fitoquímico; la cuantificación del contenido de antocianinas totales y la actividad antioxidante fue 1.267, 1.708, 1.708 mg equivalentes de cianidina 3- glucósido/g de muestra y 13.024 μ mol equivalentes de trolox (TE) / g de raíz, respectivamente. Valores obtenidos por método espectrofotométrico antocianinas totales y la actividad antioxidante obtenida por método colorimétrico DPPH a un rango de lectura de 517 nm y 700 nm.

- La investigación aporta datos sobre el contenido de antocianinas y la actividad antioxidante del camote morado, sirviendo como referencia para la obtención y valoración de estos compuestos en estudios de extracción.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Camote

Ipomoea batatas, es el séptimo cultivo más común para consumo fresco e industrial a nivel mundial, y también se considera el cultivo productor de almidón más importante en el mundo (porque las raíces son una rica fuente de carbohidratos, vitaminas y fibra. Sin embargo, el camote se ha cultivado de forma tradicional con fines de subsistencia, gracias a que tolera condiciones adversas del suelo y brinda beneficios nutricionales a poblaciones vulnerables durante períodos de escasez. Existe gran variedad de camotes que sirven como alimento para animales o como materia prima para las industrias, y también son favorables para la dieta humana (Blass, 2020).

2.2.1.1. Taxonomía

Tabla 1

Clasificación taxonómica del camote morado (Ipomoea batatas)

Reino	Plantae
Nombre	Ipomoea batatas
Reino	Viridiplantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsia
Orden	Solanales
Familia	Convolvulaceae
Género	Ipomoea
Especie	Ipomoea batatas

Fuente: Obtenido de Yañez, (2021).

Nota: En la tabla 1 se describen la clasificación taxonómica del camote morado, indicando que pertenece al género (*Ipomoea*) y especie (*Ipomoea batatas*).

2.2.1.2. Morfología

Las plantas del camote es un cultivo anual, de consistencia herbácea, de porte rastrero y vivaz o perenne que está formado de raíz, tallo, hojas, flores y frutos.

Figura 1
Camote morado (Ipomoea batatas)



Nota: En la (Figura 1) se muestra la imagen de referencia de (Huamán, 1992), tallo, hojas, flores y frutos del camote morado.

- a) **Tallo:** También llamado rama, de longitud variable (de 10 cm a 6 m), es cilíndrico (calibre de 4 mm a más de 6 mm) y rastrero, puede ser glabro (sin pelos) o pubescente (velloso), el color varía entre verde, morado o combinación de ambos.
- b) **Sistema radicular:** Es la parte más importante de la planta, ya que constituye el objeto principal del cultivo. Las raíces son abundantes y ramificadas, produciendo unos falsos tubérculos de formas y colores variados (según variedad), de carne excelente, hermosa, azucarada, perfumada y rica en almidón, con un elevado contenido en caroteno y vitamina C y una proporción apreciable de proteínas, el peso de los tubérculos puede variar desde 200 - 300 gramos hasta 6 kilogramos.
- c) **Hojas:** Son muy numerosas, simples, alternas, insertadas aisladamente en el tallo, sin vaina, con pecíolo largo, de hasta 20 cm, y coloración y velloso similar al tallo. La forma de limbo es generalmente acorazonada (aunque hay variedades con hojas enteras, hendidas y muy lobuladas).
- d) **Flores:** Se agrupan en una inflorescencia del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 20 cm, que se sitúan en la axila de una hoja con cuatro centímetros de diámetro por cinco de largo, incluido el pedúnculo floral; el cáliz posee cinco sépalos separados, y la corola cinco pétalos soldados, con figura embudiforme y coloración violeta o blanca; el androceo lo constituyen cinco estambres y el gineceo un pistilo bicarpelar.

- e) **Fruto:** Es una pequeña cápsula redondeada de tamaño inferior a un centímetro, en cuyo interior se alojan de una a cuatro pequeñas semillas redondeadas de color pardo a negro, mil semillas pesan de 20 a 25 gramos (Huamán, 1992).

2.2.1.3. Composición química del camote morado

Tabla 2

Composición química del camote

Parámetro	Unidad	Valor
Energéticos		
Grasas	g	0.8
Proteínas	g	1.8
Carbohidratos	g	28.8
Fibra	g	1.1
Azúcar	g	9.7
Humedad	g	69
Calorías	g	114
Agua	g	71.6
Extracto Etéreo	g	0.1
Minerales		
Ceniza	g	1
Calcio	mg	19
Fósforo	mg	50
Hierro	mg	2.1
Vitaminas		
Caroteno	mg	0.03
Tiamina	mg	0.11
Ribotamina	mg	0.03
Niacina	mg	0.7
Ácido Ascórbico	mg	45
Acido Nicotínico	mg	0.6

Fuente: Obtenido de Yañez, (2021).

Nota: En la tabla 2 se describen los valores químicos del camote morado, donde la mayor concentración de energéticos son las calorías 114g y en menor cantidad son las grasas y Extracto etéreo, en cuanto a minerales la mayor concentración en fósforo con 50mg y menor cantidad en Ceniza 1g y la mayor concentración de vitaminas es el Ácido Ascórbico 45mg, menor cantidad Caroteno y Ribotamina.

2.2.1.4. Valor Nutritivo

- **Carbohidratos:** Almidón o fécula: Es el mayor y más importante componente (70% amilopectina y 30% amilosa).
- **Azúcar:** Presencia de sacarosa en el camote crudo y maltosa en el cocinado.
- **Fibra:** Celulosa, hemicelulosa y pectina.
- **Vitaminas:** Tiene más del 100% de vitamina A del valor sugerido por la FAO (2008) (RDA, Recommended Daily Allowance); y 49% del RDA de vitamina C; de las otras vitaminas tiene muy poco del RDA.
- **Minerales:** Los de suficiente RDA son el hierro (10%) y el potasio (15%).
- **Proteínas:** La calidad de las proteínas del camote es buena pero son de bajo valor biológico; es decir no cumplen con los requerimientos diarios del cuerpo humano (Centro Internacional de la papa, 2018).

2.2.1.5. Antocianinas

Las antocianinas (del griego anthos flor y kyanos azul), fue utilizado por Marquat para designar a los pigmentos azules de las flores, más tarde se descubrió que no sólo el color azul sino también el púrpura, violeta, mangueta, y que todos los tonos de rojo, rosado, escarlata, que aparecen en muchas flores, frutos y algunas hojas y raíces de plantas se deben a pigmentos químicamente similares a las antocianinas (Alvarez, 2016).

2.2.1.6. Contenido de las antocianinas en el camote morado

Los valores varían según variedad, cultivo y método de análisis, pero en general se reportan:

- 218–244 mg de antocianinas / 100 g de camote morado cocido.
- Hasta 348 mg / 100 g en base fresca (FW) en algunas variedades ricas en pigmentos.
- En base seca, los valores pueden llegar a 1000–3000 mg / 100 g de peso seco.

La concentración de antocianinas también va depender del estado de desarrollo de la raíz, existen algunas variedades de camotes morados donde las raíces grandes de 300 a 400 gramos contenían alrededor de 200 mg de antocianinas/ 100 g en base seca, mientras que en el mismo cultivar muestras que pesan entre 80 g y 150 g contenían alrededor de 300 mg de antocianinas/ 100 g en base seca (Alvarez, 2016).

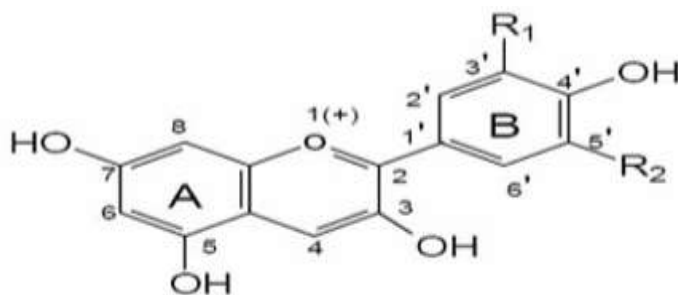
2.2.1.7. Estructura y color de las antocianinas

Las antocianinas, al igual que otras sustancias polifenólicas, se encuentran en la naturaleza en forma de glicósidos siendo conocidas sus agliconas como antocianidinas. Se trata de flavonoides, es decir sustancias derivadas del núcleo flavano.

Las antocianinas están formadas por una molécula de antocianidina unida a una fracción de carbohidrato (Garzón, 2008).

Figura 2

Estructura de la coloración de las antocianinas



Nota: En la (figura 2) se observa la estructura de la coloración de las antocianinas.

Tabla 3*Estructura de las Antocianinas*

Aglicona	Substitución		λ Max (nm)
	R1	R2	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja – rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul- rojo)
Peonidina	OCH ₃	H	506 (naranja -rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 (azul – rojo)
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (azul – rojo)

Fuente: Tomado de Álvarez, (2016).

Nota: En la Tabla 3 se muestran la estructura del color de las antocianinas dependiendo 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.

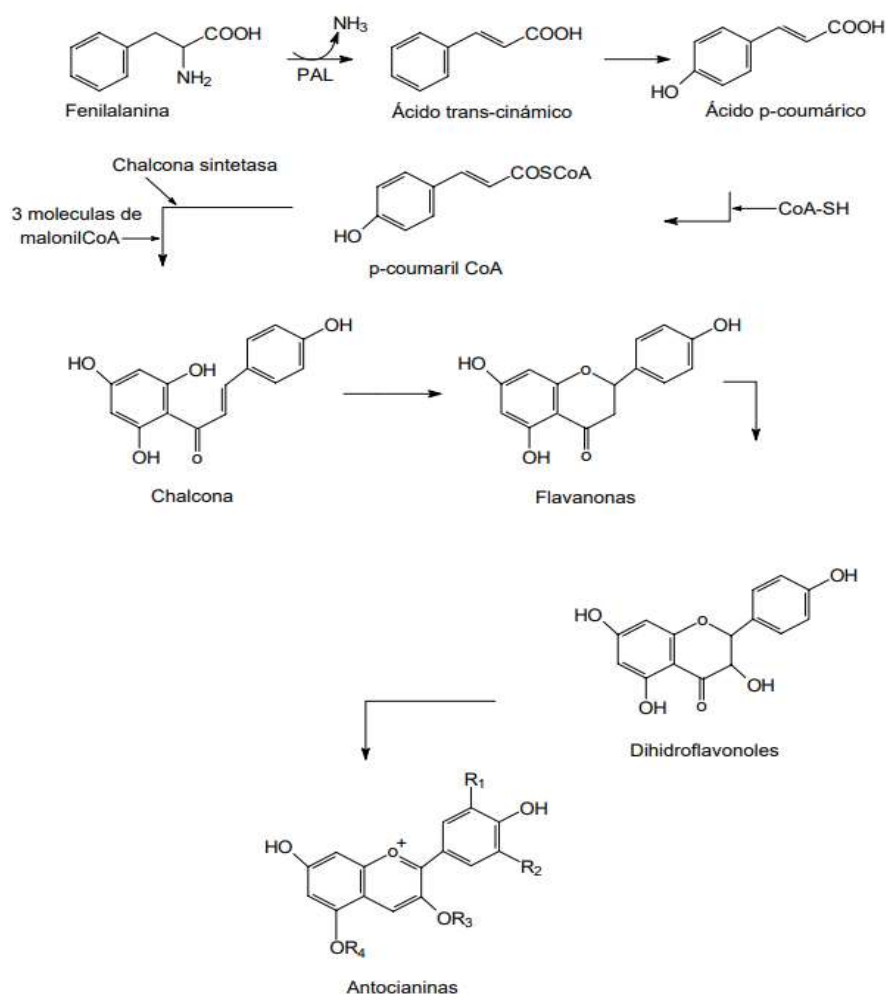
2.2.1.8. Biosíntesis de las Antocianinas

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 da paso a la fenilalanina que por acción de una fenilalanina amonía liasa (PAL), y después de una pérdida de NH₃ 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 sintetasa. 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 (Garzón, 2008)

Figura 3

Biosíntesis de las Antocianinas



Nota: En la (figura 3) se muestra la imagen de la biosíntesis de las antocianinas (Garzón, 2008).

2.2.1.9. Factores que alteran la estabilidad de las antocianinas

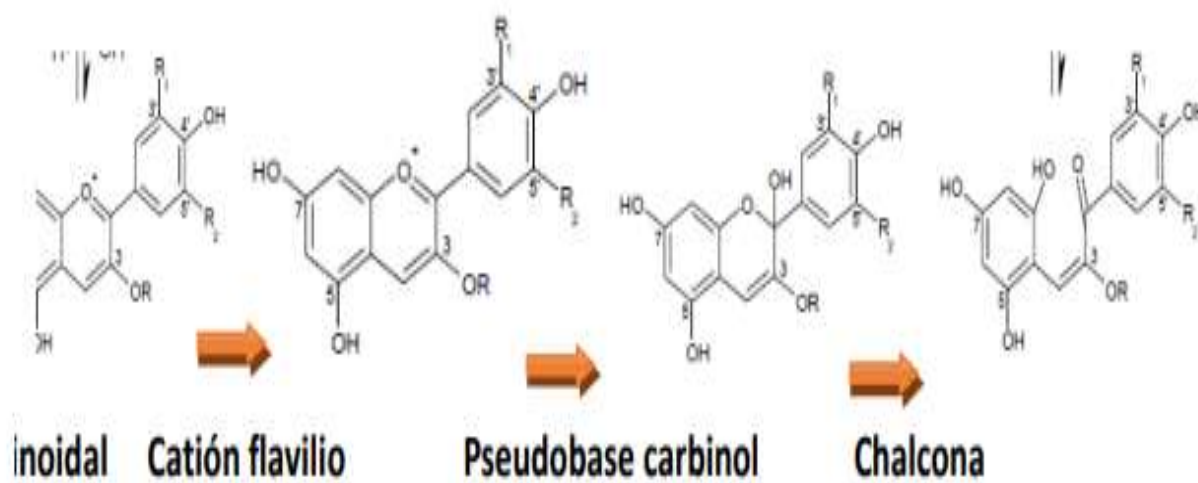
Al igual que el resto de los colorantes naturales, las antocianinas presentan una inestabilidad inherente propia dentro de los matrices alimentarios; aunque son más estables bajo condiciones de acidez. Pueden ser degradadas por una gran variedad de factores o mecanismos que la convierten en productos incoloros solubles y/o productos con tonalidad café e insoluble. Esta degradación puede ocurrir durante el proceso de extracción y purificación del pigmento o durante el proceso y almacenamiento de los alimentos.

a) Temperatura:

La antocianina es destruida por el calor durante el procesamiento y almacenamiento. 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.

Figura 4

Alteraciones de las antocianinas por efectos de la temperatura



Nota: En la (Figura 4) se muestra la imagen de las alteraciones de las antocianinas por efectos de la temperatura (Castañeda & Vásquez, 2018).

b) PH:

Los cambios en el pH provocan una transformación estructural en las antocianinas. Los cambios fisiológicos en la maduración de los frutos llevan consigo variaciones en el pH y por lo tanto cambios de color en el tejido vegetal. Las antocianinas se transforman en su color desde pH 1.0 a 7.0, que abarca en la mayoría de los alimentos. Estos cambios estructurales con respecto al pH incluyen la formación de la sal de flavilio, la de la base anhidra y la de la base del carbinol. A un pH entre 2.0 y 4.0 la principal vía de degradación térmica es la hidrólisis de la molécula de azúcar. A pH bajo la estructura de las antocianinas es el catión flavilio, conforme aumenta el pH se pierde un protón, se gana una molécula de agua y se forma una pseudobase carbinol, las cuales son incoloras, por lo que existe una degradación de color conforme aumenta el pH.

c) Agua:

El pigmento es soluble en agua. 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 pseudo base inestable.

d) Oxígeno y el ácido ascórbico:

El efecto degradativo del oxígeno y el ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas está relacionado. Se 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.

En investigaciones más recientes, confirmaron la aceleración de la destrucción de antocianinas de fresa cuando el ácido ascórbico está presente tanto en sistemas naturales como en sistemas modelo (Castañeda & Vásquez, 2018).

2.2.1.10.Extracción de la antocianina

La extracción de antocianina es comúnmente realizada por una repetida maceración o molido con pequeñas cantidades de HCl (0.1%-1.0%) en metanol o etanol a temperatura ambiente o en casos complejos en frío usando ácidos débiles (para evitar la degradación del pigmento). La adición de agua (10%-15%) en algunos casos permite una extracción completa dependiendo de la planta. La extracción del pigmento de camote se realizó modificando la metodología descrita por Guisti y Wrolstad (1996) mostrada en la siguiente figura (Catarina, 2020).

2.2.1.10.1. Métodos de extracción de antocianinas

a. Extracción sólido-líquido o lixiviación:

Es una operación de transferencia de masa, por lo que es indispensable que haya un contacto íntimo entre el disolvente y el soluto, contenido en el sólido. La lixiviación consiste en la extracción selectiva de uno o varios solutos que se hallan en la matriz sólida mediante un disolvente apropiado o mezcla de éstos (Mejía, 2016).

Muchos productos orgánicos naturales se separan de sus estructuras originales mediante lixiviación. Así tenemos que el azúcar se separa de la remolacha con agua caliente; los aceites vegetales se recuperan a partir de semillas (soya, algodón) mediante disolventes orgánicos; el té y el café (instantáneos) se preparan por técnicas y equipo muy similares a los utilizados en las verdaderas operaciones de lixiviación; también se obtienen colorantes y aceites esenciales de materias vegetales con algunos disolventes (Mejía, 2016).

En la extracción de antocianinas de la materia prima se usan disolventes como: agua destilada, acetona, iso-propanolol, metanol, etanol; algunos investigadores suelen agregarle ácidos orgánicos o inorgánicos (HCl, ácido sulfúrico, ácido cítrico, ácido acético) (Delgado et al., 2000).

a.1 Extracción sólido-líquido discontinua

La separación de una mezcla de compuestos sólidos se puede llevar a cabo aprovechando sus diferencias de solubilidad en un determinado disolvente. En el caso favorable de una mezcla de sólidos, en la cual uno de los compuestos es soluble en un determinado disolvente, mientras que los otros son insolubles, podemos hacer una extracción consistente en añadir este disolvente a la mezcla contenida en un vaso de precipitados, un matraz o una cápsula de porcelana, en frío o en caliente, agitar, triturar y macerar de ser necesario (Mejía, 2016).

Finalmente separar por filtración la disolución que contiene el producto extraído y la fracción insoluble que contiene las impurezas (Mejía, 2016).

a.1.1 Por maceración:

Se somete únicamente a la disolución del soluto en un disolvente, dejando reposar hasta que el disolvente penetre en la estructura celular, ablande y disuelva las porciones solubles, controlando convenientemente la temperatura y la duración del proceso. Se recomienda que la maceración se realice entre los 15 y 20° C (Martin et al., 1965). Si el tiempo de maceración es prolongado debe usarse conservadores para evitar alteraciones microbianas (Yúfera, 1979). La ventaja de esta extracción es producir un extracto con una concentración uniforme, sin embargo, resulta laboriosa y para conseguir mejores rendimientos se requiere mayor tiempo de extracción (Velarde, 2018).

a.1.2 Por agitación mecánica o difusión:

Consiste en colocar la muestra con el solvente elegido en un vaso de precipitado y mediante un agitador mecánico se pone en contacto el disolvente con la materia prima para obtener el colorante deseado (Cabezudo y Zapata, 1978).

a.1.3 Por cocciones:

Los cocimientos son preparados líquidos que se elaboran incrementando la temperatura del preparado. La muestra se coloca en un recipiente de vidrio, se agrega el disolvente y se somete a ebullición por diferentes tiempos. La temperatura de extracción debe ser tal que no afecte a la estructura del colorante (Yúfera, 1979).

a.2 Extracción sólido-líquido continuo

La extracción sólido-líquido suele ser mucho más eficiente cuando se hace en forma continua con el disolvente de extracción caliente en un sistema cerrado, basada en la maceración con disolvente orgánico, previamente vaporizado en un matraz y condensado en un refrigerante, de la mezcla sólida a extraer contenida dentro de un cartucho o bolsa de celulosa que se coloca en la cámara de extracción (Mejía, 2016).

El paso del disolvente orgánico con parte del producto extraído al matraz inicial, permite que el mismo disolvente orgánico vuelva a ser vaporizado, repitiendo un nuevo ciclo de extracción, mientras que el producto extraído, no volátil, se va concentrando en el matraz. En la industria con fines analíticos se suele usar el extractor sólido - líquido tipo Soxhlet (Mejía, 2016).

2.2.1.10.2. Factores que influyen en la extracción

El proceso de extracción es afectado por factores como:

a) Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas influye en la extracción de diferentes maneras, ya que los sólidos de tamaño pequeño tienen una mayor superficie de contacto con el líquido y la distancia de difusión entre el soluto y el solvente es menor por lo tanto la cantidad de soluto transferido es más alto (Ullaui, 2010).

b) Solvente

El solvente escogido debe ser altamente selectivo, de baja viscosidad que circule libremente (Ibarz, 2005), pero conforme la extracción transcurre, la cantidad de soluto aumentará y el gradiente de concentración disminuye, incrementando progresivamente la viscosidad. Generalmente se utiliza etanol para la extracción de los principios activos de las plantas, sin embargo, el agua es considerada el solvente universal por su capacidad de extracción en fase sólido-líquido (Ullauri, 2010).

c) Tiempo de extracción

Es considerado como un factor de menor incidencia en la extracción del colorante, pero a nivel industrial donde se trabaja con grandes volúmenes será un factor muy importante en los costos de operaciones ya que un tiempo largo de producción baja la rentabilidad (Centeno 2003).

2.2.1.11. Determinación del contenido de antocianinas

Método del pH diferencial:

La concentración se mide con el valor de la absorbancia a un pH diferencial. Los tipos de antocianinas se determinan de las dos bandas de absorción que todas ellas dan, una región UV (260-280nm) y otra en la región visible (490-550 nm). En casos particulares las antocianinas elagónidina (520nm), delfinidina (546 nm) y sus variantes glicosídicas tendrán su absorbancia máxima de 10 a 15 nm. (Catarina, 2020).

Las características fisicoquímicas de las antocianinas y su comportamiento en diferente pH se puede medir la concentración de antocianinas totales en el extracto de la materia a analizar se puede determinar aplicando el método de pH diferencial (Catarina, 2020).

$$Total\ antocianinas\ \left(\frac{mg}{L}\right) = a \times PM \times FD \times 1000 / \epsilon \times l$$

Donde:

$A = (A_{\text{vis máx}} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\text{vis máx}} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}$.

PM (Peso molecular) = 445,2g/mol para cianidina -3-glucosido.

FD= Factor de dilución.

L=longitud de paso de celda en cm.

E= 26900 coeficiente extinción molar para cianidina-3-glucosido

1000= factor de conversión de g a mg

2.2.1.12.Importancia y propiedades de las antocianinas

Las antocianinas son compuestos considerados fisiológicamente activos y/o promotores de la salud desde que su contribución a la buena salud y la reducción de enfermedades crónicas ha sido científicamente documentada. Entre las principales propiedades destacan:

A. Propiedades anticancerígenas:

Según los estudios de la Universidad del Estado de Ohio (EE.UU.), la antocianina juega un rol importante en la prevención de la degeneración de células de órganos en mamíferos y humanos. En combinación con el ácido elágico desarrolla una potencia preventiva contra ciertos tipos de cáncer.

B. Actividad antioxidante:

Es evidente que las antocianinas encontradas en frutas y verduras, tienen propiedades antioxidantes potentes en el combate de los radicales libres. Compararon las propiedades antioxidantes de las antocianinas con antioxidantes ampliamente conocidos y encontraron mayor capacidad en comparación a la vitamina E, ácido ascórbico y B-caroteno. El tipo y la pigmentación tienen gran influencia en el contenido de actividad antioxidante.

C. Prevención de otras enfermedades:

Su labor fundamental es la protección de los capilares de la retina, desempeñando un papel fundamental en la conservación de la buena vista, facilita la regeneración de la purpura retiniana, mejora la visión nocturna y la agudeza visual. Además, parecen tener propiedades antivirales, hemostáticas, por lo que pueden desempeñar un papel positivo en las infecciones y la detención del sangrado. Protegen el corazón de las enfermedades cardiovasculares.

D. Propiedades farmacológicas:

Las antocianinas poseen conocidas propiedades farmacológicas utilizadas para la terapia de un amplio espectro de enfermedades. Las investigaciones realizadas con extractos de *Vitis vinífera* ricos en antocianinas, han mostrado efectos antiinflamatorios y actividad anti edema. En la actualidad no se ha reportado toxicidad de antocianinas, por lo que se consideran inofensivas para la salud, siendo una alternativa potencial como un aditivo seguro y afectivo, además de su poder terapéutico.

Las antocianinas son consideradas como colorantes potenciales en la industria alimentaria, sin embargo, no han sido extensivamente usadas por su inestabilidad inherente, baja fuerza tintorial, propiedades organolépticas del material vegetal, así como también la dificultad de la purificación, su limitada disponibilidad comercial y la posible precipitación de combinación de antocianinas con proteínas (Davalos, 2019).

2.2.1.13.SOLVENTES

a) Agua destilada

El agua tiene gran capacidad para disolver sustancias iónicas y sustancias polares la interacción de la molécula del agua con moléculas polares o con iones, se facilita enormemente por la polaridad misma de esta molécula. Las moléculas polares se intercalan con facilidad

entre las moléculas de agua, al interactuar sus dipolos con ella, de manera semejante a la forma en que interactúan entre si las mismas moléculas de agua. En algunos casos, los solutos polares funcionan como donadores y en otros como receptores, en los puentes de hidrógeno que establecen entre sus moléculas y las del agua. Las sustancias iónicas se disuelven en el agua porque sus moléculas atraen electrostáticamente a los iones que las forman. La interacción con los iones positivos se establece con el polo negativo de la molécula del agua, mientras que la interacción con los iones negativos se produce con el polo positivo de la molécula de agua. Esta hidratación de los iones de cargas opuestas permite su separación y, consecuencia, la solubilización de las sustancias iónicas en el agua (Peña et al., 2004).

b) Etanol

El etanol, cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, no solo es el producto químico orgánico sintético más antiguo empleado por el hombre, sino uno de los más importantes, sus usos más comunes son industriales, domésticos y medicinales, la industria emplea mucho Etanol como disolvente (Nicaragua, 2004).

c) Metanol

El metanol, es un compuesto químico del grupo de los alcoholes, también conocido bajo el nombre de alcohol metílico, siendo, además, el alcohol más sencillo del grupo. Su fórmula es CH_3OH , teniendo una estructura química muy similar a la del agua, diferenciándose tan sólo en los ángulos de enlace. Cuando el metanol está a temperatura ambiente, en condiciones normales, se presenta en estado líquido e incoloro, siendo bastante tóxico, e inflamable. Tiene poca viscosidad y posee un olor característico a frutas bastante penetrable, y perceptible a partir de los 2 ppm. Es un compuesto que puede ser utilizado tanto como disolvente o como combustible, siendo bastante miscible tanto en agua como en otros solventes de tipo orgánico (Méndez, 2010)

2.3. Definición de términos básicos:

- **Antocianinas:** Las antocianinas (del griego ἀνθός (anthos): ‘flor’ + κυανός (kyáneos): ‘azul’), son pigmentos solubles en agua, están presentes en las vacuolas de las células vegetales (hojas, flores, tallos, frutas, raíces), pertenecen a la familia de los flavonoides. Juegan un papel importante en la ecofisiología y en la propagación de plantas; ayudan a atraer polinizadores y participan en los mecanismos de defensa de las plantas contra factores de estrés bióticos y ambientales. Las antocianinas poseen propiedades farmacológicas y terapéuticas para la salud humana. En los últimos tiempos se han desarrollado nuevas aplicaciones, como colorantes o bioactivos para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.
- **Etanol:** También llamado alcohol etílico o alcohol puro, es un líquido volátil, inflamable e incoloro con fórmula $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ estructural, a menudo abreviado como $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Es uno de los solventes más utilizados debido a su polaridad, baja toxicidad y capacidad para disolver compuestos fenólicos.
- **Extracción:** Es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente.
- **Concentración:** La concentración de estas sustancias en el extracto permite evaluar la eficiencia del proceso de extracción y las condiciones empleadas, como el tipo y la concentración del solvente.
- **Solvente:** El solvente es la sustancia utilizada para disolver y extraer compuestos de interés presentes en una matriz vegetal. Asimismo, la concentración del solvente puede afectar la solubilidad y la difusión de compuestos químicos.
- **pH:** Medida de acidez o alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

- **Tiempo:** Es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos.
- **Temperatura:** La temperatura es un factor importante en el proceso de extracción de compuestos bioactivos, ya que influye en la solubilidad de los mismos

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica donde se realizó el trabajo de investigación

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el cual se encuentra ubicado en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca. Desde la (recepción de la materia prima hasta la obtención de las antocianinas) se realizaron en el laboratorio de: “Frutas y Hortalizas” ubicado en el primer piso de la misma.

Coordenadas: 7°10'01" S 78°29'44" O / -7°166943, -78.495427.

Altitud: 2750 m.s.n.m.

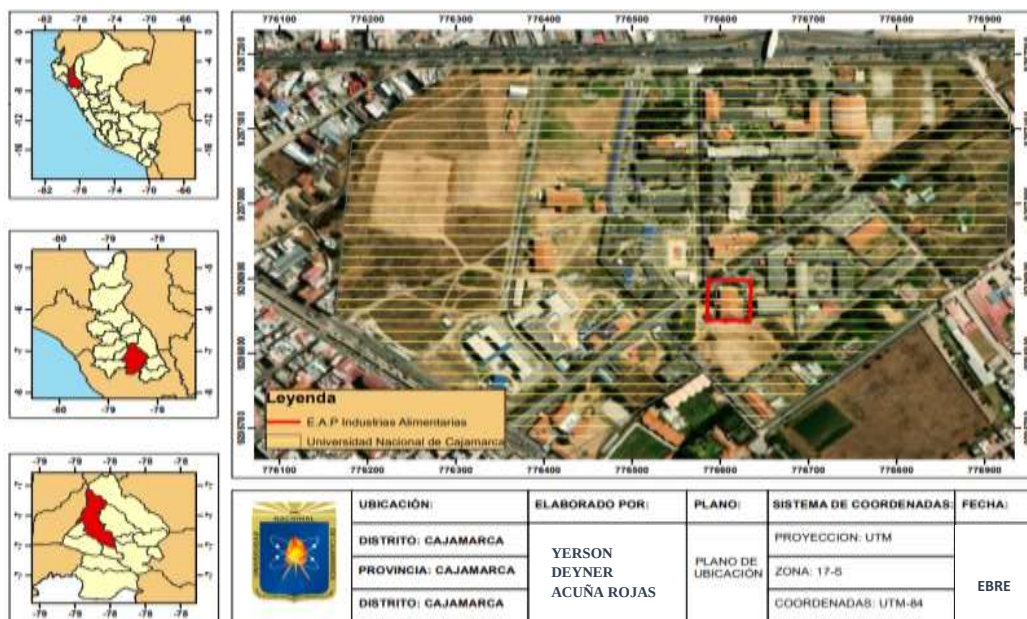
Temperatura: 15°C

Precipitación: 11%

Humedad: 73%

Figura 5

Mapa de ubicación – E.P. de I.I.A. de la Universidad Nacional de Cajamarca



Nota: En la (Figura 5) se muestra el mapa de ubicación de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (UNC) de Cajamarca (Elaboración Propia)

El camote morado (*Ipomoea batatas*) fue obtenido del distrito de Pacora, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque.

Coordenadas: 06°25'33"S/79°49'51"O

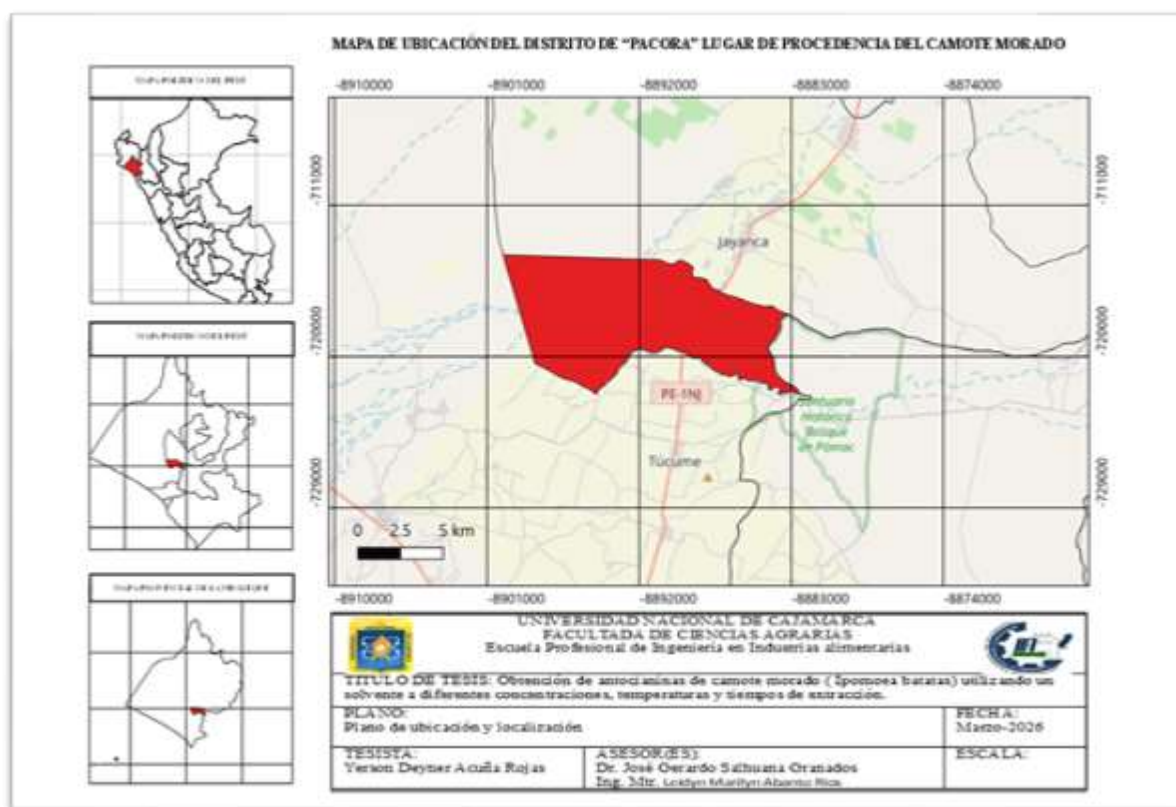
Altitud: 52 m.s.n.m.

Temperatura: 17°C – 34°C

Precipitación: 82%

Figura 6

Mapa de ubicación del distrito de “Pacora” – Lambayeque, lugar de procedencia del Camote morado “Ipomoea batatas”



Nota: En la (Figura 6) se muestra el mapa de ubicación de procedencia del camote morado utilizado para la presente investigación (Elaboración Propia)

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

- Pulpa de camote morado

3.2.2. Materiales y equipo de laboratorio

3.2.2.1 Materiales

- Cuchillos (acero inoxidable)
- Agua destilada - ALKOFARMA
- Guantes
- Guardapolvo
- Gradillas
- Pissetas para agua destilada
- Pipetas - PIREX
- Probetas (100ml, 250ml, 500ml) - PIREX
- Recipientes plásticos (250ml)
- Mascarillas
- Matraz Erlenmeyer (200ml, 250ml) - PIREX
- Mesas de trabajo (Acero Inoxidable)
- Tablas de picar
- Tocas
- Vasos de precipitado (100ml, 250 ml, 500ml) - PIREX
- Papel filtro
- Coladores

3.2.2.2 Equipos

- Alcohómetro - ALCOVISOR
- Espectrofotómetro - GENESYS 6

- Baño María – ACKERMANN SCIENTIFIC
- Balanza Gramera - CAMRY ISSO 9001:2000 CERTIFIED BY SGS
- Centrifuga digital - HETTICH
- Balanza analítica - METTLER TOLEDO
- Licuadora eléctrica - OSTER
- PH metro - OEM

3.2.2.3 Reactivos

- Etanol 20% - ALKOFARMA
- Etanol 40% - ALKOFARMA
- Buffer pH 1.0 (KCl) - QUIMICA MULTIPLE INDUSTRIAL
- Buffer pH 4.5 (CH₃-COONa) - QUIMICA MULTIPLE INDUSTRIAL

3.2.3. Otros materiales

- Laptop - LENOVO
- USB – KINGSTON
- Lapiceros - PILOT
- Hojas bond
- Impresiones

3.3. Metodología

Tipo de metodología: El presente trabajo de investigación es del tipo experimental (aplicada).

Diseño: Este trabajo de investigación corresponde a la factorial 2³ en un diseño completamente al azar donde se considerarán como factores: tipo de solvente, temperatura y tiempo de extracción.

Enfoque: Es cuantitativo, ya que se medirá variables como etanol, temperatura, tiempo y concentración de antocianinas.

Nivel: Es correlacional; ya que se evaluará variables independientes (grado de etanol, temperatura y tiempo) y su influencia en la variable dependiente (concentración de antocianinas). (Hernández R et al., 2018).

3.3.1. Variables

3.3.1.1. Variables independientes:

- Etanol (20% y 40%)
- Temperatura (50°C y 70°C)
- Tiempo (15 min y 30 min)

3.3.1.2. Variables dependientes: Concentración de antocianinas (mg/L).

3.3.2. Factores de estudio

Tabla 4

Extracción de antocianinas totales en la pulpa del camote morado

Factor	Descripción del factor	Descripción del nivel	Código
A	Temperatura de extracción	50°C	a ₁
		70°C	a ₂
B	Solvente	Etanol (20 %)	b ₁
		Etanol (40%)	b ₂
C	Tiempo de extracción	15 min	c ₁
		30 min	c ₂

Nota: En la tabla se muestra los solventes la temperatura y tiempo que se han utilizado para la extracción de antocianinas totales. Fuente (Almeida, 2012).

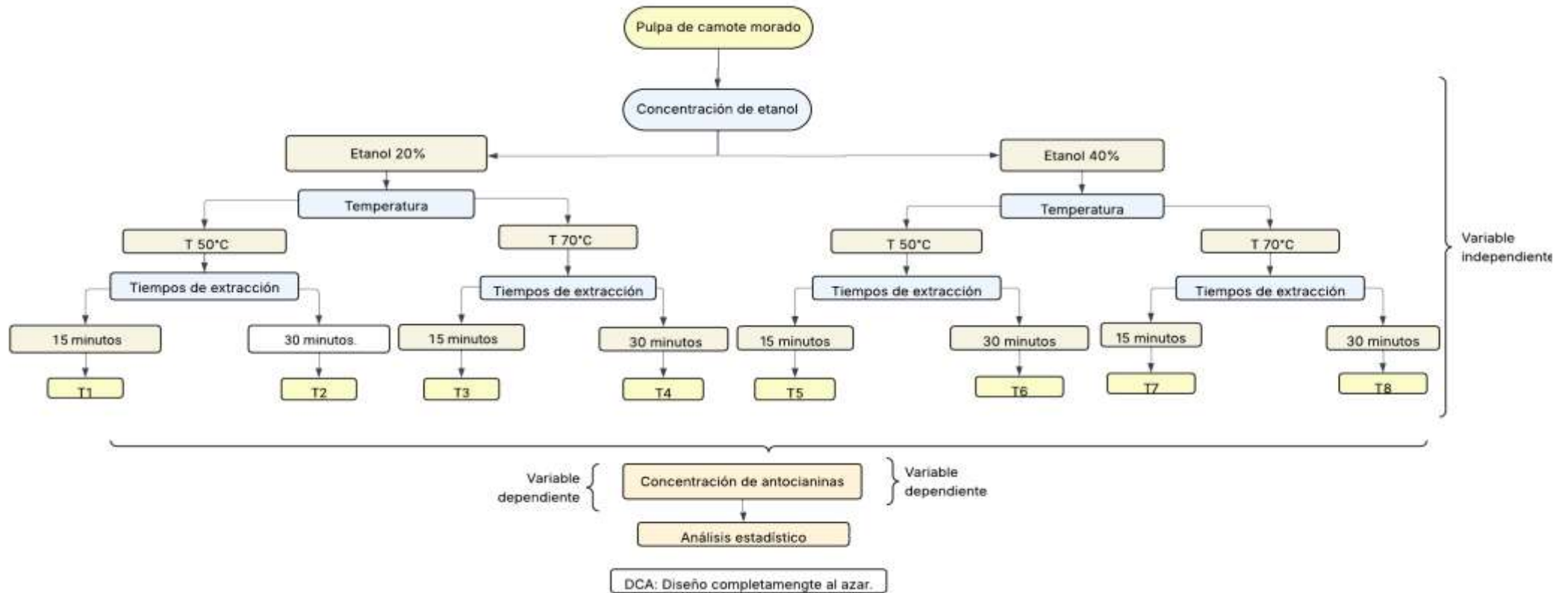
3.3.3. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos

En la presente investigación corresponde a la factorial 2³ en un diseño completamente al azar, será utilizado como unidad de muestreo 100 gr de pulpa de camote morado con 32 tratamientos y se repetirá 4 veces. Por lo tanto, se utilizará 3200gr de pulpa de camote morado para la extracción de las antocianinas.

3.3.3.1. Croquis del experimento

Figura 7

Croquis del experimento para la obtención de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*)



Nota: En la (Figura 7) se muestra el esquema de tratamientos establecidos para la obtención de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) donde se detalla las concentraciones de etano, temperaturas y tiempos de extracción. Elaboración propia, adaptado de (Florindez, 2023).

3.3.4. Matriz de consistencia

Cuadro 1

Obtención de antocianinas de camote morado con un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Formulación del problema ¿Cuál es el contenido de antocianinas de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) utilizando un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción?	Objetivo general Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) utilizando un solvente a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos de extracción. Objetivos específicos -Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) utilizando etanol como solvente de extracción a diferentes concentraciones (20 % y 40%). -Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) empleando diferentes temperaturas de extracción (50°C y 70°C). -Determinar la concentración de antocianinas de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) utilizando diferentes tiempos de extracción (15 y 30 minutos).	La extracción de antocianinas del camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>) es significativamente mayor cuando se emplea etanol al 40% como solvente, a una temperatura de 70 °C y un tiempo de extracción de 30 minutos, en comparación con los demás tratamientos evaluados.	Variables independientes: - Etanol (20% y 40%) - Temperatura (50°C y 70°C) - Tiempo (15 min y 30 min) Variables dependientes: Concentración de antocianinas(mg/L)	Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Nivel: Correlacional Muestra: 32 muestras de camote morado

Nota: En el (Cuadro 1) se observa la matriz de consistencia, donde se detalla el problema de investigación, objetivos, hipótesis, variables e indicadores y metodología. (Elaboración propia).

3.3.5. Modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \text{ Donde:}$$

μ = efecto medio

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor a

β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor b

γ_k = efecto del k-ésimo nivel del factor c

$(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$, $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$, son las interacciones de los respectivos niveles.

Factor A. Temperatura: $a_0 = 10\%$; $a_1 = 15\%$, $a_2 = 20\%$

Factor B. Solvente: $b_0 = \text{etanol } 20\%$; $b_1 = \text{etanol } 40\%$

Factor C. Tiempo: $c_0 = 15 \text{ minutos}$; $c_1 = 30 \text{ minutos}$

La combinación de los niveles de los factores es:

$a_0b_0c_0$ $a_0b_0c_1$ $a_0b_1c_0$ $a_1b_1c_1$ $a_1b_0c_0$ $a_1b_0c_1$ $a_1b_1c_0$, Se tiene 08 tratamientos.

3.3.6. Matriz de tratamientos

Tabla 5

Matriz de tratamientos

Tratamiento	Niveles	Valores de niveles			Repeticiones (n _j)			
		T°C	Solvente (%)	Tiempo (minutos)	1	2	3	4
T ₁	$a_0b_0c_0$	50°C	20%	15 min	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}
T ₂	$a_0b_0c_1$	50°C	20%	30 min	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}
T ₃	$a_0b_1c_0$	50°C	40%	15 min	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}
T ₄	$a_0b_1c_1$	50°C	40%	30 min	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}
T ₅	$a_1b_0c_0$	70°C	20%	15 min	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}
T ₆	$a_1b_0c_1$	70°C	20%	30 min	Y_{61}	Y_{62}	Y_{63}	Y_{64}
T ₇	$a_1b_1c_0$	70°C	40%	15 min	Y_{71}	Y_{72}	Y_{73}	Y_{74}
T ₈	$a_1b_1c_1$	70°C	40%	30 min	Y_{81}	Y_{82}	Y_{83}	Y_{84}

Nota: En la tabla se detalla los arreglos de los tratamiento y repeticiones que serán aplicados en el estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.3.7. Tratamiento de unidad experimental

El tamaño de unidad experimental constará de 8 tratamientos y 4 repeticiones con factorial (2x2x2) cada uno con 100 gr. de pulpa de camote morado (*Ipomoea batatas*)

3.3.8. Trabajo de gabinete

Los datos recolectados de la obtención de antocianinas del camote fueron tabulados y luego analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de las diferencias significativas entre tratamientos (combinación de factores); al 5% de probabilidad para el factor significativo.

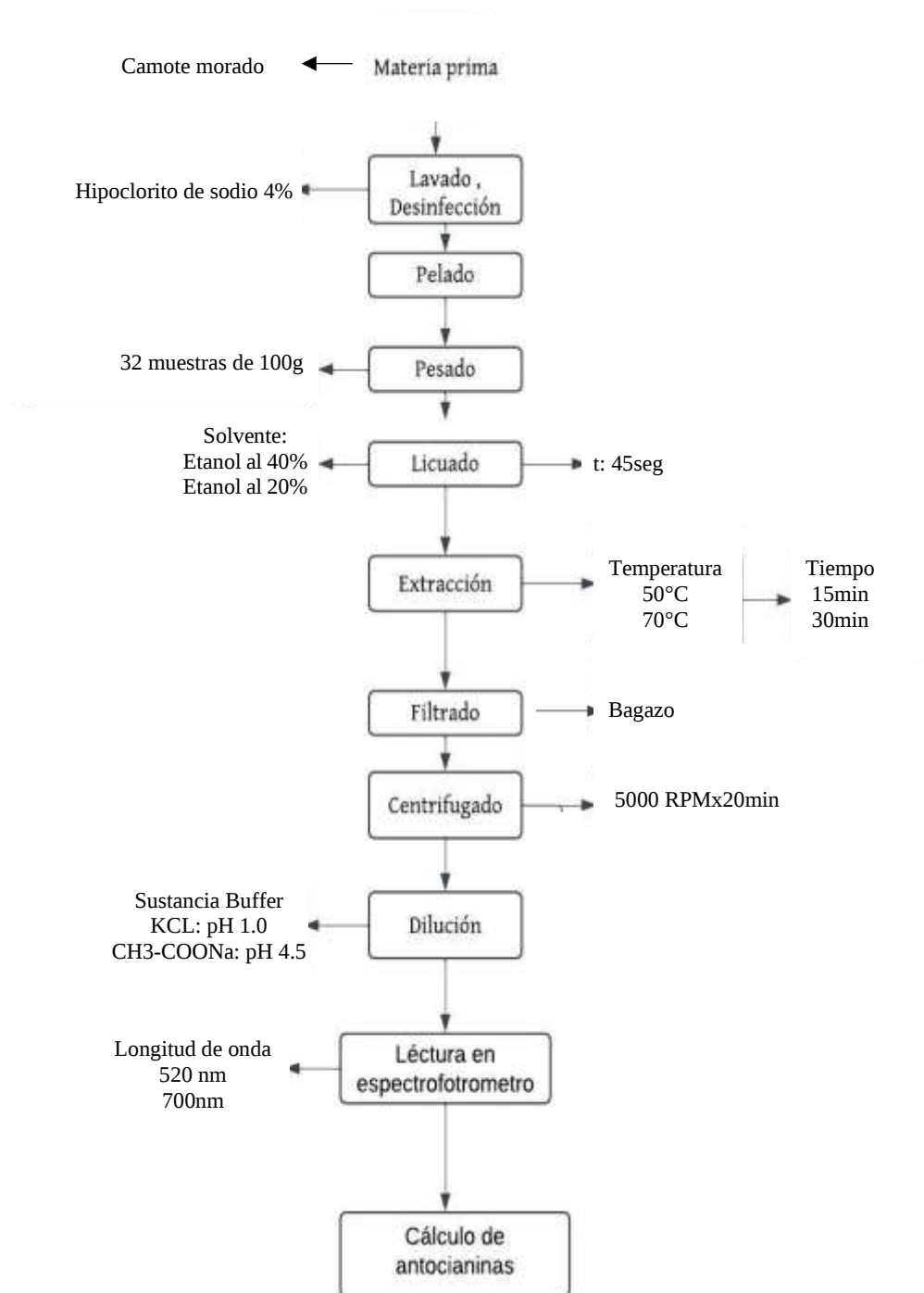
3.3.9. Procedimiento y descripción de los procesos experimentales

Concentración de antocianinas.

Para el contenido de las antocianinas se utilizó 100g de pulpa de camote morado, se le agregó 100ml de etanol al 20% para luego ser licuado, después fue colocado en un frasco, posteriormente llevado al equipo de baño maría a temperatura de 50°C en un tiempo de 15min, seguido fue filtrado con la finalidad de separar los sólidos más grandes de la fase líquida utilizando papel filtro Whatman N°9, se llevó acabo el centrifugado a 5000 RPM durante 20 minutos, luego pasó por el proceso de dilución donde se aplicó el factor de dilución 10 con la ayuda de los buffers acetato de sodio y cloruro de potasio posteriormente pasó a la lectura en el espectrofotómetro utilizando la longitud de onda de 520 y 700nm y finalmente se realizó el cálculo de la concentración de antocianinas utilizando la formulación de pH diferencial (Saavedra, 2023).

Figura 8

Flujograma para la obtención de antocianinas del camote morado (Ipomoea batatas)



Nota: En la (figura 8) se muestra el procedimiento detallado para la obtención de antocianinas de la pulpa de camote morado (*Ipomoea batatas*), elaboración propia, adaptado de (Saavedra, 2023).

3.3.9.1 Descripción del procedimiento para obtención de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*).

Para la obtención de antocianinas del camote morado (*Ipomoea Batatas*), se utilizará el método del pH diferencial, los pasos a seguir son los siguientes:

- 1. Lavado:** El lavado se realizó manualmente y con abundante agua, frotando los camotes con una esponja para vajilla, removiendo así la tierra adherida a la superficie de estos (*figura 14*).
- 2. Desinfección:** Después del lavado, los camotes se sumergieron durante 5 minutos en una solución desinfectante. La solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio se preparó diluyendo 2.5 ml de lejía comercial en 1 litro de agua potable “la mayoría de las lejías comerciales contienen alrededor de 4% de hipoclorito de sodio” (*figura 15*).
- 3. Secado:** El secado de los camotes morados se realizó a temperatura ambiente (*figura 16*).
- 4. Pelado:** Luego se procedió a extraer la cáscara, utilizando un pelador doméstico y un cuchillo de acero inoxidable. ya que, lo que se utilizará solo será la pulpa de este tubérculo. Se extrajo minuciosamente la cáscara, teniendo en cuenta de no extraer demasiada pulpa (*figura 17*).
- 5. Pesado:** En una balanza de precisión, se pesaron 32 muestras de 100gr de pulpa de camote morado (*figura 18*).
- 6. Licuado:** Se llevó a cabo en una licuadora eléctrica “Oster” de la siguiente manera:
 - * Se colocó 100 gr de pulpa de camote y se agregó 100ml de etanol al 20%, este procedimiento se realizó por 4 veces, con cuatro repeticiones por cada tratamiento.
 - * Se colocó 100 gr de pulpa de camote y se agregó 100ml de etanol al 40%, esto se realizó por 4 veces, con cuatro repeticiones por cada tratamiento.

El tiempo de licuado fue un aproximado de 45 segundos por cada procedimiento para todas las muestras hasta obtener masa homogénea, con el objetivo de que el disolvente pueda extraer eficientemente las antocianinas (*figura 20*).

7. Extracción sólido-líquido: Las 8 muestras obtenidas después del licuado fueron llevadas en frascos al equipo de baño María a temperaturas de 50°C. El procedimiento anterior (licuado) se repitió otra vez ya que en esas muestras serán llevadas al equipo de baño María a una temperatura de 70°C. Todos los tratamientos T1, T2, T3 y T4 tuvieron un tiempo de 15 minutos, se repitieron los mismos procedimientos (T5, T6, T7 Y T8), pero estuvieron a un tiempo de 30 minutos en baño María (*figura 21*).

7.1.Filtrado: A los 8 tratamientos con un colador se procedió a separar los sólidos más grandes de la fase líquida, así mismo para retirar los sólidos más pequeños que logren atravesar el colador se empleó el papel filtro Whatman N°91 con capacidad de retención de partículas de 10 µm. Garantizando una retención de partículas al 98% (*figura 22*).

8. Centrifugado: Para asegurar la máxima eliminación de sólidos en el sobrenadante, se llevó a cabo un centrífugo a 5000 RPM durante 20 minutos, utilizando tubos de ensayo de 5ml (*figura 23*).

9. Dilución: Se realizó utilizando el factor de dilución 10, es decir 9ml de buffer y 1ml de extracto concentrado de antocianinas (*figura 24*).

9.1.Preparación de solución buffer

- Buffer acetato de sodio (CH₃-COONa), 0.4 M, pH 4.5

Mezclar 54.43 g CH₃CO₂Na y 960mL de agua destilada en un beaker. Medir el pH y ajustar a 4.5 con HCl concentrado. Transferir a un matraz volumétrico de 1 litro y llenar hasta 1 litro con agua destilada.

- **Buffer cloruro de potasio (KCl), 0.025 M, pH 1.0**

Mezclar 1.86 g KCl y 980 ml de agua destilada en un beaker. Medir el pH y ajustarlo a 1.0 con HCl concentrado. Transferir a un matraz volumétrico y llenar hasta 1 litro con agua destilada (Giusti 2001).

10. Lectura en espectrofotómetro

Con el espectrofotómetro Genesys 6, se ajustó el color blanco con agua destilada y se leyó la absorbancia de las soluciones en cubetas de 1 cm de espesor, se evaluó la coloración que presentó y se hizo una lectura de absorbancia a una longitud de onda de 520 y 700 nm (*figura 27*).

11. Cálculo de antocianinas

Las características fisicoquímicas de las antocianinas y su comportamiento en diferente pH se puede medir la concentración de antocianinas totales en el extracto de la materia a analizar se puede determinar aplicando el método de pH diferencial Catarina (2020).

$$\text{Total antocianinas} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times PM \times FD \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Donde:

$$A = (A_{\text{vis máx}} - A_{700})_{\text{pH 1,0}} - (A_{\text{vis máx}} - A_{700})_{\text{pH 4,5}}$$

PM (Peso molecular) = 445,2 g/mol para cianidina -3-glucosido.

FD= Factor de dilución.

L=longitud de paso de celda en cm.

E= 26900 coeficiente extinción molar para cianidina-3-glucosido

1000= factor de conversión de g a mg

3.3.10. Tratamiento y análisis de datos

La información recolectada respecto a la obtención de antocianinas presentes en el camote morado "*Ipomoea batatas*", fueron ordenados y reservados en cuadros en una hoja de Excel, luego se organizaron de acuerdo a los tratamientos y repeticiones realizadas, así como la temperatura (50 °C y 70 °C) y tiempos de extracción de (15 minutos y 30 minutos), para realizar el análisis de varianza ANOVA y determinar si hay significancia estadística entre los tratamientos.

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los ocho (8) tratamientos de extracción de antocianinas del camote morado con un solvente (etanol) a diferentes concentraciones.

4.1 Concentración de antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando etanol a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos.

4.2.1. Análisis de contenido de antocianinas

Tabla 6

Análisis de varianza ANOVA de la factorial 2A x 2B x2B en un Diseño completamente al azar con 4 repeticiones para antocianinas.

Términos de modelo	Estimación	Std. Error	Valor t	P-Valor
A: Temperatura	4.578	0.277	16.540	<.001
B: Solvente	6.374	0.277	23.027	<.001
C: Tiempo	4.087	0.277	14.766	<.001
AB	-0.412	0.277	-1.489	0.149
AC	0.242	0.277	0.875	0.390
BC	0.335	0.277	1.211	0.237

Nota: En la tabla 8 muestra el análisis de varianza de la factorial 2A x 2B x2B para el contenido de antocianinas, en donde se logra observar que la concentración de solvente, la temperatura y tiempo tienen efecto significativo estadísticamente ($p < 0.05$) en la concentración de antocianinas, este comportamiento se corrobora con la *figura 8* de Pareto para contenido de antocianinas.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 7 muestra el efecto de los factores evaluados temperatura (A), concentración de solvente (B) y tiempo de extracción (C) sobre la concentración de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*), utilizando un diseño

factorial $2 \times 2 \times 2$ con cuatro repeticiones. Los resultados indican que los tres factores individuales tuvieron un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.001$) sobre la concentración de antocianinas, evidenciado por los altos valores de t (16.540 para temperatura, 23.027 para solvente y 14.766 para tiempo) y sus correspondientes probabilidades asociadas menores a 0.001.

Entre los factores evaluados, la concentración de solvente (B) presentó el efecto más marcado, con una estimación de 6.374, lo que indica que la variación en la proporción de etanol afecta directamente la eficiencia de extracción de las antocianinas. Esto concuerda con lo reportado por Castañeda y Vásquez (2018), quienes señalan que la polaridad y concentración del solvente son determinantes en la disolución de compuestos fenólicos, afectando la recuperación de pigmentos como las antocianinas.

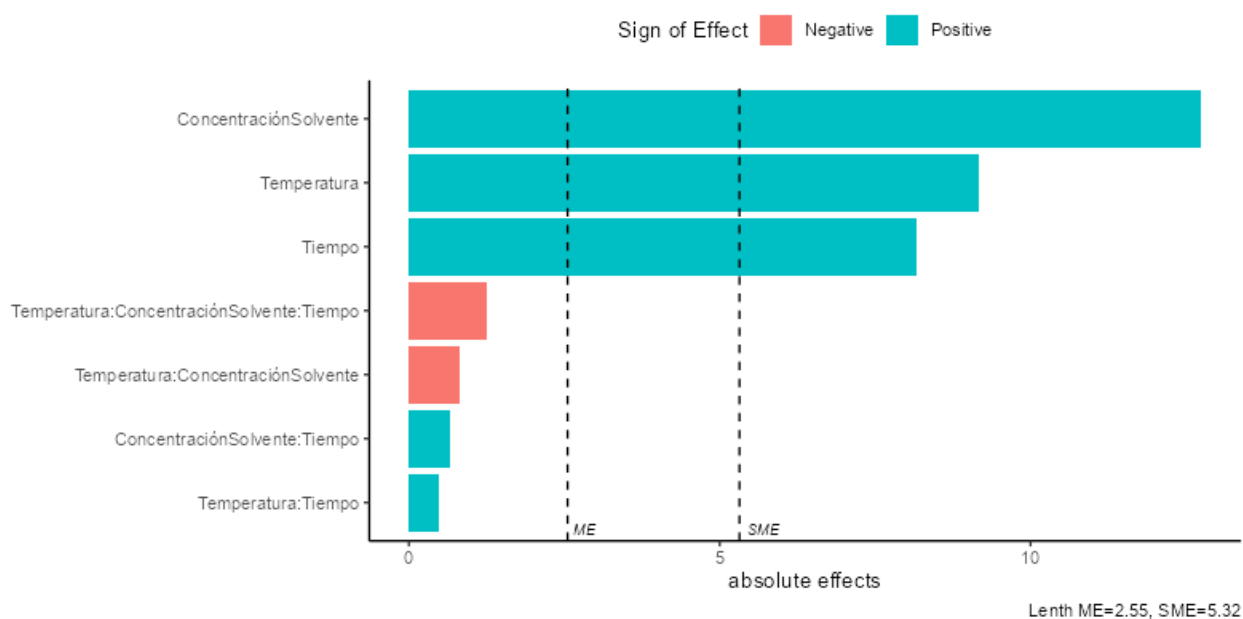
El factor temperatura (A) también mostró un efecto significativo (estimación = 4.578), indicando que el incremento de la temperatura facilita la liberación de antocianinas al aumentar la permeabilidad de las paredes celulares y mejorar la difusión del pigmento hacia el solvente. De acuerdo con Saavedra (2023), el control de la temperatura en procesos de extracción es crítico, ya que permite maximizar la eficiencia sin comprometer la estabilidad de las antocianinas, que son sensibles al calor.

Asimismo, el tiempo de extracción (C) presentó un efecto significativo (estimación = 4.087), lo que evidencia que un mayor tiempo de contacto entre el solvente y la muestra permite una mayor transferencia de antocianinas desde el tejido vegetal hacia el medio de extracción. Sin embargo, tiempos excesivos podrían inducir degradación del pigmento, por lo que resulta necesario equilibrar la duración de la extracción con la temperatura aplicada. Esto coincide con lo observado por Florindez (2023), quien destaca que el tiempo de extracción es un factor determinante para obtener altos rendimientos de pigmentos naturales sin afectar su integridad química.

En contraste, las interacciones dobles (AB, AC y BC) no mostraron efectos estadísticamente significativos ($p > 0.05$), indicando que la combinación de estos factores no genera un efecto adicional sobre la concentración de antocianinas bajo las condiciones evaluadas. Esto sugiere que, dentro de los niveles de estudio, cada factor ejerce su influencia de manera independiente, y las interacciones no son determinantes para el rendimiento de extracción. La ausencia de efecto significativo en las interacciones dobles concuerda con la figura de Pareto, donde se observa que los factores individuales predominan sobre las combinaciones de dos variables.

Figura 9

Pareto para contenido de antocianinas



Nota: La Figura 9 muestra un gráfico de Pareto que representa los efectos absolutos de los factores y sus interacciones en la concentración de antocianinas extraídas del camote morado (*Ipomoea batatas*). Este gráfico complementa y confirma los resultados estadísticos presentados en la Tabla 7, permitiendo evidenciar la magnitud y la dirección del efecto de cada variable sobre el contenido del pigmento.

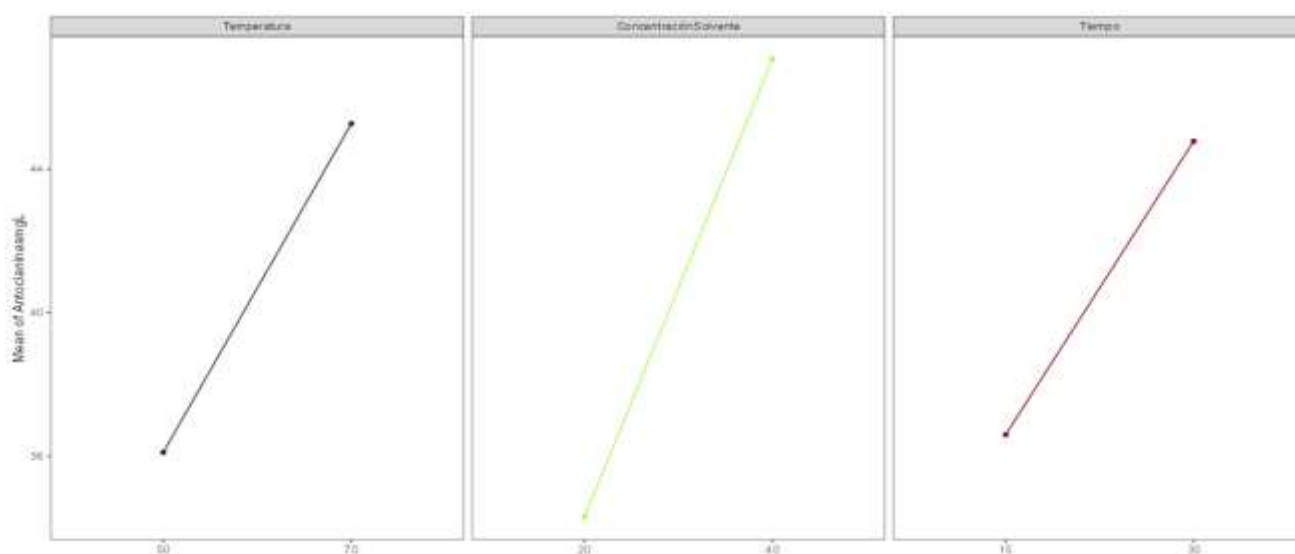
En primer lugar, se observa que la concentración del solvente es el factor que ejerce el mayor efecto positivo en la extracción de antocianinas, lo cual se evidencia en la barra de mayor longitud del gráfico, que supera claramente el límite de significancia indicado por la línea discontinua SME (Smallest Meaningful Effect). Este resultado coincide con el análisis estadístico, donde el factor solvente presentó el valor de *estimate* más elevado (6.374) y un valor de *t* altamente significativo (23.027; $p < 0.001$), lo que confirma que la variación en la concentración de etanol es determinante para maximizar la recuperación de antocianinas. Este comportamiento puede explicarse por la polaridad del solvente y su capacidad para disolver estos compuestos fenólicos, tal como señalan Castañeda y Vásquez.

El segundo factor con mayor efecto positivo corresponde a la temperatura, seguido del tiempo de extracción; ambos presentan efectos significativos que superan el límite mínimo de efecto significativo (ME) y se representan con barras largas y positivas en el gráfico de Pareto. Esto indica que el incremento de la temperatura favorece la liberación y difusión de las antocianinas, mientras que el aumento del tiempo permite un mayor contacto entre el solvente y el tejido vegetal, lo que incrementa la eficiencia de la extracción. Estos resultados coinciden con las conclusiones del análisis estadístico, en el que ambos factores mostraron valores de *t* significativos y estimaciones positivas (temperatura = 4.578; tiempo = 4.087). Asimismo, concuerdan con lo reportado por Saavedra y Florindez, quienes destacan la importancia de estas variables en la eficiencia y estabilidad del proceso de extracción.

En contraste, las interacciones —tanto dobles como la triple— presentan efectos considerablemente menores y, en algunos casos, negativos (representados en rojo), ubicándose por debajo del límite de significancia estadística SME. En particular, la interacción triple entre temperatura, solvente y tiempo muestra un efecto negativo, lo que sugiere que la combinación simultánea de estos tres factores no contribuye de manera significativa a incrementar la concentración de antocianinas e incluso podría afectar ligeramente el proceso de extracción. No obstante, según los datos de la Tabla 7, dichas interacciones no resultaron estadísticamente significativas. Esto indica que, dentro del rango experimental evaluado, cada factor influye principalmente de manera independiente.

Figura 10

Efectos individuales para contenido de antocianinas



Nota: En la Figura 10, se aprecia que para el Factor etanol (A) hay diferencias estadísticas en la respuesta a antocianinas con el nivel a_1 (40%), superando estadísticamente al nivel a_0 (20%) con un promedio de 47.06 mg/L, respecto al nivel a_0 (20%) con un promedio de 34.30 mg/L respectivamente, con respecto al factor temperatura (B) observamos que con el nivel b_1 (70°C) con rendimiento de 45.26 mg/L, supera estadísticamente al nivel b_0 (30°C) en rendimiento que se obtuvo solamente 36.11 mg/L respectivamente, así como también se aprecia

que con el nivel c_1 (30 minutos) se obtuvo un rendimiento de antocianinas de 44.77 mg/L, superando estadísticamente al nivel c_0 (15 minutos) cuyo rendimiento fue de 36.59 mg/L.

- Respecto al solvente

Siendo el resultado similar a lo encontrado por Torres (2013), quien extrajo antocianinas del camote morado, utilizando como disolvente el metanol, etanol a diferentes concentraciones, encontrando que el etanol al 80% proporcionó mayor rendimiento de antocianinas totales del camote con 1% de ácido málico, con su máxima extracción a los 60 minutos a una temperatura de 60 °C. Asimismo, Sánchez (2019) en su investigación utilizó el solvente de etanol al 75% obteniendo 348.2 mg/100g de antocianinas, cabe mencionar que el volumen del etanol utilizado indica que mejora mínimamente la extracción de antocianinas cuando existe 75 ml de etanol en 100 ml de solvente. Además, Montoya (2025) en su investigación utilizó el etanol al 40% para extraer el contenido de antocianinas de los pétalos de rosa obteniendo 488,04 ml/L de antocianinas.

Al analizar los resultados encontrados en esta investigación en cuanto a la concentración del solvente utilizado, el etanol juega un papel crucial en la eficiencia de la extracción de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*), ya que este es un compuesto fenólico soluble en solventes polares. Según el estudio realizado se evidencia que con una concentración del 40% es donde se obtuvo mayor cantidad de antocianinas, esto se debe a que las antocianinas son compuestos polares, por lo que requieren un solvente polar para su extracción eficiente Álvarez (2016).

Se obtuvo más antocianinas con la mayor concentración del solvente utilizado, indicando que esa es la condición óptima, cabe mencionar que concentraciones altas de etanol (>80%) es menos efectiva para extraer antocianinas debido a la disminución en la solubilidad de compuestos muy polares, ya que se debe a la desnaturalización de las estructuras celulares, lo cual puede dificultar la liberación de antocianinas Sánchez & Vargas (2023).

- Respecto a la temperatura

Resultados similares obtuvo Montoya (2025) puesto que en su estudio utilizó dos temperaturas de extracción de (70 °C y 50 °C) encontrando que a 70 °C extrajo mayor cantidad de antocianinas.

Por el contrario, Rafael y Castro (2023), en su investigación obtuvieron mayor concentración de antocianinas totales a una temperatura de 50 °C. A su vez Torres (2013) extrajo mayor cantidad de antocianinas a una temperatura de 60 °C.

Sin embargo, Fernández y Puma (2021), según su investigación indicaron que la condición óptima para extraer antocianinas es utilizando una temperatura de 30 °C, asimismo llegaron a la conclusión que al disminuir o aumentar esa temperatura puede disminuir la extracción de antocianinas. Por otra parte, Canahualpa y Solano (2018), en su estudio se trabajó con temperaturas de (20°C a 60°C), donde la optimización del modelo mostró que las condiciones de extracción óptima fue la temperatura de 37.769 °C, el cual presentó los mayores contenidos de antocianinas, alcanzando 170.36 mg.

Según los hallazgos encontrados indican que se obtuvo mayor cantidad de antocianinas utilizando una temperatura de 70°C, puesto que influye significativamente en la extracción de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*), ya que estas son compuestos fenólicos sensibles al calor, afectando tanto la eficiencia de extracción como la estabilidad de estos compuestos (Davalos, 2019).

Según estudios realizados indican que a mayor temperatura utilizada para la extracción de antocianinas mayor será la obtención de estas, debido a que la temperatura acelera la difusión de los compuestos desde las células vegetales hacia el solvente. Asimismo, el calor facilita la disrupción de las paredes celulares del camote, liberando mejor los compuestos fenólicos, incluidas las antocianinas. Además, al trabajar a temperaturas moderadamente altas como 70 °C, se puede reducir el tiempo necesario para lograr una extracción eficiente; al aumentar la

temperatura en este rango ayuda a romper las paredes celulares del tejido vegetal, facilitando la liberación de las antocianinas (Dyankova & Doneva, 2016).

- Respecto al tiempo

Siendo similar a los resultados encontrados por Montoya (2025), el cual utilizó dos tiempos (30 y 15 minutos) para la extracción de antocianinas de pétalos de *Rosa* spp, encontrando el mejor tratamiento en 30 minutos. En contraste Torres (2013), en su investigación encontró que, a mayor rendimiento de antocianinas totales del camote morado, su máxima extracción fue de 60 minutos. De igual manera Davalos (2019), empleo un tiempo de 180 minutos para extraer la mayor cantidad de antocianinas alcanzando 170.36 mg cianidina 3- glucósido /100g. De igual manera Canahualpa y Solano (2018), utilizaron tiempos de 180 a 300 minutos el cual presentó los mayores contenidos de antocianinas, alcanzando 170.36 mg.

En tal sentido, al analizar estos resultados, son similares con algunos autores y difieren con otros debido a que los estudios han sido aplicados en diferentes métodos de extracción y cantidades de muestra. En la presente investigación se evidencia que se obtuvo mayor cantidad de antocianinas utilizando un tiempo de 30 minutos a baño maría. Según varios estudios indican que este tiempo es adecuado bajo ciertas condiciones como la temperatura y el solvente. Teniendo en cuenta que el tiempo influye de forma directa en la eficiencia de extracción de antocianinas del camote morado (*Ipomoea batatas*) (Davalos, 2019).

Las antocianinas son solubles en solventes polares como el etanol con un tiempo de extracción de 30 minutos suele ser suficiente para romper las estructuras celulares del camote y liberar la mayor parte de las antocianinas sin que sea necesario prolongar el proceso. Es por ello que un tiempo adecuado permite que las antocianinas tengan más tiempo para migrar de las células vegetales al disolvente Valero (2021).

Por otra parte, estudios científicos han demostrado que la mayoría de las antocianinas se extraen en los primeros 20-40 minutos, y extender más el tiempo no siempre mejora el

rendimiento significativamente. Por lo tanto, un tiempo de 30 minutos es importante porque permite obtener una alta concentración de antocianinas, evitando su degradación, reduciendo costos y haciendo eficiente el proceso de extracción Sánchez (2019).

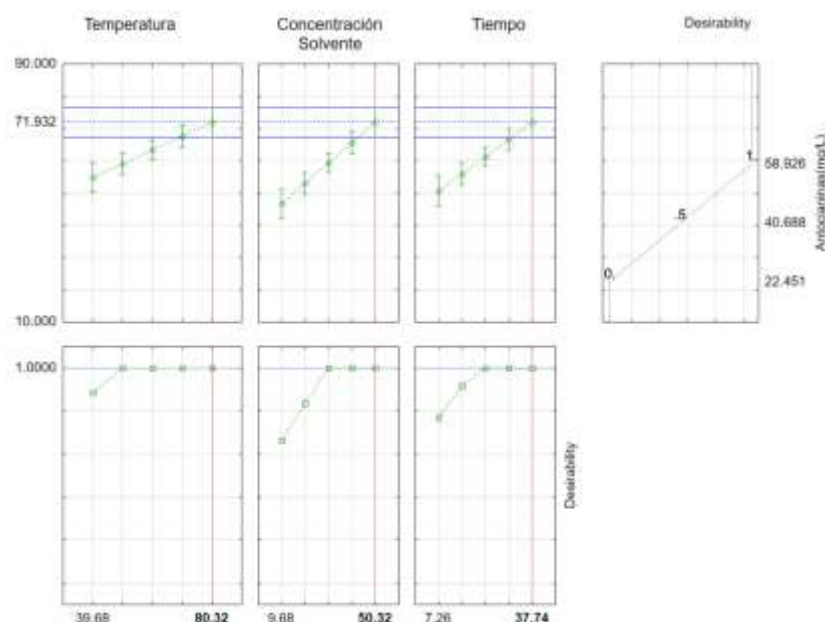
En general se aprecia que con los niveles con valores más altos (a_1 , b_1 y c_1) se obtuvo los mayores rendimientos de antocianinas en camote.

La interacción de segundo grado: $A*B*C$ resulto significativa al 5% de probabilidades, esto nos indica que, los factores estudiados no actúan independientemente, que la respuesta o el efecto producido por uno de los niveles de un factor sobre la variable de estudio se modifica con la presencia de un nivel del otro factor. Podemos decir entonces que, para obtener el producto deseado se necesita la interacción simultánea de los niveles de los tres factores en estudio (Etanol, temperatura y tiempo).

4.2. Optimización.

Figura 11

Optimización



Nota: En la figura 11 muestra la optimización de las variables de proceso temperatura, concentración de solvente y tiempo de extracción para maximizar la concentración de antocianinas extraídas del camote morado (*Ipomoea batatas*), teniendo como valor optimo una

temperatura de 80.32° C, 50.32% de concentración de solvente y un tiempo de 37.74 minutos, en concordancia con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Tabla 7) y el gráfico de Pareto (Figura 8).

En el primer grupo de gráficos, la concentración de antocianinas (mg/L) aumenta claramente conforme se incrementan los niveles de los tres factores evaluados. La temperatura alcanza un valor óptimo cercano a 80 °C, donde la concentración de antocianinas se aproxima a los 72 mg/L, indicando que temperaturas elevadas dentro del rango estudiado favorecen la extracción. Esto es consistente con los efectos significativos y positivos encontrados para la temperatura en el ANOVA, y con la literatura que destaca que el aumento térmico mejora la solubilidad y difusión de los pigmentos sin afectar significativamente su estabilidad cuando se controla adecuadamente Saavedra (2023).

Para la concentración del solvente, el máximo rendimiento se observa cerca de un 50 % de etanol, donde la concentración de antocianinas extraídas alcanza un valor cercano al máximo teórico, alineándose con la estimación más alta del solvente en la Tabla 7 y el fuerte efecto positivo mostrado en el Pareto. Este comportamiento se explica porque la mezcla de agua y etanol en esta proporción ofrece una polaridad óptima para disolver antocianinas, un compuesto fenólico polar, como indican Castañeda y Vásquez (2018).

En cuanto al tiempo de extracción, el gráfico indica que un tiempo cercano a 38 minutos optimiza la extracción, alcanzando la concentración máxima de antocianinas. Este resultado es coherente con el efecto significativo del tiempo observado en el ANOVA y evidencia que un mayor contacto entre solvente y muestra mejora la transferencia de pigmentos sin provocar degradación importante, tal como lo señala Florindez (2023).

En la figura del grafico de deseabilidad (desirability) confirma que las condiciones óptimas combinadas de temperatura (~80 °C), concentración de solvente (~50 %), y tiempo

(~38 min) permiten maximizar la extracción de antocianinas, con un valor de deseabilidad cercano a 1, lo que indica una solución altamente favorable dentro del rango experimental.

Estos resultados de optimización validan la independencia de los factores observada en la Tabla 7 y Figura 8, donde las interacciones no mostraron efectos significativos, sugiriendo que la mejora del rendimiento puede lograrse ajustando individualmente cada variable. Además, la optimización confirma que los niveles más altos de temperatura y tiempo dentro del rango probado, junto con una concentración intermedia-alta de solvente, constituyen las condiciones ideales para obtener la mayor concentración de antocianinas del camote morado.

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La concentración del solvente analizado (20% y 40%) presentó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en la concentración de antocianinas extraídas del camote morado, lo que demuestra que la proporción del solvente influye de manera decisiva en la eficiencia del proceso de extracción.
- La temperatura de extracción analizada (50 °C y 70 °C) mostró un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en la concentración de antocianinas extraídas del camote morado. Este resultado sugiere que el aumento de la temperatura mejora la eficiencia del proceso de extracción, ya que incrementa la velocidad de difusión de los compuestos fenólicos hacia el solvente.
- El tiempo de extracción analizado (15 y 30 minutos) mostró un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en la concentración de antocianinas obtenidas del camote morado. Este resultado sugiere que el aumento del tiempo de contacto entre el solvente y la matriz vegetal favorece la transferencia de las antocianinas hacia el medio de extracción.
- El promedio del contenido de antocianinas fue de 40.68 mg/L, teniendo como condición óptima la concentración del solvente etanol al 40% en cuanto a la temperatura óptima de 70°C y un tiempo de 30 minutos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar una concentración de etanol cercana al 40 % para la extracción de antocianinas del camote morado, ya que este valor favorece una mayor eficiencia en la recuperación del pigmento sin afectar su estabilidad.
- Para maximizar la concentración de antocianinas, se aconseja realizar la extracción a una temperatura de 70 °C, lo cual mejora la solubilidad y difusión del pigmento, siempre cuidando no exceder para evitar su posible degradación.
- El tiempo óptimo de extracción recomendado es de 30 minutos, permitiendo un contacto suficiente entre el solvente y el tejido vegetal para maximizar la recuperación de antocianinas sin inducir pérdida por degradación térmica o química.
- Debido a que concentración del solvente, temperatura y tiempo tienen efectos significativos e independientes, se sugiere controlar rigurosamente cada uno de estos parámetros para mantener la reproducibilidad y calidad en la extracción.

CAPITULO VI

VI. BIBLIOGRAFIA

- Almeida, J. (2012). *Extracción y caracterización del colorante natural del maíz negro (Zea mays L.) y determinación de actividad antioxidante*. [Tesis Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4732/1/CD-4367.pdf>
- Alvarez, E. (2016). *Extracción de antocianinas y actividad antioxidante del ipomoea batatas l. Lam camote morado* [Tesis Pregrado, Universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/4943/1/Tesis_Extracci%C3%B3n_Antioxidante_Camote.pdf
- Blass, J. (2020). *Historia Del Camote morado*. <https://es.scribd.com/doc/316043796/Historia-Del-Camote>
- Canahualpa, & Solano. (2018). *Estudio de la cinética de secado y degradación de las antocianinas y vitamina c de la mashua negra (Tropaeolum tuberosum)* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4369/Canahualpa%20C-%20Solano%20G.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castañeda, L., & Vásquez, C. (2018). *Determinación del contenido de antocianinas totales del camote morado (Ipomoea batatas l.), provenientes de Virú y Chiclayo, 2017*. [Tesis Pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/909/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castrejón. (2024). *Mashua negra, propiedades y beneficios*. Web consultas. <https://www.webconsultas.com/curiosidades/mashua-negra-propiedades-del-anticancerigeno-andino>

- Catarina. (2020). *Extracción de la antocianina*.
https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/quintero_h_cm/capitulo6.pdf
- Centro Internacional de la papa. (2018). *El Camote y la Nutrición*. CIP.
<https://cipotato.org/es/sweetpotato/nutrition/>
- Davalos. (2019). *Determinación de parámetros óptimos de extracción de antocianinas en mashua negra (tropaeolum tuberosum) y evaluación de la actividad antioxidante y polifenoles totales*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac facultad de Ingeniería].
https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/829/T_0520.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dyankova, S., & Doneva, M. (2016). Extracción y caracterización de colorantes antociánicos de origen vegetal. *Agricultural Science and Technology*, 8, 85-89.
<https://doi.org/10.15547/ast.2016.01.015>
- Espinoza. (2023). *Mejoramiento del servicio de la información para la gestión de la diversidad biológica (flora y fauna) en la Región Ayacucho*. Ministerio de Agricultura y Riego.
<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/Monitoreo%20de%20Diversidad%20Gen%C3%A9tica%20de%20la%20papa%20en%20la%20sierra%20de%20Ayacucho%202023.pdf>
- Fernandez, & Puma. (2021). *Comparación de la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas en el extracto fermentado de tropaeolum tuberosum (mashua) frente a los extractos fermentados de zea mays l. (Maiz morado) y vaccinium corymbosum l. (Arándano)*. [Tesis Pregrado, Universidad Católica de Santa María].
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fb65bd02-8a20-4a44-a966-d96687e2bd35/content>

- Florindez, G. (2023). *Obtención del extracto y su rendimiento de antocianinas en el camote morado cip 441700 (ipomoea batatas) utilizando tres disolventes diferentes de extracción*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5826/TESIS%20GHICELY%20ESMILA%20FLOR%c3%8dNDEZ%20CH%c3%81VEZ%20%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- Hernández R, Fernández C, & Baptista P. (2018). *Metodología de la Investigación* (6ta edición). Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Huamán, Z. (1992). *Botánica sistemática y Morfología de la planta de Batata y Camote*. Centro Internacional de la papa. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABN095.pdf
- Mejía, D. (2016). *Extracción y cuantificación de antocianinas en frambuesa (Rubus idaeus L.) a diferentes temperat2.pdf* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1725/Extracci%c3%b3n%20y%20cuantificaci%c3%b3n%20de%20antocianinas%20en%20frambuesa%20%28Rubus%20idaeus%20L.%29%20a%20diferentes%20temperat2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, A. (2010). *Metanol*. <https://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/metanol>
- MIDAGRI. (2022). *Ministerio de Desarrollo Agrario y riego*. MIDAGRI. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/mensual/Agro/2022/Agro_en_cifras_09_2022.pdf

- Montoya, S. (2022). *Determinación del contenido de antocianinas en pétalos de rosas spp. Variedad «freedom», en tres etapas de floración, utilizando dos solventes, dos tiempos y dos temperaturas de extracción.* [Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5236/TESIS%20SEGUNDO%20WALTER%20MONTROYA%20VIERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nicaragua. (2004). *Cadena Agroindustrial Etanol.*
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7360/BVE19039636e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ocampo. (2022). Viceministerio de políticas y supervisión del desarrollo agrario. 2022, 169.
- Peña, D., Arroyo, B., Gómez, P., & Tapia, I. (2004). *Bioquímica* (2.^a ed., Vol. 121). Editorial Limusa.
<https://books.google.com.pe/books?id=EFUP472dyEMC&pg=PA53&dq=agua+como+solvente&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwillJKA3Z3UAhUTxCYKHebsCNwQ6AEII DAA#v=onepage&q=agua%20como%20solvente&f=false>
- Saavedra, R. (2023). *Extracción de antocianinas a partir de la cáscara de camote (Ipomoea batatas (L.) Lam.) y su aplicación como colorante natural en yogur* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Piura].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_2c7900abd04574a7bff80c7364835d39/Description#tabnav
- Sanchez. (2019). *Contenido de antocianinas y actividad antioxidante in vitro de Hibiscus sabdariffa L. (Flor de jamaica) procedente de Huaura-Huacho.*
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40383/S%c3%a1nchez_GJV.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Sánchez, & Vargas. (2023). Extracción y cuantificación de Antocianinas de maíz morado (zea mays L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción.

- Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 47-80.
<https://doi.org/10.38186/difcie.58.04>
- Torres, A. (2013). *Extracción de antocianinas de termoestables del camote morado (Ipomoea batata (L.) Lam) y su aplicación como biocolorante en alimento*. T [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO].
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2013/marzo/0689917/0689917.pdf>
- Ullauri, P. (2010). *Transporte de masa en extracción fase sólido-líquido*.
<https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-estudios-superiores-de-zamora/fenomenos/2010-ullauri-transporte-de-masa-en-extraccion-fase-solido-liquido/36165139>
- Valero, I. (2021). *Evaluación del efecto de la amplitud, tiempo y solvente en la extracción de antocianinas de Ipomoea batatas L. Asistido por ultrasonido* [Tesis Posgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6841/T010_41208260_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vega, G. (2022). *Etiquetas limpias y transparentes: ¿cómo aplicarlo para desarrollar productos más saludables?* The food tech. <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/etiquetas-limpias-y-transparentes-como-aplicarlo-para-desarrollar-productos-mas-saludables/>
- Xóchitl F. de la Rosa Reyna, X., García León, I., Hernández Mendoza, J., Morales Baquera, J., Quiroz Velásquez, J. D. C., F. de la Rosa Reyna, X., García León, I., Hernández Mendoza, J., Morales Baquera, J., & Quiroz Velásquez, J. D. C. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 1-9. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1>

Yañez, V. (2021). *Aislamiento y caracterización de marcadores moleculares Microsatélites a partir de la construcción de librerías Genómicas enriquecidas de camote(Ipomoea Batatas)* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de San Marcos].
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/Ya%C3%B1ez_A_V/antece.pdf

CAPITULO VII

VII. ANEXOS

7.1. ANEXO I

7.1.1. Supuestos:

1.1. Normalidad

- Hipótesis:

H_0 : Las observaciones se distribuyen normalmente

H_a : Las observaciones no se distribuyen normalmente

- Estadístico:

$$\text{Shapiro-Wilk (Wc): } = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} < W_{0.95, n}, \text{ Tabular: Se acepta la } H_0 :$$

1.2. Homogeneidad de varianzas

- Hipótesis:

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_9^2$

H_a : Al menos una σ_i^2 es diferente

- Estadístico:

F_{MAX} de Hartley

$$F_{MAX} = \frac{\sigma_{Mayot}^2}{\sigma_{Menor}^2} < F_{MAX(0.95, 9, n)} \text{ Se acepta la } H_0 :$$

1.3. Independencia de errores

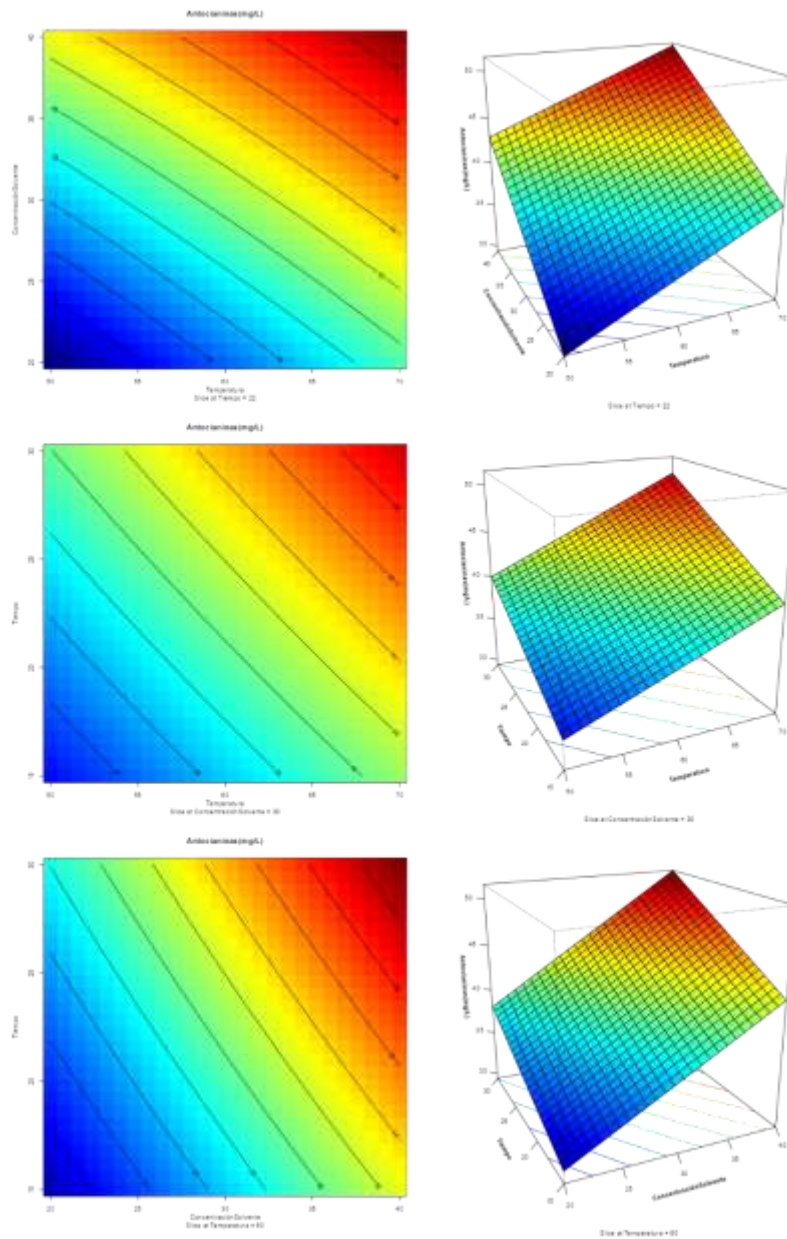
H_0 : Los ε_{ij} errores no están auto correlacionados

H_a : Los ε_{ij} están auto correlacionados

7.2. Superficies

Figura 12

Superficie de respuesta estimada para contenido de antocianinas

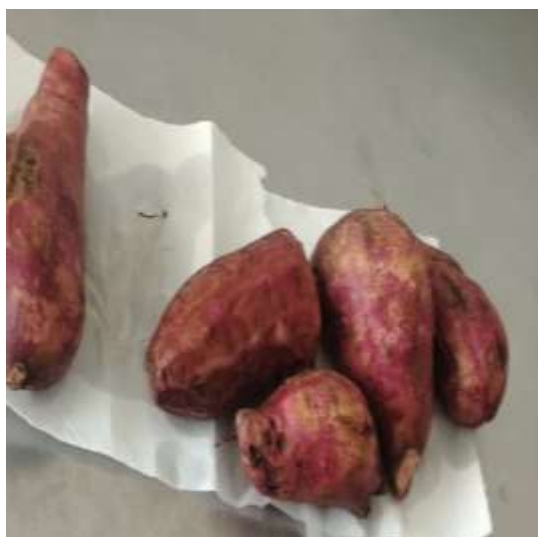


Nota: en la figura 12 se muestran las superficies estimadas para las antocianinas de camote morado (*Ipomoea batatas*).

7.3. ANEXO II

Materia prima, materiales, reactivos, equipos, proceso de extracción, lectura y concentración de antocianinas

Figura 13
Recepcion de Materia Prima



Nota: En la figura se observa la recepción del camote morado “Ipomea Batatas”

Figura 14

Lavado



Nota: En la figura se observa el lavado del camote con la finalidad de eliminar impurezas.

Figura 15

Desinfección



Nota: En la figura se observa el lavado del camote con la finalidad de eliminar impurezas.

Figura 17

Secado y Pelado



Figura 16

Camote pelado



Nota: En las figuras se observa el pelado del camote para que de esa manera poder realizar la extracción de antocianinas posteriormente.

Figura 18

Pesado



Nota: En la figura se observa el pesado de las muestras cada tratamiento con su repetición respectiva.

Figura 19

Rotulado



Nota: En la figura se observa el rotulado de las muestras para posteriormente realizar el licuado.

Figura 20

Licuada



Nota: En la figura se observa el licuado del camote junto con el solvente al 20 y 40%.

Figura 21

Extracción



Nota: Se observa la extracción de antocianinas con la ayuda de baño maría a temperaturas 50 y 70°C.

Figura 22

Filtrado



Nota: En la figura se observa el filtrado para separar la parte solida de la líquida.

Figura 23

Centrifugado



Nota: En la figura se observa el centrifugado a 5000 rpm x 20 minutos en un tubo de ensayo de 5ml con la finalidad de purificar el extracto.

Figura 24

Dilución



Nota: En la figura se observa la dilución junto a los buffers acetato de sodio pH 4.5 y cloruro de potasio pH 1.

Figura 25

Celda de lectura



Nota: En la figura se observa la celda de 1cm que va a ser utilizada para medir la absorbancia en el espectrofotómetro Genesys 6.

Figura 26

Espectrofotómetro



Nota: En la figura se observa el espectrofotómetro ya preparado para la medición de la concentración de antocianinas a 520 y 700 nm.

Figura 27

Lectura en el espectrofotómetro



Nota: En la figura se observa la medición de absorbancia ya realizada a 520 nm