



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE QUÍMICA



TESIS

Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del
mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero (a) Químico (a)

Autores:

Bachiller. Sánchez Mondragón Sheila Margot

Bachiller. Vásquez Vásquez Josué Leonardo

Asesor:

M.Sc. Rubén Darío Sachún García - ORCID 0000-0003-1882-4617

LAMBAYEQUE – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE QUÍMICA

TESIS

Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del
mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero (a) Químico (a)

Autores:

Bachiller. Sánchez Mondragón Sheila Margot

Bachiller. Vásquez Vásquez Josué Leonardo

APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Dr. Carlos Reinerio Arce Cruzado

Presidente

M.Sc. James Jenner Guerrero Braco

Secretario

Ing. Gerardo Santamaría Baldera

Vocal

M.Sc. Rubén Darío Sachún García

Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2023

Siendo la 1:30 pm del día martes 18 de julio del 2023, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: ***"Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022."***, designados por Res. N°325-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 22 de setiembre del 2022 y aprobada con Res. N°376-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 04 de noviembre del 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dr. Carlos Reinerio Arce Cruzado – Presidente
- M.Sc. James Jenner Guerrero Braco – Secretario
- Ing. Gerardo Santamaria Baldera – Vocal.

La tesis fue asesorada por el M.Sc. Ruben Dario Sachun Garcia, nombrado por Res. N°231-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 15 de julio del 2022. El acto de sustentación autorizado Res. N°181-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 12 de julio del 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por la (el) (las) Bachilleres: **VÁSQUEZ VÁSQUEZ JOSUÉ LEONARDO y SÁNCHEZ MONDRAGÓN SHEILA MARGOT**; y tuvo una duración de 40 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 18. (.....Dieciocho.....) en la escala vigesimal, mención Muy Bueno

Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de INGENIERO (A) QUIMICO (A) de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 14:30 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

Presidente

Dr. CARLOS REINERIO ARCE CRUZADO

Vocal

ING. GERARDO SANTAMARIA BALDERA

Secretario

M.Sc. JAMES JENNER GUERRERO BRACO

Asesor

M.Sc. RUBEN DARIO SACHUN GARCIA

Scanned with
MOBILE SCANNER

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Rubén Darío Sachún García usuario revisor de la Tesis titulada:
“Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del
mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022”.

Cuyo autor (es) son:

1.- Bach. Sánchez Mondragón Sheila Margot

2.- Bach. Vásquez Vásquez Josué Leonardo;

Identificados con documentos de identidad: DNI 74888918 y DNI 74145268 respectivamente; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 14%, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 6 de Junio del 2023



.....
Firma (Asesor)

Nombres y Apellidos: Rubén Darío Sachún García
DNI: 16563325

Se Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo digital




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Sheila Margot Sánchez Mondragón
Título del ejercicio:	Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de ...
Título de la entrega:	Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de ...
Nombre del archivo:	INFORME_DE_TESIS._SHEYLA_Y_JOSUE._Final_1_3.docx
Tamaño del archivo:	7.91M
Total páginas:	93
Total de palabras:	14,376
Total de caracteres:	82,106
Fecha de entrega:	03-abr.-2023 10:49a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2054712610



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE QUÍMICA




"Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022".

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:
Bachiller. Sánchez Mondragón Sheila Margot
Bachiller. Vásquez Vásquez Josué Leonardo

ASESOR:
Sc. Rubén Darío Sachún García



LAMBAYEQUE – PERÚ
2023



**ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR)**

Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022”.

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

4

opac.pucv.cl

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Hermilio
Valdizan

Trabajo del estudiante

<1%

ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR) VI

9

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

Duenas Zurita, Julia Alicia. "Optimizacion de las condiciones de extraccion de compuestos fenolicos a partir de cascara de uva variedad quebranta (Ica, Peru) empleando tecnicas convencionales y extraccion asistida por ultrasonido", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021

Publicación

<1 %

11

revistas.udca.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

13

buscador.una.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to Universidad de Guayaquil

Trabajo del estudiante

<1 %

15

repositorio.uct.edu.pe

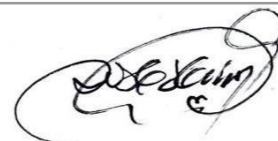
Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Liverpool John Moores University

Trabajo del estudiante



ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR)

<1 %

17

revistacta.agrosavia.co

Fuente de Internet

<1
VII

18	Catalina Leos-Rivas, Catalina Rivas-Morales, David Gilberto García-Hernández. "Actividad antioxidante y toxicidad", Omnia Publisher SL, 2016 Publicación	<1 %
19	renatiga.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Newcastle College Group Trabajo del estudiante	<1 %
24	revistas.unicauca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	web.cnqfcolombia.org Fuente de Internet	<1 %
27	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1

ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR)

28	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Privada Boliviana Trabajo del estudiante	<1 %
30	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.comillas.edu Fuente de Internet	<1 %
32	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
33	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
34	Astrid Salinas-Flores, Alexandro Guevara-Aguilar, Ever Adrián Natividad-Torres, Ramiro Baeza-Jiménez et al. "Efecto de las condiciones de extracción sobre la capacidad antioxidante de compuestos fenólicos de cáscara de granada", Mexican journal of biotechnology, 2019 Publicación	<1 %
35	Chonghui Yue, Yu Tang, Weiwei Qi, Yingyu Zhao, Pengfei Liu, Jia Hu, Liqia Song, Denglin Luo. "Influences of Na ₂ CO ₃ , NaHCO ₃ , K ₂ CO ₃ on the rheological, water distribution, and microstructural properties of 5% long-chain	<1 %



ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR)

inulin dough and quality of steamed bread",

LWT, 2023

Publicación

36

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

38

Submitted to Ministerio de Defensa -
Dirección General de Reclutamiento y

Enseñanza Militar

Trabajo del estudiante

<1 %

39

Rostagno, Mauricio Ariel. "New methods for
the determination of isoflavones from soy
and derived foods", Proquest, 20111109

Publicación

<1 %

40

~~Submitted to Universidad Nacional del Centro
del Peru~~

Trabajo del estudiante

<1 %

41

Ziba Parsa, Sahar Roozbehi, Mehdi
Hosseinfarahi, Mohsen Radi, Sedigheh Amiri.
" Integration of pomegranate peel extract
(PPE) with calcium sulphate (CaSO): A friendly
treatment for extending shelf—life and
maintaining postharvest quality of sweet
cherry fruit ", Journal of Food Processing and
Preservation, 2020

Publicación

<1 %

ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA (ASESOR)

42	Submitted to 84752 Trabajo del estudiante	<1 %
43	Submitted to Universidad Tecnologica de Honduras Trabajo del estudiante	<1 %
44	bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080 Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	1library.co Fuente de Internet	<1 %
49	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
50	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
51	downloads.editoracientifica.org Fuente de Internet	<1 %
52	riunet.upv.es Fuente de Internet	 ING RUBEN DARIO SACHUN GARCIA (ASESOR) <1

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo



ING RUBEN DARIO SACHUN
GARCIA(ASESOR).

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios, por darnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para poder culminar satisfactoriamente nuestro trabajo de tesis.

A nuestro asesor M.Sc. Rubén Darío Sachún García, por habernos brindado su sabiduría y motivación durante el desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

A toda la plana docente que formaron parte de nuestra etapa universitaria, que siempre nos brindaron conocimiento y un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo.

A nuestras familias, padres y hermanos porque ellos nos dieron su tiempo y el aliento para seguir adelante.

DEDICATORIA

A Jehová Dios, por protegernos y darnos las fuerzas para superar los obstáculos que como jóvenes enfrentamos durante toda nuestra vida.

A nuestras queridas madres:

Teodocia Mondragón Suárez y Aly Marilyn Vásquez Ñañez. Por darnos todo el apoyo incondicional en todo momento de nuestras vidas, por sus consejos, su ejemplo de salir adelante a pesar de las adversidades y por la motivación constante que nos han permitido ser unas personas de bien, pero más que nada por su amor.

A nuestros queridos padres:

Manuel Augusto Sánchez Lazo y Celso Vásquez Hurtado, por ser unos excelentes padres, los cuales no solo nos ofrecen la ayuda económica para nuestra formación académica sino también por sus sabios consejos y experiencias que nos brindan día tras días.

A Franz Junior Santa Cruz Quipe, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por su amor y por haber estado allí apoyándome incondicionalmente día tras día.

De manera particular a nuestro asesor el estimado M.Sc. Rubén Darío Sachún García por todo el ánimo y apoyo brindado y por último a los catedráticos de nuestra amada facultad por sus buenas enseñanzas.

RESUMEN

Este estudio tuvo como fin extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque Chiclayo 2022. En la que se desarrolló el método de extracción de ultrasonido, asimismo, para obtener la cantidad de fenoles se consideró el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu considerando una muestra de un kilo de manzana, se empleó como técnica la observación. Como resultados se obtuvo que el pre tratamiento del residuo consistió de los procesos de lavado, pelado, secado y molienda obteniendo una muestra de 39.2403 gramos. Para realizar el procedimiento experimental se empleó 8 muestras considerando dos etapas (1:10 y 1:5) y como material de referencia al ácido gálico con el que se obtuvo la ecuación patrón, se realizó tres pruebas de extracción. Se determinó como solvente químico con mayor eficacia en la extracción al metanol y el de menor, la acetona. Concluyendo que se pudo extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque siendo entre 4.95 mg/g de extracto seco hasta 28.86 mg/g de extracto seco considerando varios solventes como agua, metanol, etanol y acetona con dos etapas de extracción.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, manzana, solvente, extracción.

ABSTRACT

The purpose of this study was to extract phenolic compounds from the apple residue of the Moshoque Chiclayo 2022 market. In which the ultrasound extraction method was developed, likewise, to obtain the number of phenols, the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method was considered considering a sample of one kilo of apple, observation was used as a technique. As results, it was obtained that the pre-treatment of the residue consisted of the processes of washing, peeling, drying and grinding, obtaining a sample of 39.2403 grams. To carry out the experimental procedure, 8 samples were used considering two stages (1:10 and 1:5) and as reference material to gallic acid with which the standard equation was obtained, three extraction tests were carried out. Methanol was determined as the most efficient chemical solvent in the extraction, and acetone as the least efficient. Concluding that phenolic compounds could be extracted from the apple residue from the Moshoque market, ranging from 4.95 mg/g of dry extract to 28.86 mg/g of dry extract considering various solvents such as water, methanol, ethanol and acetone with two extraction stages.

Keywords: Phenolic compounds, apple, solvent, extraction.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	1
DEDICATORIA.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	6
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. Bases teóricas.....	15
III. MÉTODOS Y MATERIALES.....	29
3.1. Diseño de procedimiento a seguir	29
3.2. Población, muestra.....	31
3.2.1. Población.....	31
3.2.2. Muestra.....	31
3.2.3. Muestreo.....	32
3.3. Técnicas, materiales y equipos	32
3.3.1. Técnica	32
3.3.2. Materiales y reactivos	32
3.3.3. Equipos.....	33
3.4. Proceso de pre-tratamiento o acondicionamiento de la materia prima	33
3.5. Proceso de extracción de los compuestos fenólicos a partir de la cáscara de manzana molida.....	40
3.5.1. Extracción del analito.....	40
3.5.2. Preparación de los reactivos y calibrantes.....	46
3.5.3. Determinación de compuestos fenólicos en las extracciones.....	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	64
4.1. Resultados	64
4.2. Discusiones.....	71
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones.....	75

5.2. Recomendaciones	76
VI. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diseño Factorial	29
Tabla 2 Extracciones totales	30
Tabla 3 Preparación de la curva patrón de ácido gálico.....	49
Tabla 4 Absorbancias recopiladas del espectrofotómetro	54
Tabla 5 Datos recolectados de la primera prueba	65
Tabla 6 Datos recolectados de la segunda prueba	65
Tabla 7 Datos recolectados de la tercera prueba	65
Tabla 8 Datos recolectados del promedio de las tres pruebas.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales bioactividades reportadas para compuestos fenólicos.....	18
Figura 2 Estructura del fenol.....	19
Figura 3 Tipos de compuestos fenólicos	19
Figura 4 Proceso de extracción sólido-líquido de una sola etapa	21
Figura 5 Mecanismo de acción del reactivo de Folin-Ciocalteu	24
Figura 6 Ácido gálico	25
Figura 7 Diagrama de un espectrómetro básico	28
Figura 8 Vista del mercado Moshoqueque	31
Figura 9 Manzanas del mercado Moshoqueque.....	31
Figura 10 Muestreo de las manzanas.....	32
Figura 11 Recepción de la manzana	34
Figura 12 Lavado de la manzana	35
Figura 13 Pelado de manzana.....	35
Figura 14 Pesado de la cáscara	36
Figura 15 Cáscara en la congeladora vertical	37
Figura 16 Liofilizador de congelación	37
Figura 17 Liofilizador de secador.....	38

Figura 18 Cáscaras de manzana después del secado	38
Figura 19 Molienda de la cáscara seca de manzana	39
Figura 20 Peso de la muestra molida	39
Figura 21 Muestra molida almacenada	40
Figura 22 Tubos de ensayo con 1 gramo de muestra.....	41
Figura 23 Tubos de ensayo con cada solvente	41
Figura 24 Tubos de ensayo en el multi-rotador.	42
Figura 25 Muestras en el ultrasonido.....	42
Figura 26 Muestras en la centrífuga	43
Figura 27 Muestras después del centrifugado	43
Figura 28 Extracción del sobrenadante	44
Figura 29 Residuos sólidos de la primera etapa.....	44
Figura 30 Repitiendo el proceso utilizando el residuo	45
Figura 31 Segunda etapa	45
Figura 32 Extracción del segundo sobrenadante	46
Figura 33 Sobrenadantes totales rico en analito.....	46
Figura 34 Pesado del ácido gálico.....	47
Figura 35 Patrón de ácido gálico preparado.....	47
Figura 36 Pesado del hidróxido de sodio en granallas.	48
Figura 37 Disolución de hidróxido de sodio al 20%.	48
Figura 38 Fiolas con la disolución patrón de ácido gálico respectivas	49
Figura 39 Completando los 10 ml con agua destilada	50
Figura 40 Agregando las alícuotas a cada fiola	50
Figura 41 Alícuotas en cada fiola.....	51
Figura 42 Agregamos el reactivo Folin-Ciocalteu	51
Figura 43 Incubando las muestras.	51
Figura 44 Agregamos el NaOH a cada muestra	52
Figura 45 Muestras agregadas con el NaOH.....	52
Figura 46 Muestras en la incubadora	53
Figura 47 Lectura en el espectrofotómetro	53
Figura 48 Resultados en el espectrofotómetro	53
Figura 49 Curva estandar en el espectrofotómetro.....	54
Figura 50 Curva de los datos recopilados en el espectrofotómetro	55
Figura 51 Soluciones extractoras.	56

Figura 52 Extrayendo las alícuotas.....	56
Figura 53 Después de agregar el agua destilada	56
Figura 54 Agregando el reactivo Folin- Ciocalteu	57
Figura 55 Fiolas envueltas con papel aluminio	57
Figura 56 Adicionando el NaOH	58
Figura 57 Muestras en la incubación	58
Figura 58 Lectura en el espectrofotómetro	58
Figura 59 Fiolas de la 2da y 3era prueba	59
Figura 60 Añadiendo la alícuota de las muestras. 2do ensayo	59
Figura 61 Añadiendo la alícuota de las muestras 3er ensayo.....	60
Figura 62 Fiolas con todas las alícuotas añadidas. 2do y 3er ensayo	60
Figura 63 Añadiendo el agua destilada a cada fiola	61
Figura 64 Fiolas envueltas con aluminio.....	61
Figura 65 Añadiendo el reactivo de Folin- Ciocalteu	62
Figura 66 Agregando el NaOH en cada fiola	62
Figura 67 Muestras en la incubadora	63
Figura 68 Lectura de las muestras de la 2da y 3era prueba	63
Figura 69 Resultados en el espectrofotómetro. Primera prueba	64
Figura 70 Resultados de la lectura de las muestras de la 2da prueba.....	64
Figura 71 Resultados de la lectura de las muestras de la 3era prueba	64
Figura 72 Fenoles totales extraídos por cada solvente.....	70

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas de los residuos sólidos han sido de gran preocupación a nivel mundial y nuestro país no es la excepción, es más, es considerado como uno de los países con mayor tendencia de arrojar su basura o desechos a las calles.

Actualmente el mercado mayorista Moshoqueque, el cual se encuentra ubicado en el distrito de José Leonado Ortiz de la provincia de Chiclayo en el departamento de Lambayeque, presenta esta problemática, sus residuos orgánicos, las frutas, verduras, que empiezan a sobre madurarse y no lograron venderse, son arrojados en las calles, específicamente en la Av. Kennedy y Dorado, generándose cúmulos de residuos orgánicos dispersados en la calle, el cual junto con el calor dichos residuos comienzan a descomponerse, generando malos olores, atracción de roedores y enfermedades para la población que vive alrededor.

Por eso viendo esta problemática en nuestra comunidad, queremos darles una utilidad a estos residuos orgánicos reduciendo su impacto negativo y a la vez generar conciencia a la población.

De los residuos orgánicos desechados de dicho establecimiento, la manzana es la fruta que mayor se desecha, dado a esto investigamos que podemos extraer de ella, siendo los compuestos fenólicos lo que podemos extraer. Estos compuestos fenólicos son de gran utilidad para salud del ser humano por sus propiedades antioxidantes y pueden impactar en la prevención del daño oxidativo, muy relacionado con el inicio de diversas enfermedades, así mismo protegen del riesgo a enfermedad cardiovasculares.

En la presenta investigación se ha planteado como problema ¿Cómo extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022? y cuyos objetivos es extraer compuestos fenólicos, realizar el pre tratamiento o acondicionamiento para la extracción de compuestos fenólicos, realizar el procedimiento experimental y determinar el solvente químico con mayor y menor

eficacia en la extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022. Se ha formulado la hipótesis siguiente, a través de extracciones sólido-liquido, utilizando solventes tales como el etanol, metanol, acetona, agua destilada y posteriormente los 4 mismos con el ácido fórmico respectivamente, estos 8 solventes, nos permite extraer compuestos fenólicos del residuo de manzana. Así mismo para la etapa de cuantificación o determinación utilizamos el método de Folín Ciocalteu en el equipo espectrofotómetro de UV-visible.

Realizamos nuestro trabajo en base a estos objetivos y los resultados fueron los esperados. Realizamos un acondicionamiento a la materia prima teniendo una harina de cascara de manzana para mejorar el contacto y la reacción entre el soluto y el solvente. Además, realizamos una disolución patrón de ácido gálico el cual es nuestro material de referencia para la cuantificación de compuestos fenólicos. Así mismo en la etapa de extracción trabajamos en 2 etapas, la primera etapa con una proporción de 1: 10 un gramo de cascara de manzana y 10 ml de solvente y la 2 da etapa con una proporción de 1: 5 gr/ml respectivamente.

Así mismo se trabajó con 3 pruebas experimentales para tener resultados más reales y tener un menor margen de error.

En nuestra lectura en el espectrofotómetro el resultado fue que el solvente más eficaz en la extracción es el metanol obteniendo mayores compuestos fenólicos 28.86 mg A.G/ g de extracto seco. Por otro lado, el solvente menos eficiente en la extracción fue la acetona, teniendo la menor cantidad de compuestos fenólicos 4.95 mg A.G/ g de extracto seco.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1. Antecedentes

A nivel internacional, Villamil, J. (2021) “Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo agroindustrial de frutilla (*Fragraria X Ananassa*)”, Argentina. Los resultados muestran 6 compuestos fenólicos en los extractos, de los cuales el superior fue el compuesto 3 que es el agrimoniin, con el cual se obtuvieron los resultados óptimos en 2 etapas sin ácido (2,45 mg/g). En conclusión, los tejidos vegetales (residuos de frutilla) tienen gran potencial como compuesto con actividad inhibitoria y antioxidante del pardeamiento enzimático.

Rodríguez, R. (2020) ejecutó un estudio “Planteamiento de un proceso para la extracción y recuperación de pectina a partir de residuos de fruta mediante hidrólisis ácida”, Colombia. Los resultados indican que las condiciones de hidrólisis facilitaron una mejor producción de pectina en diferentes frutos con un pH alrededor de 2.0, una temperatura de 80-100°C y una vida útil de 1-2 horas respectivamente. Concluye que la proporción más común es 2:1 por volumen, pero es recomendable experimentar con proporciones de hasta 4:1 para determinar qué tan bien precipitará la pectina sin incurrir en demasiado solvente.

Arenas, S. (2019) “Extracción de compuestos fenólicos mediante el uso de disolventes orgánicos a partir del subproducto obtenido en la elaboración de aceite de oliva virgen (alperujo)”, España. Los resultados indican que la variable pH incrementa al subir la proporción de masa del solvente (1:4, 1:6, 1:8, 1:10) cuando se usa etanol, cambiando el pH de 5.30 a 6.40 de una relación de 1:4 a 1:10. Concluyendo que, en el caso de usar agua destilada como solvente de extracción, no hubo un cambio significativo en el parámetro de pH de la muestra única al incrementar la proporción de masa del solvente.

Gómez, J. (2018) “Análisis comparativo del perfil polifenólico en cáscara de púnica *granatum* cultivada en Guanajuato y Oaxaca”, México. Los resultados indican que el extracto derivado de la muestra dio el mayor beneficio en término del contenido de polifenoles total

(298.9 y 297.3 mg) después de 3 pasos con dos métodos de extracción. Sus conclusiones indican que se requirieron tres extracciones consecutivas para reducir el contenido total de polifenoles en polvo de cáscara de *Punica granatum* a menos del 10%, para ambos métodos de extracción.

Ruales, A. et al. (2017) “Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva Isabella (*Vitis labrusca*)”, Colombia. De acuerdo con los resultados, la semilla y el escobajo mostraron mayor concentración del compuesto fenólico total ($22,08 \pm 0,20$ y $10,62 \pm 0,17$ mg de similar de ácido gálico y un exceso actividad antioxidante ($0,29 \pm 0,01$ y $0,63 \pm 0,01$). Llegando a la conclusión que el tallo y semilla poseen potencial como materia prima para obtener compuesto con actividad antioxidante que pueden ser utilizados en la formulación de: alimento funcional, alimento fortificado y cremas.

A nivel nacional, Toledo, P. (2020) “Aprovechamiento de los residuos de la granada (*Punica granatum*) variedad wonderful para la obtención de compuestos fenólicos mediante la aplicación de tecnologías limpias”, Tacna. Los resultados indican que la presión de proceso y su interacción entre ambos factores se consideran significativas para el rendimiento total de extracción de compuesto fenólico ($p < 0.05$), donde el nivel más importante del factor temperatura es $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los niveles de presión más importantes fueron 80 y 40 bar. ($p < 0.05$), resultando un rendimiento de extracción de 44.99 % y 37.28 %, respectivamente. Concluyendo que a mayor rendimiento de compuestos fenólicos obtenido a partir de cáscara y saco vitelino de granada (*Punica granatum*) excelente variedad, utilizando extracción líquida presurizada (PLE), donde se utiliza etanol purificado como solvente de extracción.

Barriga, M. (2018) “Actividad antioxidante y antifúngica de compuestos fenólicos de la semilla de uva quebranta, recuperados del residuo sólido del procesamiento de pisco”, Lima. Los resultados indican que la eficiencia de extracción de aceite obtenida con dióxido

de carbono supercrítico es superior a la obtenida con hexano. La optimización por el método de la superficie de reacción puede alcanzar un rendimiento con CO₂ supercrítico del 16,5%, un 32% superior al obtenido con hexano (12,5%). Concluyendo que al menos un extracto fenólico de semilla de uva mostró un aumento en la actividad antioxidante que en otro extracto.

Torres, A. (2018) “Determinación de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (epicarpo) de vitis vinífera L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas como fuente de principios bioactivos aprovechables”, Arequipa. Quien determinó el compuesto fenólico y su habilidad antioxidante de extracto de orujo. La metodología es experimental asimismo la muestra estuvo formada por la compañía productora de piscos y vinos. Los resultados muestran que el cultivar Mark (epicarpo) de Vitis vinifera L. Italia obtuvo el mayor rendimiento de los subproductos vitivinícolas (14,83% de ES) cuando se extrajeron mediante el método de inmersión-etanol (50%) durante tres horas a 40°C. En conclusión, el extracto seco orujo de uva de la variedad Negra Criolla de Vitis vinifera demostró tener la mayor capacidad antioxidante (0,183 mg ES/ml o 183 g SE/ml) tras ser expuesto al aire durante 48 horas a temperatura ambiente.

Marcelo, R. et al., (2017) “Fenólicos a partir de residuos de café: Optimización del proceso de extracción”, Puno. Los resultados muestran que la cantidad máxima de compuesto fenólico (1429,09 mg AG/g SCG) que pudo extraerse en relación sólido-líquido fue de 11,65 mL/g, con una solución de alcohol etílico del 21,03%. Este proceso de extracción duró 32,42 minutos y fue ayudado por ultrasonidos. Concluyendo que los depósitos de café gastado son un origen potencial de compuesto fenólico que puede recuperar sencillamente.

A nivel local, Carranza, M. (2021) “Valuación del contenido de fenoles del filtrante de pulmonaria (*Pulmonaria Officinalis*), Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) Y Aguaymanto (*Physalis Peruviana*)”, evaluó el

contenido de fenoles de un filtrante elaborado a partir de pulmonaria, eucalipto y aguaymanto deshidratado. La población estuvo integrada 3 kilos de hoja de pulmonaria, eucalipto y de aguaymanto. Como resultados, se determinó que el tratamiento con mejores parámetros es de 80% de pulmonaria, 2% eucalipto, 18% aguaymanto, sin embargo, el de mayor cantidad de fenoles totales fue de 50% de pulmonaria, 5% eucalipto, 45% aguaymanto. Concluyendo que el que poseía mejores parámetros contenía 0.021 proteínas, 0.007 gramos de lípidos y 84.010 mg eqv. AG de fenoles totales.

Olivos, W. (2020) “Evaluación del contenido de carotenoides, la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos de *Bunchosia armeniaca* cansa boca”, quién determinó el contenido de carotenoides, la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos que presenta la pulpa de la fruta fresca de *Bunchosia armeniaca* provenientes de un predio de cultivo en (caserío Culpón) Chiclayo. Su naturaleza metodológica se basó en un estudio básico, no experimental, descriptivo trasversal. La muestra de estudio fueron 50.4 gramos de pulpa de *B. armeniaca* y se empleó el macerado. Como resultados se obtuvo el total de carotenos de 867.89 ± 43.32 $\mu\text{g}/100$ gr, el contenido de sólidos totales de 38.16 $\mu\text{g}/\text{ml}$, el total de compuestos fenólicos de 10.34 ± 0.73 mg.

Correa, D. (2019) “efecto del tiempo de extracción y tipo de Solvente en el rendimiento de taninos de la Semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su aplicación en el curtido de pieles”, en el que determinó el efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango. La investigación fue experimental y se obtuvo que en la almendra de la semilla de mango tiene mayor cantidad de carbohidratos (96.78%) y 11.17% de proteínas. Asimismo, la almendra fue la única sección que resultó positivo a taninos. Concluyendo que el tipo de solvente y el tiempo en la extracción son importantes para los tamaños obtenidos.

2.2. Bases teóricas

Manzana

La manzana es una fruta que contribuye beneficios a la salud principalmente para el cáncer de pulmón, lo que evidencia una asociación inversa entre los flavonoides de frutas y verduras y la incidencia global de cáncer y tumores del sistema digestivo y respiratorio. Asimismo, el consumo de manzanas oscila entre los 100 y 150 gramos de manzana al día de manzanas enteras (Linares. 2022). Las bebidas como el jugo de manzana, vino, té verde o cerveza son algunas bebidas que dan un gran aporte de compuestos fenólicos en la dieta. Se pueden dividir en tres grupos: los que tienen una alta concentración de fenoles, los que tienen una alta concentración de flavonoides y los que no tienen ninguno. Siendo el jugo de manzana el de mayor capacidad antioxidante (Urías et al., 2020).

Por otro lado, el manzano es un árbol frutal pomáceo muy abundante alrededor del mundo y su demanda radica en que su composición incluye compuestos fenólicos y antioxidantes buenos para la salud (Flores et al., 2018). Las propiedades de la manzana se encuentran sobre todo en la cáscara, y su uso ha llevado a estimar una producción mundial de 85 millones de toneladas métricas (Llopart et al., 2018).

La manzana resulta ser una fuente que ayuda en la aportación de compuestos polifenólicos, los cuales tiene como característica poseer antioxidantes que tienen a su vez el efecto protector de la salud. Asimismo, la manzana es una fruta carnososa y que se encuentra en una variedad de colores y sabores, esta se ha convertido en el cuarto producto más importante en la nutrición de los seres humanos, siendo los productores principales China y Estados Unidos (Corona et al., 2020).

Residuos de manzana

Los residuos por alimentos constituyen un problema que tiene un crecimiento preocupante a nivel mundial. Son residuos orgánicos producidos durante la recolección, la transformación o la distribución

de productos alimentarios o como subproducto de la cocción. La cantidad de estos desperdicios para el año 2020 ascendió a los 126 millones de toneladas a nivel internacional y esta cantidad va en aumento cada año. Algunos productos de desecho incluyen sustancias beneficiosas para el consumo humano; pueden incluir polifenoles, flavonoides, vitaminas, minerales y carotenoides. Los compuestos fenólicos pueden encontrarse en residuos de frutas de color rojo y morado como la manzana (Ramírez et al., 2021).

Los residuos de manzana son generados en actividades agroindustriales o comerciales, estos comprenden cáscaras, restos de pulpa, semillas y pedúnculos. Estos residuos contienen un valor nutricional que pueden ser útiles para diversos fines como el consumo animal. Asimismo, los residuos de manzana son el principal subproducto de jugos (Agüero et al., 2017). El peso de los residuos de manzana comprende entre el 25 y 30% de la manzana entera, a nivel mundial son procesadas 11 millones de toneladas de manzana, siendo 3.3 millones de toneladas los residuos originados en todo un año. Si bien se considera residuos a lo que no logra procesar, este también posee una cuantiosa cantidad de nutrientes (Trías et al., 2020). El bagazo de manzana resulta de extraer jugos por medio de máquinas extractoras, en la que la producción oscila entre el 15% y 30% de la totalidad de la fruta, los desechos generados comprenden una fuente de lípidos, azúcar, ácidos minerales, fenoles, carotenoides, compuestos inorgánicos, tocoferoles y fibras dietéticas (Ibarra et al., 2022).

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos, una de las clases más numerosas de productos metabólicos secundarios, se sintetizan a partir del ácido shikímico y el ácido acetoacético. Los pigmentos llamados flavonoides se encuentran dentro de los compuestos fenólicos; también se denominan bioflavonoides, ya que se forman por la integración de más de 3000 compuestos fenólicos diferentes que tienen una estructura química similar (Martin, 2018).

Los compuestos los podemos encontrar en abundancia en el reino vegetal y están constituidas desde moléculas con un peso mínimo hasta con un gran tamaño. Estos compuestos han demostrado ser un elemento para reducir múltiples enfermedades crónicas como la gran utilidad en el tratamiento de diabetes y algunos cánceres o padecimientos cardiovasculares (Támori et al., 2022).

Desde el ámbito químico los compuestos fenólicos son especies de naturaleza orgánica que tiene una estructura por lo menos un anillo fenólico unidos con uno o más grupos hidroxilos, asimismo estos anillos pueden estar unidos a otros grupos como metil-ésteres, ésteres, etc.; estos son sintetizados por las plantas y suelen ser producidos a raíz del estrés ambiental y se clasifican en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos en base a los anillos que presentan. Los estudios para su extracción nacen por el beneficio que ofrecen en la prevención de algunas enfermedades como cáncer o enfermedades cardiovasculares o que son neurodegenerativas. El consumo de compuestos fenólicos de una persona oscila en un gramo al día siendo la fuente esencial las frutas y verduras (Urías et al., 2020). Si bien los compuestos fenólicos tienen capacidad antioxidante, esta no se da por la suma de cada uno de sus elementos, sino por su interacción, cuyo proceso produce efectos antagónicos o sinérgico (Ruiz et al., 2018).

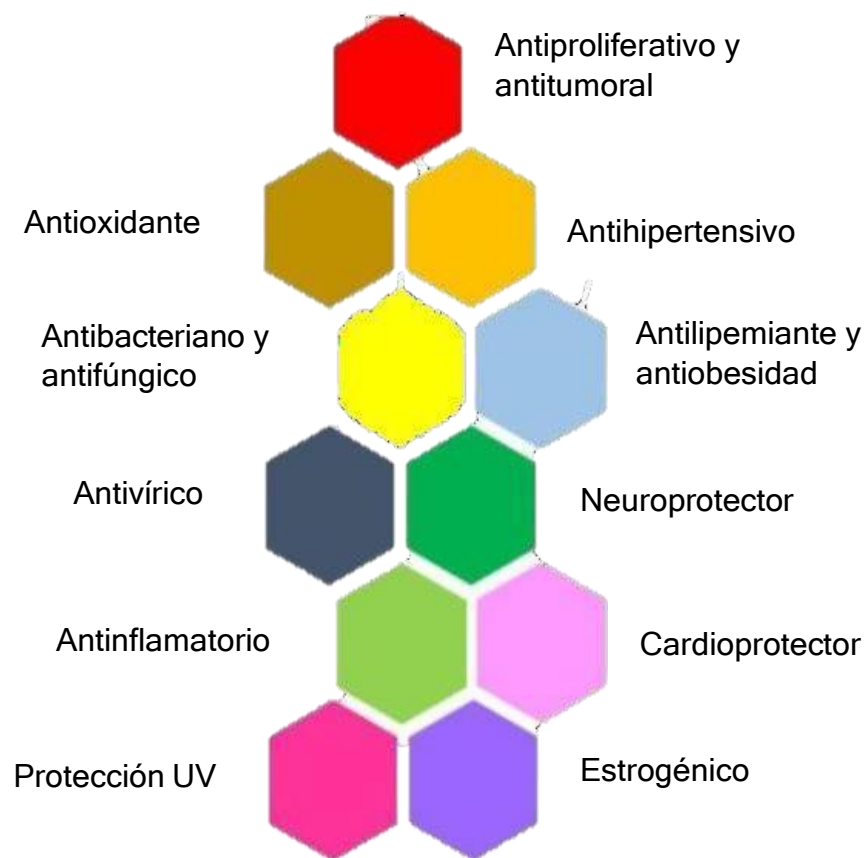
Beneficios de los compuestos fenólicos

La capacidad antioxidante ayuda cuando se pasa por un proceso infeccioso, ya que ayudan a fortalecer las defensas y subsanar el estrés oxidativo y llevar un control del desbalance del sistema antioxidante. Por lo que, una dieta con antioxidantes reduce la posibilidad de contraer enfermedades de naturaleza infecciosa. Los compuestos fenólicos cumplen la función de proteger y actúa como un mecanismo de defensa, y poseen características muy peculiares por sus estructuras que son diversas (Hernández L. et al., 2022). La familia de compuestos fenólicos vegetales integra una amplia defensa contra el estrés biótico y abiótico. La captación de especies reactivas

y el refuerzo de los mecanismos antioxidantes, la protección frente a la radiación UV y las actividades antimicrobianas alelopáticas convierten a los fenólicos en una barrera para prevenir el daño nitro oxidativo e inflamatorio y la aparición de patologías degenerativas asociadas a los mismos (Gil et al., 2022). Las dietas ricas en fenoles poseen el potencial de reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con el envejecimiento, incluidos los trastornos neurodegenerativos. A ello, los compuestos fenólicos vegetales naturales han surgido como una potencial herramienta complementaria y alternativa para prevenir y mitigar la aparición y/o progresión de dichas enfermedades, debido a sus acciones bioquímicas multifacéticas (Silvano et al., 2020).

Figura 1

Principales bioactividades reportadas para compuestos fenólicos



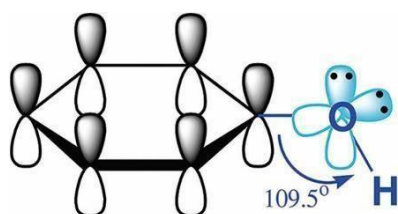
Nota. Tomado de Gil et al. (2022)

Los compuestos fenólicos, según su complejidad, van desde los fenólicos simples como los ácidos fenólicos; a los compuestos complejos como los taninos. Los compuestos fenólicos son parte de

metabolitos secundarios que se encuentran principalmente en especies de plantas con enormes diversidades estructurales. Pueden existir como glucósidos o agliconas (Oluwaseun et al., 2021).

Figura 2

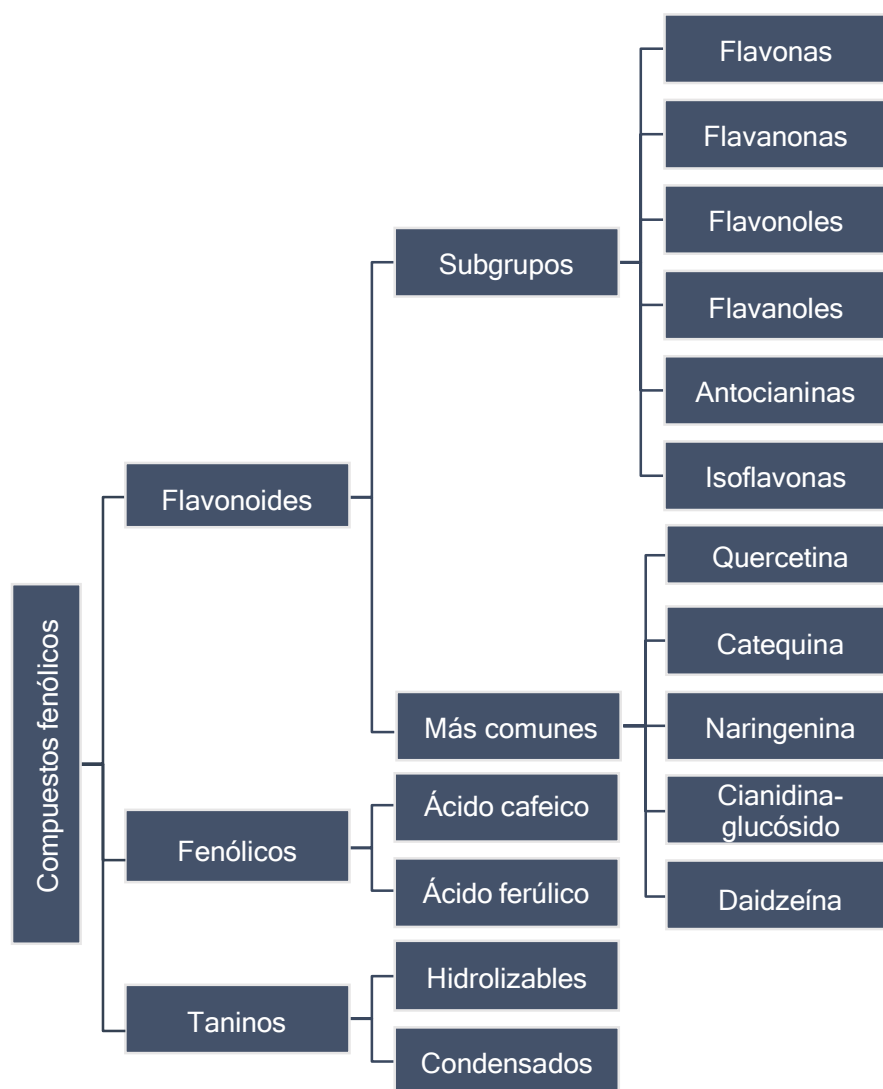
Estructura del fenol



Nota. Tomado de Oluwaseun et al. (2021).

Figura 3

Tipos de compuestos fenólicos



Nota. Extraído de Oluwaseun et al. (2021)

Flavonoides

Estos elementos se integran de un esqueleto de carbono C6-C3-C6, asimismo, de un par de anillos de fenol y un anillo heterocíclico. Estos se clasifican en tres según la ubicación de la benzopirona en el anillo heterocíclico, encontramos los flavonoides que integran 2 fenilos, los isoflavonoides con 3 fenilos y los neoflavonoides de 4 fenilos (Jiang et al., 2021).

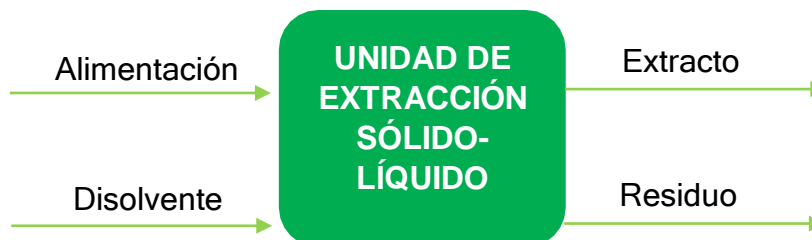
El ácido hidroxicinámico y sus derivados, los flavonoides y las antocianinas son compuestos fenólicos habituales en las manzanas. Otros compuestos fenólicos son los ácidos hidroxibenzoicos (ácido gálico, ácido siríngico y ácido gentísico). Las concentraciones dependen de varios factores como el nivel de madurez de la fruta, las condiciones de cultivación, entre otros (Corona et al., 2020).

Extracción sólido líquido

La extracción sólido líquido o por sus siglas ESL es el tipo de extracción que no requiere materiales, maquinaria o equipos de costos muy altos, este es muy versátil. Su versatilidad se demuestra en la utilización de diversos solventes, temperatura, proporción, tiempo de extracción, etc. (Garulo et al., 2021). Este proceso se basa en la separación de un soluto en fase sólida, en la que existe el contacto de una parte sólida y una parte líquida. Este proceso se realiza de manera rápida; los métodos para realizar este tipo de extracción se dividen en métodos convencionales y no convencionales, algunos de los métodos convencionales se encuentran la maceración y en Soxhlet y como métodos no convencionales la extracción por ultrasonido, microondas y con fluidos supercríticos, el ultrasonido y microondas se caracterizan por ser de alto rendimiento y poco presupuesto (Calderón, 2021).

Figura 4

Proceso de extracción sólido-líquido de una sola etapa



Nota: Extraído de Calderón (2021)

Métodos de Extracción de compuestos fenólicos

La extracción asistida por ultrasonidos, la extracción con fluidos supercríticos, la extracción asistida por enzimas, la extracción asistida por microondas y la extracción con líquidos a presión son algunos de los métodos utilizados para aislar los compuestos fenólicos (Núñez et al., 2020).

Extracción asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido es un proceso en que se da la recuperación de sustancias bioactivas y esta es uno de los procesos utilizados para residuos caracterizado por su rapidez y eco amabilidad. Este inicia con una ruptura de naturaleza mecánica por lo que se libera componentes bioactivos y a su vez aumenta la difusión del extracto, esta ruptura trae una mayor disolución del solvente empleado en las paredes y membranas de la célula lo que mejora la transferencia de masa (Rojas et al., 2019).

Este método emplea menos solventes que otros tipos de extracción, este proceso se lleva a cabo en un tiempo mínimo y es fácil realizar una manipulación. Asimismo, proporciona varias ventajas sobre la extracción alcalina convencional, incluida la alta eficiencia de extracción, la alta pureza del producto, el tiempo de procesamiento reducido y el respeto al medio ambiente (Wang et al., 2022). Las ondas ultrasónicas provocan efectos mecánicos, térmicos y de cavitación en el medio de extracción y la ruptura de las paredes celulares, lo que mejora la transferencia de masa sin causar cambios

significativos en la estructura y las características del material de soluto objetivo (Bhadange et al., 2022).

Solventes

Los compuestos fenólicos resultan tener una alta solubilidad teniendo como solvente al agua, puesto que los compuestos fenólicos son más solubles con solventes puros (Serna et al., 2018). Por otro lado, el etanol resulta ser un solvente adecuado para la extracción de aceites, pero las condiciones que posee aun no permiten aplicarlo a manera industrial (Hernández y Díaz, 2021). El etanol, es un solvente seguro que comúnmente también se emplea en la extracción de compuestos bioactivos (Lobos et al, 2021).

Asimismo, otros solventes resulta ser el metanol y acetona, este primero resulta tener mayor eficiencia en la extracción de polifenoles con un peso molecular de niveles bajos, mientras la acetona permite una mejor extracción de flavonas de peso molecular de niveles altos (Benavides et al., 2020).

Extracción con Fluidos Supercríticos

La extracción con fluidos supercríticos tiene ventajas como una alta volatilidad y difusividad, así como una viscosidad baja. Este es aplicable para aceites esenciales, pigmentos, antimicrobianos o sustancias que son empleadas para fabricar medicamentos, alimentos o fragancias. Esta se basa en el uso de solventes menos dañinos y con menor grado de peligrosidad (Obregón et al., 2018).

Extracción asistida con enzimas

La extracción asistida con enzimas trae como beneficios obtener niveles altos de rendimientos de extracción y previene que se degrade térmicamente, pero este requiere lapsos prolongados de extracción e implica un costo considerado en las enzimas que se vaya a emplear (Otálora y Martin, 2020).

Extracción Asistida por Microondas

La extracción asistida por microondas emplea la energía proporcionada por el microondas para obtener los compuestos de interés y para realizarlo es necesario porciones pequeñas de solvente. Tiene como ventaja tener el control de algunos parámetros que tienen efecto en la eficiencia del proceso (Urango et al., 2018).

Extracción con Líquidos Presurizados

La extracción con líquidos presurizados emplea un disolvente en estado líquido con alta temperatura y presión, ello permite el origen de las interacciones que produce a su vez el aumento de la solubilidad de los compuestos. El hecho de trabajar a alta temperatura logra que el solvente se diluya. Este proceso puede darse en lapsos de tiempos cortos y puede considerarse al agua o etanol como solvente de extracción (Farías, 2018).

Extracción por ultrasonido y microondas (UMAE)

Este método fusiona métodos ultrasónicos y de microondas, empleando los efectos de alta energía de las microondas y la cavitación ultrasónica, este método compensa las falencias de la extracción tradicional, ultrasónica y por microondas, entre los cuales se tiene los tiempos prolongados de extracción, dificultades entorno al control de temperatura y calentamiento desigual (Lin et al., 2022).

Cromatografía

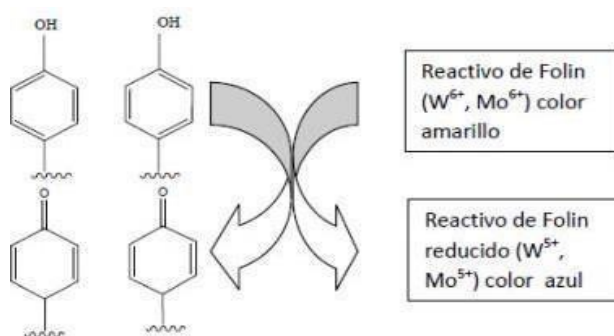
La cromatografía ayuda a determinar de manera cualitativa y cuantitativa los flavonoides de cortezas (Sarria et al., 2021). Esta se remota en desde 1906 con el botánico Mikhail, cuyo primer experimento se basó en las hojas de plantas para la separación de pigmentos como de la clorofila y xantofilas y este consta de dos fases, una es la estacionaria y la otra móvil (Zambrano et al., 2018).

Método de FOLIN- CIOCALTEU

Este método es usado para medir la cantidad de compuestos fenólicos que poseen los vegetales, el método está basado en la reacción de compuestos fenólicos con el reactivo denominado Folin-Ciocalteu, con pH básico, otorgando una coloración azul la cual es capaz de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm, este reactivo se encuentra compuesto de una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico los que reaccionan al tener contacto con compuestos fenólicos. El ácido fosfomolibdotúngstico (conformado por dos sales en el medio ácido), de color amarillo, es reducido por los grupos fenólicos toma un color azul intenso, este color es medido para determinar el contenido de fenoles (García, 2015).

Figura 5

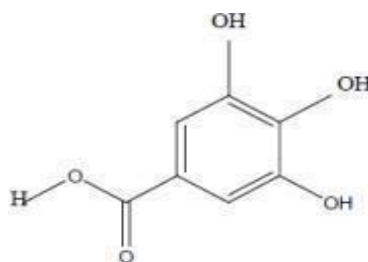
Mecanismo de acción del reactivo de Folin-Ciocalteu



Nota: Recopilado por los autores.

Es una reacción redox por lo que también es considerada una medida de actividad antioxidante. Cuando los fenoles encontrados en la muestra se oxidan, generan un color azulado el cual posee una absorción máxima de 75nm, lo que cuantifica con espectrometría basado en un modelo de ácido gálico, es considerado un método preciso y sensible que puede de acuerdo son el volumen empleado de la muestra, concentración de reactivos y tiempo de reacción (García, 2015).

Figura 6
Ácido gálico



Nota: Recopilado por los autores.

También puede ocurrir que tenga variaciones en cómo se expresan los resultados, asimismo modelo de ácido gálico es el recomendado para analizar las propiedades antioxidantes de vegetales y alimentos, este parámetro da a conocer la cercana relación relacionado con diversos métodos de medición de actividad antioxidante (García, 2015).

El procedimiento experimental que se realiza es en primer lugar la preparación de disolución de ácido gálico, de esta disolución se elaboraran 10ml de disoluciones diluidas que contienen ácido gálico en concentraciones crecientes de 0 -16 ppm, se realizara del modo siguiente:

1. Enumerar los tubos de ensayo.
2. Agregar agua destilada a cada tubo de ensayo
3. Agregar ácido gálico a cada tubo de ensayo.
4. Agitar en el vórtex y mantener refrigerado y sin que le dé la luz del sol

Como segundo paso para preparar el extracto de fenoles de la muestra:

1. Tomar la cantidad adecuada de la muestra en el tubo de ensayo y agregar metanol 1:2.
2. Agregar NaF 2nM para la inactivación del encima polifenol y evitar que los fenoles se degraden a lo largo del ensayo.
3. El contenido de los tubos que se encuentran en el vórtex debe ser homogéneos para centrifugar a 10000 rpm a 10°C por 15 minutos.

4. Rescatar el sobre nadante.

Al final de determinan los fenoles en la muestra y en el modelo de ácido gálico del siguiente modo:

1. Del ácido gálico o sobre nadante proveniente de la extracción de los fenoles se debe tomar 250 μ l y colocar en matraces de 25ml.
2. Agregar 1,25ml de reactivo Folin-Ciocalteu además de 15ml de agua destilada.
3. Verificar la homogenización de los matraces y dejar en reposo por 8 min a oscuras.
4. Se adiciona a cada matraz 3,75ml de carbonato sódico al 7,5% además debe alcanzar el volumen de 25ml con agua destilada.
5. Verificar la homogenización de los matraces y mantener a temperatura natural y oscuridad por dos horas.
6. Medir la absorbancia a 765 nm.

Para determinar la cantidad de fenoles se hace uso del espectrofotómetro que se describe a continuación:

El espectrofotómetro, permite la proyección de un haz de luz que atraviesa una muestra y permite la medición de la absorbancia, estos pueden realizar mediciones sobre cualquier otro material por lo que puede ser usado en cualquier disciplina, la principal aplicación de este instrumento es la determinación de cantidades en una solución de compuestos específicos, como la detección de niveles de contaminación en el aire o agua, además de poder determinar las impurezas presentes en alimentos, entre otros (García, 2018).

El funcionamiento de espectrofotómetro consta de componentes como una fuente de luz, dispositivo de enfoque, filtro de luz cubeta de absorción, fotodetector y dispositivo de visualización, en cuanto a la fuente de luz esta proporciona longitudes correctas de luz, usualmente usa una bombilla con filamento de tungsteno (380-800nm), la funcionalidad se basa en pasar un rayo de luz por un monocromador (dispositivo óptico que selecciona porción de espectro de luz), posteriormente la luz pasa por la cubeta de absorción la cual

tiene la muestra, estas cubetas están construida de vidrio, cuarzo, es de vital importancia que la cubeta no absorba luz, por otro lado la capacidad de absorción de radiación está condicionada por la estructura de las moléculas, la luz que fue absorbida llega hasta un fotodetector y es registrada la transmitancia (T), esta se refiere a la cantidad de luz incidente (%), la magnitud derivada de transmitancia es la absorbancia, dada por la siguiente formula:

$$A = -\log T$$

Los valores de la absorbancia son proporcionales a la concentración de la sustancia absorbente(c), por medio de la ley de Lambert-beer:

$$A = \epsilon lc$$

Donde:

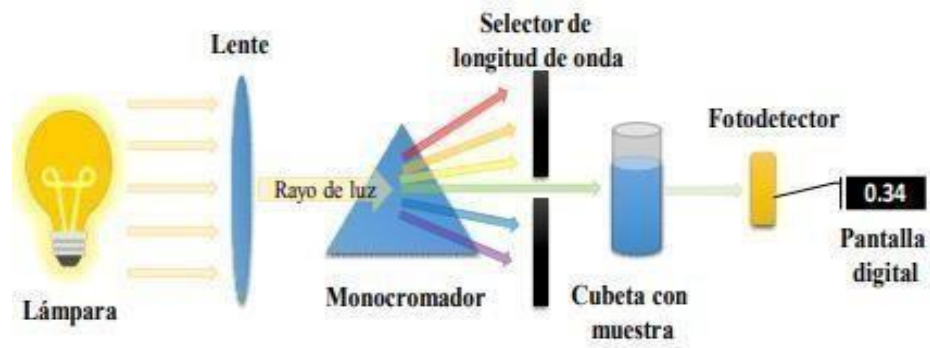
l = Longitud de camino óptico

ϵ = Coeficiente de absorcion molar

Teniendo a la absorbancia, el largo de la cubeta además de la constante se despeja la concentración de la muestra. Los espectrofotómetros permiten determinar el espectro de absorción de una sustancia, en la siguiente figura se puede observar los espectros de absorción de agua que viene de diferentes épocas y fuentes del año, la absorbancia puede ser usada como indicador referido al contenido de lignina en la materia orgánica del agua, esta es polímero fenólico que absorbe la radiación a los 350nm (García, 2018).

Figura 7

Diagrama de un espectrómetro básico.



Nota: Recopilado por los autores.

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Diseño de procedimiento a seguir

El proceso empleado para la extracción sólido líquido fue el método de ultrasonido. Para la etapa de determinación o cuantificación de fenoles utilizaremos el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. La muestra de residuos de manzana para el proceso de extracción fue obtenida de los residuos que son generados en el mercado Moshoqueque, luego se realizó el pesado y lavado de la muestra. A continuación, se extrajeron los compuestos fenólicos de los residuos de manzana para luego ser analizados las cantidades y presentarlas en tablas y gráficos representativos.

El diseño experimental se basó en varios ensayos tomando en cuenta un diseño factorial de tres elementos que incluyen los tipos de solvente, número de etapas y la concentración de ácido fórmico como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1

Diseño Factorial

Factores	Tipo de Solvente	Concentración de ácido fórmico (%)	Numero de etapas
Niveles	Agua	0.0	1(1:10)
	Etanol	0.5	2(1:5)
	Metanol		
	Acetona		

Por lo que se obtiene un total de 16 extracciones como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2*Extracciones totales*

N° de extracción	Tipo de Solvente	Concentración de ácido fórmico (%)	Numero de etapas
01	Agua	0.0	1
02	Agua	0.0	2
03	Agua	0.5	1
04	Agua	0.5	2
05	Etanol	0.0	1
06	Etanol	0.0	2
07	Etanol	0.5	1
08	Etanol	0.5	2
09	Metanol	0.0	1
10	Metanol	0.0	2
11	Metanol	0.5	1
12	Metanol	0.5	2
13	Acetona	0.0	1
14	Acetona	0.0	2
15	Acetona	0.5	1
16	Acetona	0.5	2

3.2. Población, muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por los residuos de manzanas obtenidos del mercado Moshoqueque.

Figura 8

Vista del mercado Moshoqueque.



Nota: Elaboración propia.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 1 kg de residuos de manzanas obtenidos del mercado Moshoqueque.

Figura 9

Manzanas del mercado Moshoqueque.



Nota: Elaboración propia.

3.2.3. Muestreo

Para determinar la muestra se usó el muestreo no probabilístico, es decir, a conveniencia de los investigadores.

Figura 10

Muestreo de las manzanas.



Nota: Elaboración propia.

3.3. Técnicas, materiales y equipos

3.3.1. Técnica

Como técnica se empleó la observación, ya que se visualizó el comportamiento del fenómeno de estudio extrayendo los datos más significativos. Por lo que, se tomaron los detalles de la extracción de los compuestos fenólicos a partir de los residuos de manzana del mercado Moshoqueque.

3.3.2. Materiales y reactivos

Para llevar a cabo el proceso de obtención de los compuestos fenólicos se utilizó:

- Manzana
- Agua destilada
- Etanol 96%
- Metanol 96%
- Acetona 100%
- Ácido fórmico
- Hidróxido de sodio
- Ácido gálico 5gr/l

- Probetas
- Fiolas
- Vidrio reloj
- Vasos precipitados
- Micropipetas
- Tubos de centrifuga.
- Gradillas
- Bolsas ziploc
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- EPP

3.3.3. Equipos

Los equipos utilizados en la presente investigación son:

- Balanza analítica
- Multi-rotador
- Campana extractora
- Ultrasonido
- Incubadora refrigerada
- Centrifugadora
- Congeladora vertical
- Secador liofilizador
- Molino
- Espectrofotómetro

3.4. Proceso de pre-tratamiento o acondicionamiento de la materia prima.

El proceso de pre tratamiento o acondicionamiento se llevó a cabo en el laboratorio de la facultad de ingeniería química e industrias alimentarias. Para mejorar el proceso de extracción de los compuestos fenólicos se realizaron 4 procesos previos. Se recolectó la materia

prima del residuo del mercado Moshoqueque siendo un total de 1 kg de manzanas. Por consiguiente, se realizó el lavado con el fin de eliminar microorganismos presentes en la cáscara que pueden afectar la calidad de los compuestos fenólicos. Así mismo realizamos el pelado de la manzana para la obtención de la cáscara el cual es rico en compuestos fenólicos. Posteriormente a través de un secado natural por el liofilizador se eliminó la humedad de la cascara y se obtuvo producto seco que luego fue molido hasta obtener una harina aumentando la superficie de contacto en el proceso siguiente.

Pre tratamiento o acondicionamiento de la cascara:

1. Materia prima

La materia prima fue la manzana recolectada un total de 1000 gr (1kg).

Figura 11

Recepción de la manzana.



Nota: Elaboración propia.

2. Lavado

Se realizó de 2 a 3 lavados continuos con agua a la materia prima (manzana), para hacer una eliminación preliminar de los sólidos ubicados en la corteza de la cáscara y sus impurezas usándose aproximadamente 4 L de agua potable.

Figura 12

Lavado de la manzana.



Nota: Elaboración propia.

3. Pelado

Después del lavado, usando un cuchillo de acero inoxidable, se procedió a pelar la materia prima para obtener la cáscara que será la base para nuestros posteriores análisis. Obteniendo un total de 200 gr de cáscara.

Figura 13

Pelado de manzana.



Nota: Elaboración propia.

Figura 14

Pesado de la cáscara



Nota: En la fotografía se pesó 2 bolsas de 50 gr, obteniendo un total de 100 gr. Fueron 4 bolsas de 50 gr.

4. Secado

Se realizó este secado previo a la extracción, porque la cáscara tiene un porcentaje alto de humedad, lo cual afectaría notablemente en el rendimiento de la extracción de los compuestos fenoles, además el almacenamiento sería muy complicado porque con este alto porcentaje de humedad traería consigo el desarrollo de hongos y microorganismos, además de mosquitos.

Los 200 gr de cascara que fueron divididos en 4 bolsas herméticas de 50 gr se expusieron en la congeladora vertical a una temperatura de -31.2°C por 24 horas con la finalidad de que la materia prima reduzca su tiempo de descomposición. Posteriormente se pasó al liofilizador como congelación a una temperatura de muestra de -42.2°C por un tiempo de 4 horas. Luego se pasó la cascara en el liofilizador como secador y se procedió a secar la cáscara a una temperatura de muestra de 28°C a una presión de 7 Pa por un tiempo de 24 horas, pasando ese tiempo se procedió a pesar la cáscara seca obteniendo un peso de 39.24 gr.

Figura 15
Cáscara en la congeladora vertical.



Nota: Elaboración propia.

Figura 16
Liofilizador de congelación.



Nota: Elaboración propia.

Figura 17

Liofilizador de secador.



Nota: Elaboración propia.

Figura 18

Cáscaras de manzana después del secado.



Nota: Elaboración propia.

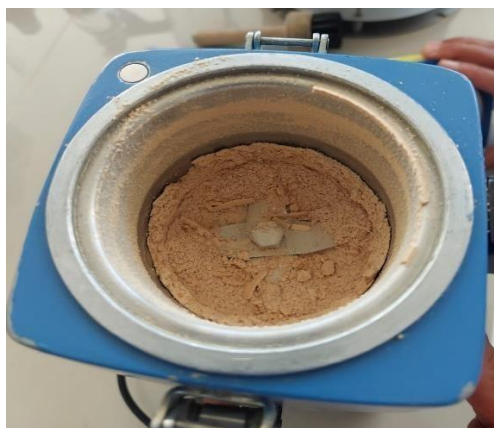
5. Molienda

Se realizó para acondicionar a la cáscara de la manzana, consistió en pulverizarla en un molino universal IKA M20, con un tamaño de partículas de 75 micras, con el fin de aumentar la superficie de contacto para el proceso de extracción de los compuestos fenólicos. La cantidad total de cáscara después de la molienda es de 39.2403 g.

Finalmente, la cáscara ya está acondicionada para el proceso de extracción, y puede ser almacenada por un tiempo mayor a un mes a temperatura ambiente.

Figura 19

Molienda de la cáscara seca de manzana.



Nota: Elaboración propia.

Figura 20

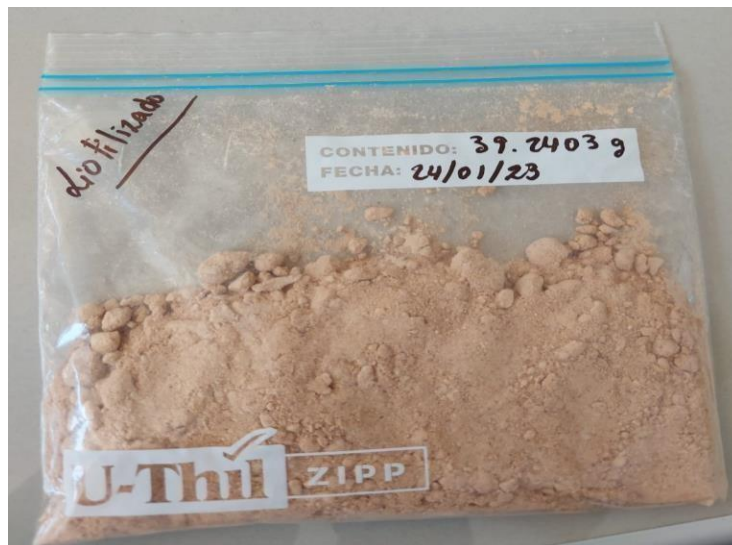
Peso de la muestra molida.



Nota: Elaboración propia.

Figura 21

Muestra molida almacenada.



Nota: Elaboración propia.

3.5. Proceso de extracción de los compuestos fenólicos a partir de la cáscara de manzana molida.

El siguiente proceso se realizó en el laboratorio de Investigación en donde se usaron 1 gramos de la muestra molida, los solventes utilizados para la extracción fueron acetona, metanol, etanol, agua destilada, acetona - ácido fórmico, metanol- ácido fórmico, etanol- ácido fórmico y agua destilada - ácido fórmico.

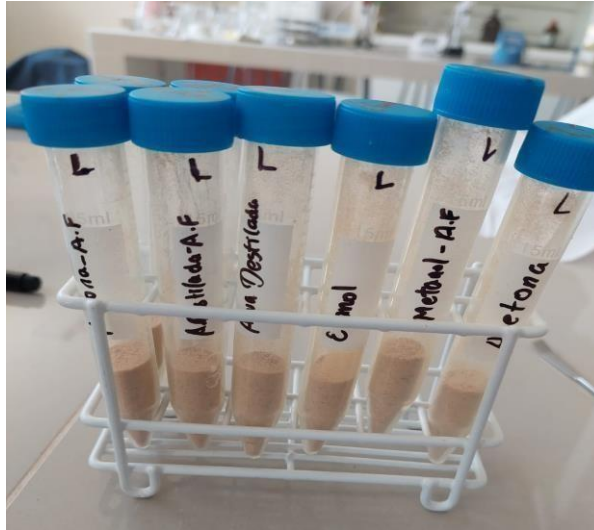
3.5.1. Extracción del analito.

3.5.1.1. Primera etapa

- a. En la balanza analítica se taró y pesó 1 gramo de muestra de cáscara seca molida en 8 tubos de ensayo, a cada tubo rotulamos con el nombre de cada solvente a utilizar.

Figura 22

Tubos de ensayo con 1 gramo de muestra.



Nota: Elaboración propia.

- b. Se le agregó en cada tubo de ensayo los solventes a utilizar con la siguiente proporción de 1 gr muestra/10 mL solvente.

Figura 23

Tubos de ensayo con cada solvente.



Nota: Elaboración propia.

c. Agitamos en el rotador de tubos RS-24, para su homogenización.

Figura 24

Tubos de ensayo en el multi-rotador.



Nota: Elaboración propia.

d. Sé utilizó el ultrasonido con una $T = 20^{\circ}\text{C}$, $t = 15$ minutos.

Figura 25

Muestras en el ultrasonido.

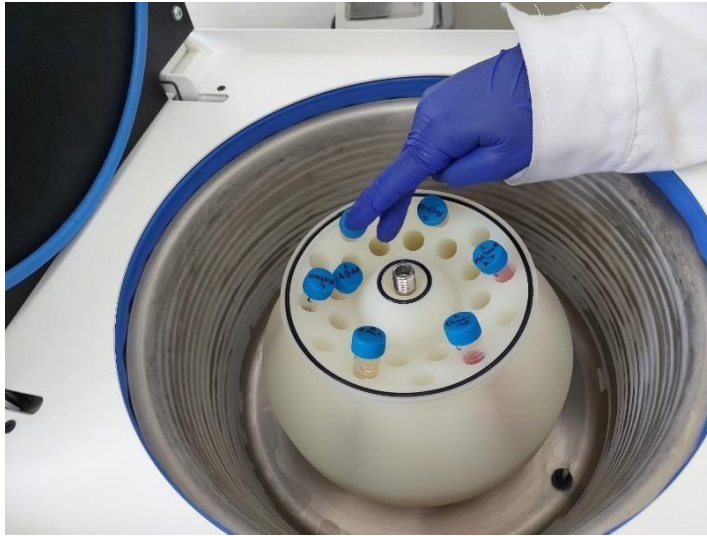


Nota: Elaboración propia.

- e. Se centrifugó a una $T=4^{\circ}\text{C}$, $t=15$ minutos con 5000 RPM. Este proceso se realizó con la finalidad de tener una separación sólido - líquido.

Figura 26

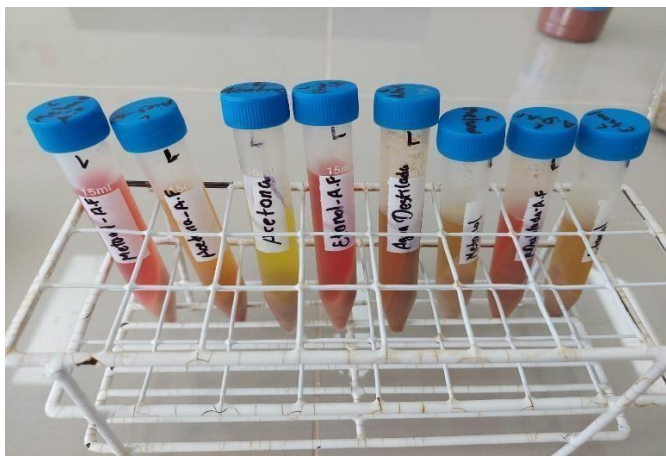
Muestras en la centrifuga.



Nota: Elaboración propia.

Figura 27

Muestras después del centrifugado.

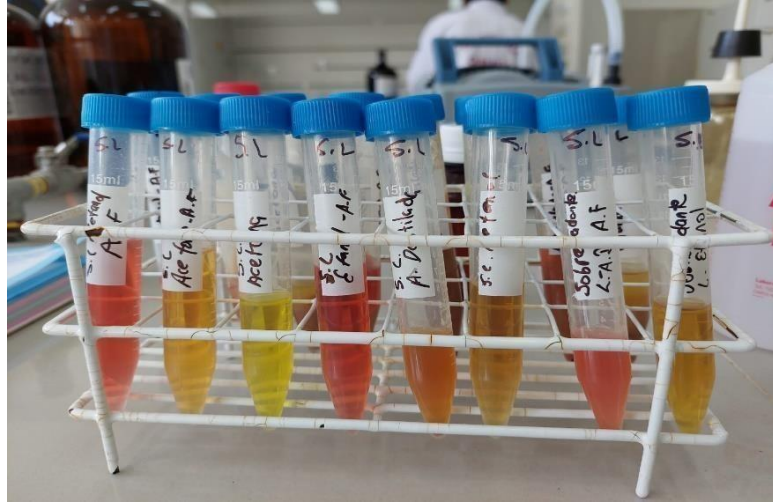


Nota: Se puede apreciar la separación sólido - líquido en cada muestra.

- f. Se extrae el sobrenadante del primer ensayo y se separa el residuo para nuevamente repetir el proceso de extracción.

Figura 28

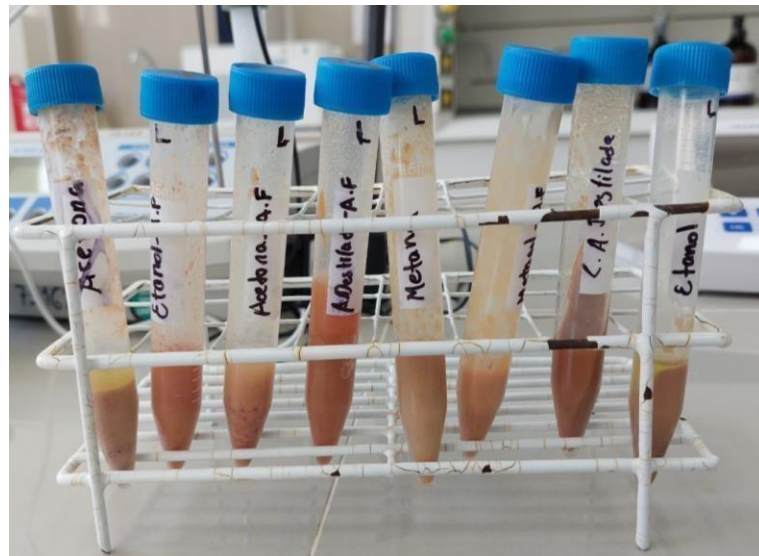
Extracción del sobrenadante.



Nota: Elaboración propia.

Figura 29

Residuos sólidos de la primera etapa.



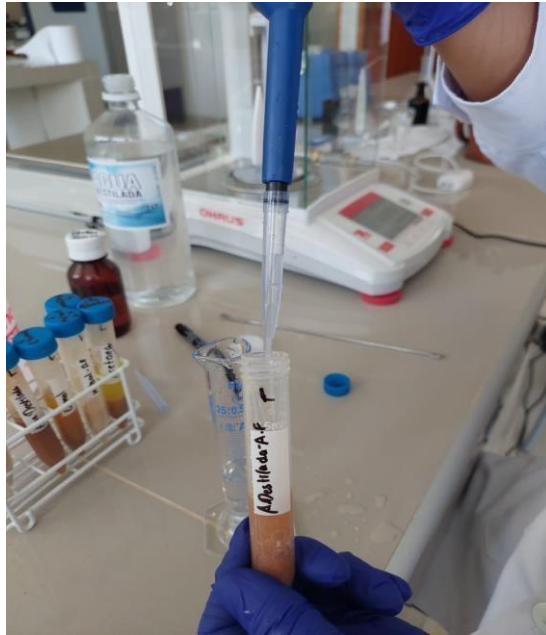
Nota: Elaboración propia.

3.5.1.2. Segunda etapa

- a. Con la finalidad de seguir extrayendo más analito en el residuo de la primera etapa, se agregó en cada tubo de ensayo los mismos solventes esta vez con la proporción de 1gr/5mL solvente.

Figura 30

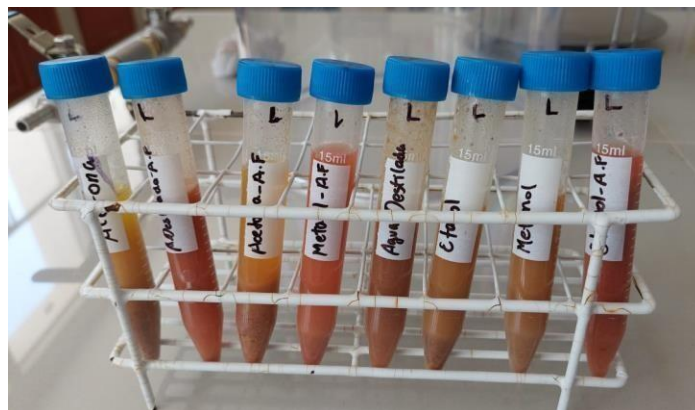
Repitiendo el proceso utilizando el residuo.



Nota: Elaboración propia.

Figura 31

Segunda etapa



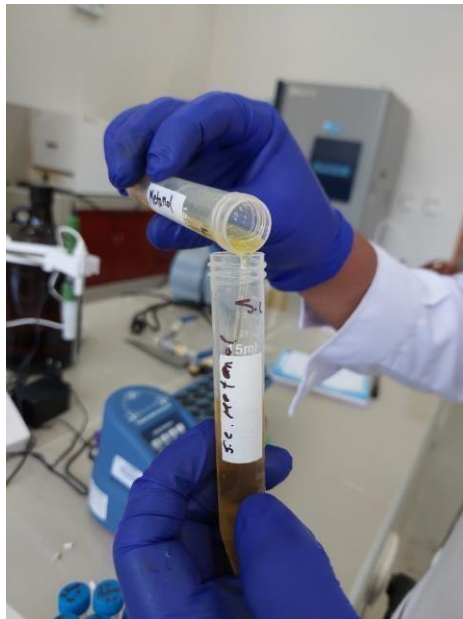
Nota: Elaboración propia.

- b. Agitamos en el rotador de tubos RS-24, para su homogenización.
- c. Sé utilizó el ultrasonido con una $T = 20^{\circ}\text{C}$, $t = 15$ minutos.
- d. Sé centrifugó a una $T = 4^{\circ}\text{C}$, $t = 15$ minutos con 5000 RPM.

- e. Se extrae el sobrenadante del segundo ensayo y se une al sobrenadante del 1er ensayo de las 8 muestras.

Figura 32

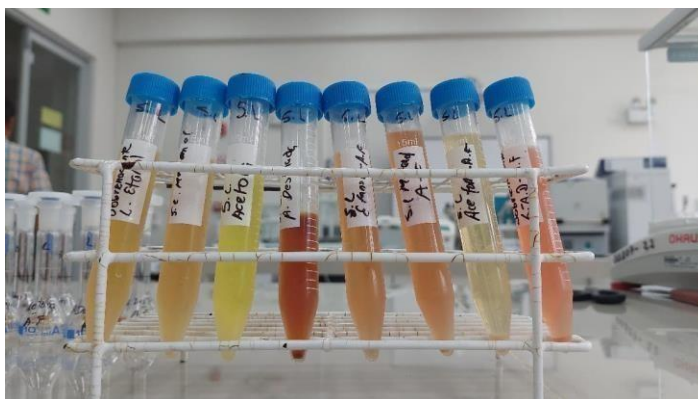
Extracción del segundo sobrenadante.



Nota: Elaboración propia.

Figura 33

Sobrenadantes totales rico en analito.



Nota: Soluciones extractoras, se procedió a envolver con papel aluminio y se refrigeró para su posterior análisis.

3.5.2. Preparación de los reactivos y calibrantes.

Los compuestos fenólicos se determinan mediante el método espectrofotómetro de Folin-Ciocalteu usando el ácido gálico como material de referencia.

A. Preparación de ácido gálico

Se preparó una disolución patrón de ácido gálico con una concentración de 5g/L (5000 ppm), para la cual se pesaron 0.25 g de ácido gálico y se colocó en una fiola con una disolución de 50 ml, dicha disolución tuvo una proporción de 1:9 etanol: agua (5 ml de etanol + 45 ml de H₂O destilada), el reactivo se protegió de la luz en volviendo cada tubo de centrifuga con papel aluminio y se colocó en refrigeración hasta su uso.

Figura 34

Pesado del ácido gálico.



Nota: Elaboración propia.

Figura 35

Patrón de ácido gálico preparado.



Nota: Patrón de ácido gálico 5000 ppm con volumen 50 ml preparado y protegido de la luz con papel aluminio.

B. Preparación de disolución de hidróxido de sodio

Se preparó una disolución de hidróxido de sodio al 20% p/v, pesamos 19,2303 g hidróxido de sodio en granallas en un vaso precipitado, llevó a una campana extractora por precaución por la reacción que producía y se disolvió con 96.2 mL de agua de grado HPLC.

Figura 36

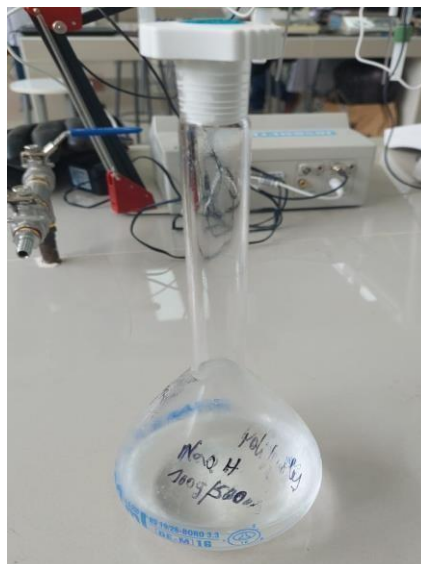
Pesado del hidróxido de sodio en granallas.



Nota: Elaboración propia.

Figura 37

Disolución de hidróxido de sodio al 20%.



Nota: Elaboración propia.

3.5.2.1. Curva de calibración para fenoles totales

Preparación:

- a. A partir de la disolución patrón de ácido gálico ya realizado, en fioas de 10 mL, se hicieron las diluciones necesarias con agua destilada para obtener las siguientes concentraciones 0 ppm (blanco), 500 ppm, 1500 ppm, 2500 ppm, 3500 ppm, 5000 ppm para la preparación de la curva de calibración. Para esto se realizó tomando respectivamente 0 ml, 1 ml, 3 ml, 5 ml, 7 ml, 10 ml de la disolución patrón de ácido gálico 5000 ppm. Posteriormente completamos cada fiola de 10 ml con agua destilada.

Tabla 3

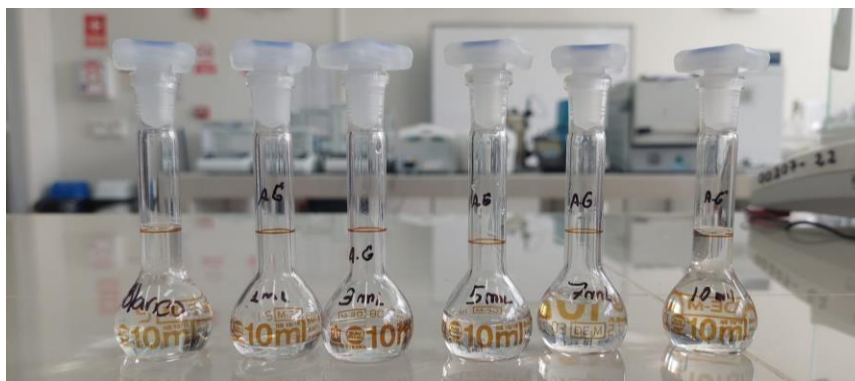
Preparación de la curva patrón de ácido gálico

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido gálico.					
	0	500	1500	2500	3500	5000
Ácido gálico (mL)	0	1	3	5	7	10
Agua (mL)	10	9	7	5	3	0

Nota: Elaboración propia.

Figura 38

Fioas con la disolución patrón de ácido gálico respectivas.



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Completando los 10 ml con agua destilada.



Nota: Se completó a cada fiola de 10 ml con agua destilada para obtener las concentraciones requeridas para la curva de calibración.

- b. Luego en otras fiolas de 10 ml, se extrajo una alícuota de 100 μ L de cada una de las muestras anteriores, después se agregó a cada fiola de 7.9 ml de agua destilada y procedimos a envolver cada fiola con papel aluminio ya que el reactivo que agregaremos a continuación se debe proteger de la luz.

A cada fiola con papel aluminio agregamos 500 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu y posteriormente se dejó incubar por 8 minutos.

Figura 40

Agregando las alícuotas a cada fiola.



Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Alícuotas en cada fiola.



Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Agregamos el reactivo Folin-Ciocalteu.



Nota: Elaboración propia.

Figura 43

Incubando las muestras.



Nota: Las muestras se incubaron por un tiempo de 8 minutos.

- c. Después de transcurrir ese tiempo, se agregó a cada fiola 1500 μL de NaOH 20% y posteriormente se dejó en la incubadora por 2 horas. Pasadas las 2 horas, se realizó la lectura de cada muestra respectiva en el espectrofotómetro para tener la curva de calibración, con una longitud de onda ($\lambda = 765 \text{ nm}$).

Figura 44

Agregamos el NaOH a cada muestra.



Nota: Elaboración propia.

Figura 45

Muestras agregadas con el NaOH



Nota: Elaboración propia.

Figura 46
Muestras en la incubadora.



Nota: Muestras en la incubadora por un tiempo de 2 horas.

Figura 47
Lectura en el espectrofotómetro.



Nota: Elaboración propia.

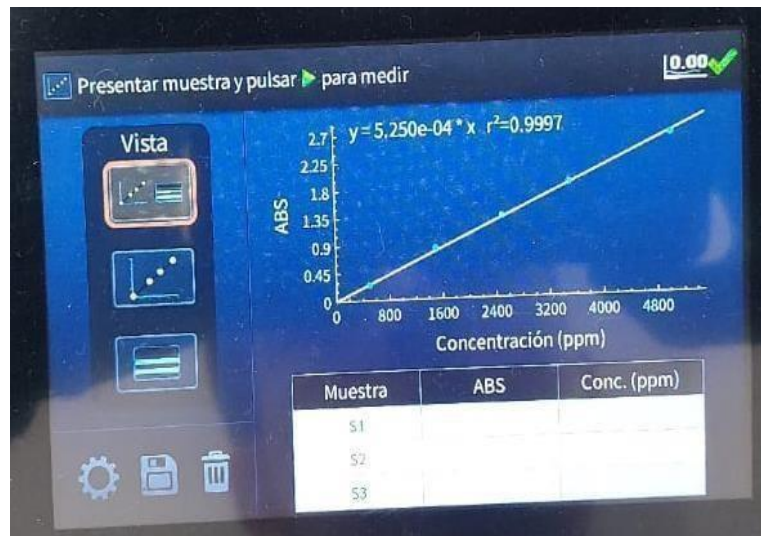
Figura 48
Resultados en el espectrofotómetro.



Nota: Resultados de las absorbancias en el espectrofotómetro.

Figura 49

Curva estándar en el espectrofotómetro.



Nota: Curva estándar arrojada por el espectrofotómetro.

Tabla 4

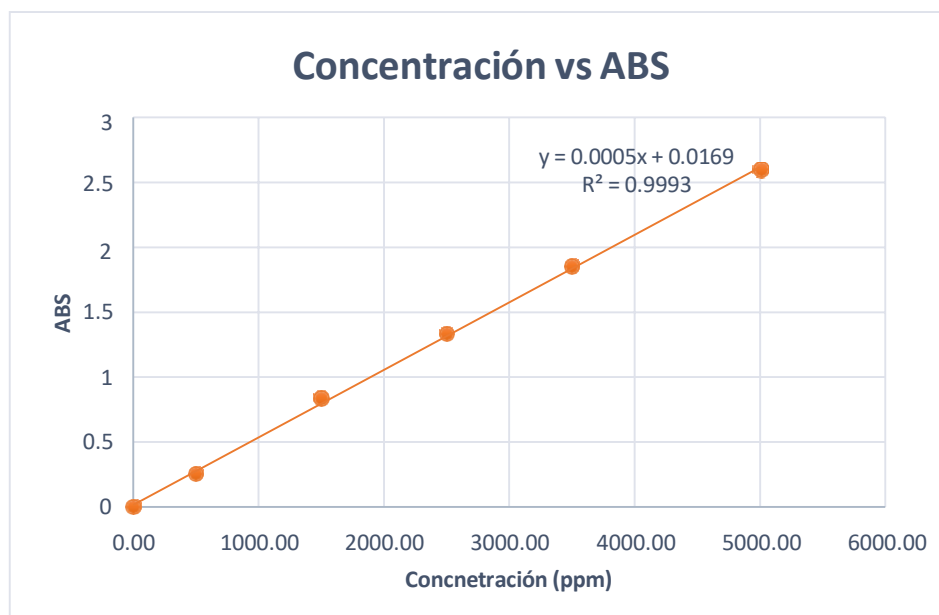
Absorbancias recopiladas del espectrofotómetro.

Patrón	Concentración (ppm)	ABS
ST01	0	0,000
ST02	500	0,253
ST03	1500	0,836
ST04	2500	1,332
ST05	3500	1,851
ST06	5000	2,592

Nota: Elaboración propia.

Figura 50

Curva de los datos recopilados en el espectrofotómetro.



Nota: Elaboración propia.

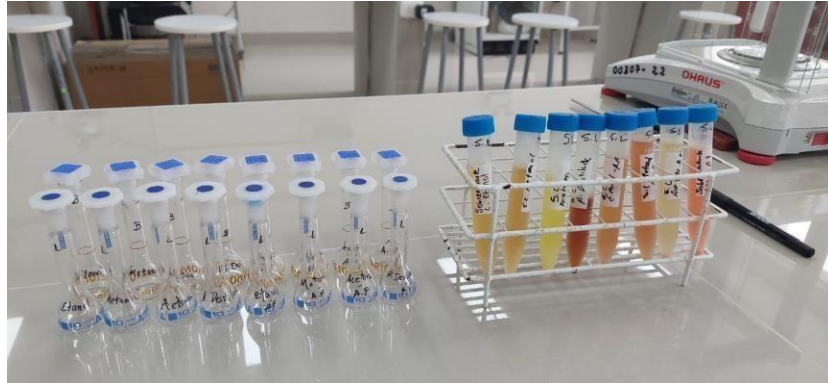
3.5.3. Determinación de compuestos fenólicos en las extracciones.

- Preparación de las 8 muestras extractoras.
 - A. El contenido de fenoles se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu. Se procedió a sacar del refrigerador los 8 tubos centrífuga los cuales contienen las soluciones extractantes. En 8 fioles de 10 ml, se rotuló cada una con el nombre de cada solución extractante y se introdujo una alícuota de 100 uL de cada extracto respectivamente a cada fiola rotulada. Posteriormente se agregó 7.9 ml de H₂O destilada, después de envolver cada fiola con papel aluminio se agregó 500 uL de reactivo Folin-Ciocalteu y se procedió a incubar las muestras por un tiempo de 8 minutos. Transcurrido ese tiempo agregamos a cada fiola 1500 uL y procedimos a incubar las muestras por un tiempo de 2 horas, pasando ese tiempo se llevó las muestras para su lectura en el espectrofotómetro. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada muestra para tener una exactitud en los resultados.

Primera prueba.

Figura 51

Soluciones extractoras.



Nota: Elaboración propia.

Figura 52

Extrayendo las alícuotas



Nota: Elaboración propia.

Figura 53

Después de agregar el agua destilada.



Nota: Se agregó 7.9 ml a cada fiola.

Figura 54

Agregando el reactivo Folin- Ciocalteu.



Nota: Elaboración propia.

Figura 55

Fiolas envueltas con papel aluminio.



Nota: Después de adicionar el reactivo Folin- Ciocalteu y listos para su incubación por 8 minutos.

Figura 56
Adicionando el NaOH



Nota: Elaboración propia.

Figura 57
Muestras en la incubación.



Nota: Las muestras se dejaron en incubación un tiempo de 2 horas.

Figura 58
Lectura en el espectrofotómetro.



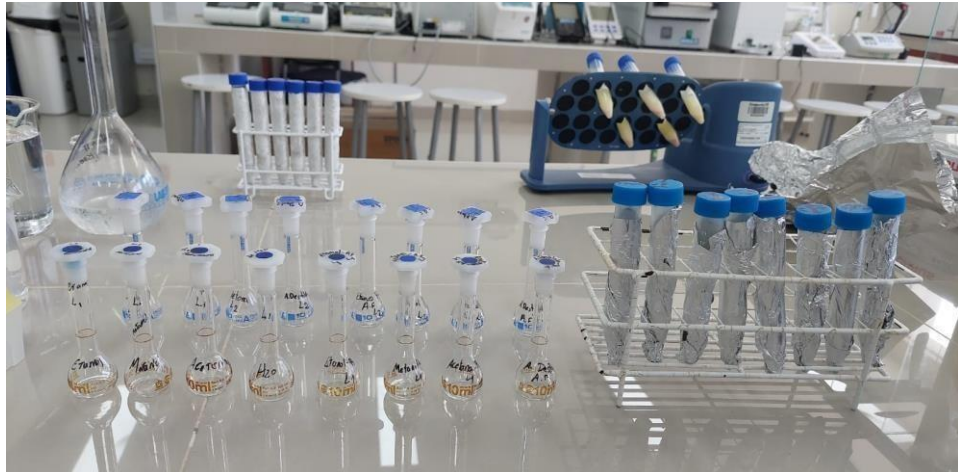
Nota: Elaboración propia.

Segunda y tercera prueba.

Repetimos el mismo proceso anterior por 2da y 3era vez para cada extracción.

Figura 59

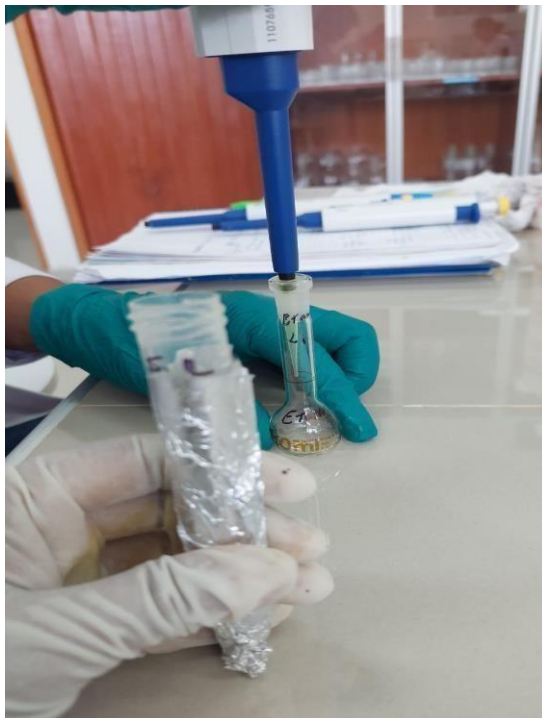
Fiolas de la 2da y 3era prueba.



Nota: Elaboración propia.

Figura 60

Añadiendo la alícuota de las muestras. 2do ensayo



Nota: Se añadió alícuotas de 100 uL de cada extracción en fiolas del segundo ensayo.

Figura 61

Añadiendo la alícuota de las muestras 3er ensayo



Nota: Se añadió alícuotas de 100 μ L de cada extracción en fiolas del tercer ensayo.

Figura 62

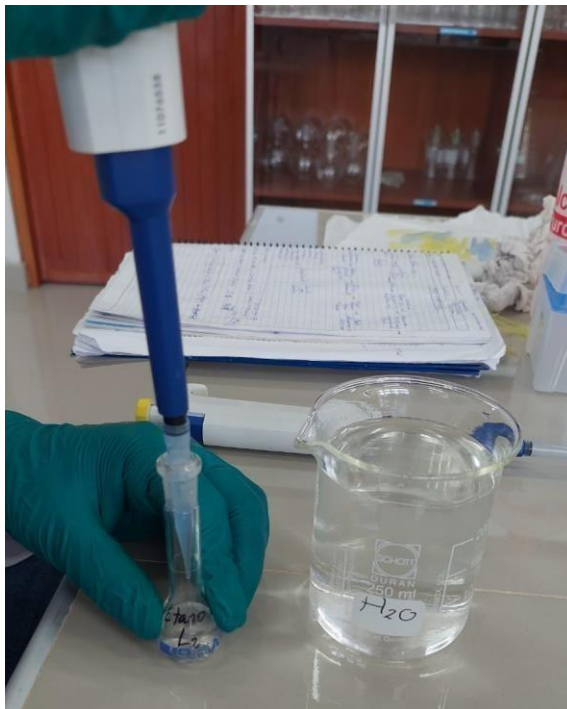
Fiolas con todas las alícuotas añadidas. 2do y 3er ensayo.



Nota: Elaboración propia.

Figura 63

Añadiendo el agua destilada a cada fiola.



Nota: Añadimos 7.9 ml de agua en cada fiola de los 2 ensayos.

Figura 64

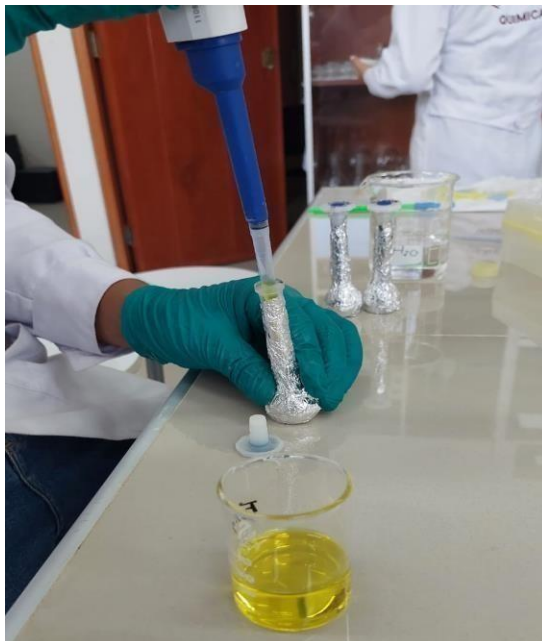
Fiolas envueltas con aluminio.



Nota: Fiolas listas para su adición del reactivo de Folin- Ciocalteu.

Figura 65

Añadiendo el reactivo de Folin- Ciocalteu.



Nota: Se añadió 500 uL en cada fiola de los 2 ensayos.

Figura 66

Agregando el NaOH en cada fiola.



Nota: Elaboración propia.

Figura 67

Muestras en la incubadora.



Nota: Se dejó las muestras en la incubadora por un tiempo de 2 horas.

Figura 68

Lectura de las muestras de la 2da y 3ra prueba.



Nota: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

Figura 69

Resultados en el espectrofotómetro. Primera prueba

Muestra	ABS	Conc. (ppm)
S1	0.576	1097.1
S2	0.576	1899.0
S3	0.997	348.57
S4	0.183	1299.0
S5	0.682	1672.4
S6	0.878	1390.5
S7	0.730	641.90
S8	0.337	1009.5
S9	0.530	1009.5
S10	0.00	0.00

Nota. Elaboración propia

Figura 70

Resultados de la lectura de las muestras de la 2da prueba.

Muestra	ABS	Conc. (ppm)
S1	0.567	1080.0
S2	0.950	1809.5
S3	0.148	281.90
S4	0.148	281.90
S5	0.569	1083.8
S6	0.877	1670.5
S7	0.797	1518.1
S8	0.316	601.90
S9	0.543	1034.3
S10	0.00	0.00

Nota. Datos arrojados por el espectrofotómetro

Figura 71

Resultados de la lectura de las muestras de la 3era prueba.

Muestra	ABS	Conc. (ppm)
S1	0.642	1222.9
S2	0.990	1885.7
S3	0.215	409.52
S4	0.610	1161.9
S5	0.904	1721.9
S6	0.310	590.48
S7	0.930	1771.4
S8	0.500	952.38
S9	0.00	0.00
S10	0.00	0.00

Nota. Datos arrojados por el espectrofotómetro.

Tabla 5*Datos recolectados de la primera prueba.*

Patrón	ABS	Conc. (ppm)
ST01 (Etanol)	0.576	1097.1
ST02 (Metanol)	0.997	1899.0
ST03 (Acetona)	0.183	348.57
ST04 (H ₂ O)	0.682	1299.00
ST05 (Etanol, AF)	0.878	1672.4
ST06 (Metanol, AF)	0.730	1390.5
ST07 (Acetona, AF)	0.337	641.90
ST08 (H ₂ O, AF)	0.530	1009.5

Nota. Elaboración propia**Tabla 6***Datos recolectados de la segunda prueba*

Patrón	ABS	Conc. (ppm)
ST01 (Etanol)	0.567	1080.0
ST02 (Metanol)	0.950	1809.5
ST03 (Acetona)	0.148	281.90
ST04 (H ₂ O)	0.569	1083.8
ST05 (Etanol, AF)	0.877	1670.5
ST06 (Metanol, AF)	0.797	1518.1
ST07 (Acetona, AF)	0.316	601.90
ST08 (H ₂ O, AF)	0.543	1034.3

Nota. Elaboración propia**Tabla 7***Datos recolectados de la tercera prueba.*

Patrón	ABS	Conc. (ppm)
ST01 (Etanol)	0.642	1222.9
ST02 (Metanol)	0.990	1885.7
ST03 (Acetona)	0.215	409.52
ST04 (H ₂ O)	0.610	1161.9
ST05 (Etanol, AF)	0.904	1721.9
ST06 (Metanol, AF)	0.930	1771.4
ST07 (Acetona, AF)	0.310	590.48
ST08 (H ₂ O, AF)	0.500	952.38

Nota. Elaboración propia

Tabla 8*Datos recolectados del promedio de las tres pruebas.*

Solvente	ABS	Conc. (ppm)
Etanol	0.595	1133.3
Metanol	0.979	1864.7
Acetona	0.182	346.7
H ₂ O	0.620	1181.6
Etanol, AF	0.886	1688.3
Metanol, AF	0.819	1560.0
Acetona, AF	0.321	611.4
H ₂ O, AF	0.524	998.7

Nota: Este promedio se extrajo de los resultados de las 3 repeticiones en las lecturas, esto se realiza para tener un resultado exacto independiente del rango de error.

Cuantificación de fenoles totales en cada muestra

A continuación, se procedió a hallar la cantidad de fenoles en cada muestra extractora y determinamos que solvente fue el que mayor cantidad de compuestos fenólicos extrajo.

Con la recta de calibrado realizado, se buscó la fórmula de la recta:

$$Y = 0.0005x + 0.0169 \quad (\text{Ecuación 01})$$

X = Valor de polifenoles totales expresado en equivalentes de Ác. Gálico (en mg/L).

Y = Valor de la absorbancia de la muestra extractora.

Fórmula para la obtención de los equivalentes másicos en ácido gálico:

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \quad (\text{Ecuación 02})$$

El X nos da la cantidad de polifenoles totales equivalentes másicos en ácido gálico en mg/L. Se ha de realizar diferentes factores de conversión, que son:

1. Calcular la concentración de ácido gálico con la ecuación 2 (la Y es la absorbancia obtenida de cada muestra).
2. Corregir con el factor de dilución empleado.

3. Dividir este valor final por la masa introducida de la muestra en el momento de hacer la extracción

Este resultado es el de la cantidad de polifenoles totales en relación a la masa de cáscara de manzana seca. Estos polifenoles están medidos como la cantidad equivalente de ácido gálico.

Cálculo de los fenoles totales por cada muestra:

- **Etanol:**

$$Abs (etanol) = 0.595$$

$$(Y - 0.0169)$$

$$X = \frac{0.0005}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.595 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1156.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 1156.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 17.343 \text{ mg A.G/ gr manzana seca.}$$

- **Metanol:**

$$Abs (Metanol) = 0.979$$

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.979 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1924.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 1924.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 28.863 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Acetona:**

$$Abs (Acetona) = 0.182$$

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.182 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 330.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 330.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 4.953 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Agua destilada:**

$$Abs (Agua) = 0.620$$

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.620 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1206.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 1206.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 18.093 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Etanol y ácido fórmico:**

$$Abs (Etanol y A.F) = 0.886$$

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.182 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1738.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 1738.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 26.073 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Metanol y ácido fórmico:**

$$\text{Abs (Metanol y A.F)} = 0.819$$

$$X = \frac{(Y - 0.0169)}{0.0005} \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.819 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1604.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 1604.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 24.063 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Acetona y ácido fórmico:**

$$\text{Abs (Acetona y A.F)} = 0.321$$

$$X = (Y - 0.0169) / 0.0005 \text{ (Ecuación 02)}$$

$$X = (0.321 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 608.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

$$= 608.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 9.123 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

- **Agua y ácido fórmico:**

$$Abs (Agua y A.F) = 0.524$$

$$X = (Y - 0.0169) / 0.0005 \text{ (*Ecuación 02*)}$$

$$X = (0.524 - 0.0169) / 0.0005$$

$$X = 1014.2 \text{ mg A.G/L}$$

Ahora introducimos la cantidad de solvente utilizado en la extracción en ml y la masa de muestra utilizada.

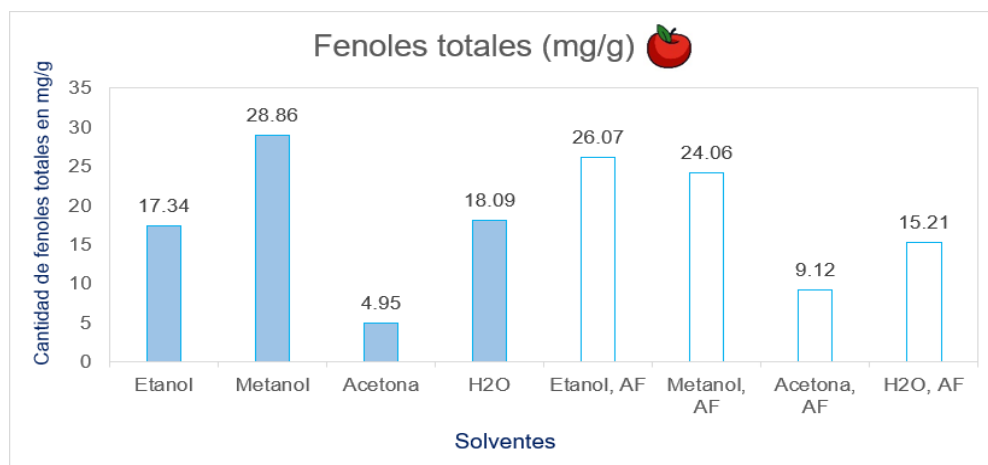
$$= 1014.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * 15 \text{ ml solvente} / 1 \text{ gr manzana seca}$$

$$= 15.213 \text{ mg A.G/ gr manzana seca}$$

A partir de lo hallado anteriormente, se compara la cantidad de fenoles extraído para cada solvente empleado.

Figura 72

Fenoles totales extraídos por cada solvente



Nota: Los resultados se expresan como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco.

Como podemos apreciar en la figura anterior todos los solventes pudieron extraer compuestos fenólicos, de los cuales el **metanol** fue el solvente más eficaz obteniendo mayores compuestos fenólicos **28.86 mg A.G/ g** de extracto seco.

Por otro lado, el solvente menos eficiente en la extracción fue la **acetona**, teniendo la menor cantidad de compuestos fenólicos **4.95 mg A.G/ g** de extracto seco.

4.2. Discusiones

En cuanto al objetivo general extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque se obtuvo que, el residuo de manzana es una fruta potencial a la que se puede extraer compuestos fenólicos. Por otro lado, Villamil, J. (2021) comprobó que se pueden extraer compuestos fenólicos en residuos de fresa, los cuales poseen una gran actividad inhibidora y antioxidante. Así también, Arenas, S. (2019) logró demostrar que es posible extraer compuestos fenólicos a partir de alperujo que se genera al extraer aceite de oliva. Ruales, A. et al. (2017) pudieron demostrar que se puede extraer compuestos fenólicos de los residuos de uva Isabella siendo la semilla y el escobajo las partes con mayor cantidad de estos compuestos. El autor Toledo, P. (2020) pudo extraer los compuestos fenólicos a partir de los residuos de la granada, exactamente, en las partes de la cascara y membranas carpelares. Desde otro punto de vista, el autor Barriga, M. (2018) presentó la extracción de dichos compuestos a base de la semilla de la uva quebranta que eran recuperadas del residuo sólido de la producción de pisco. Bajo otra línea, Torres, A. (2018) evidenció la extracción a partir de dos tipos de uva, consiguiendo un porcentaje de extracción de $9.44 \pm 0.09 \%$ en la uva negra criolla y $14.83 \pm 0.27 \%$ en la uva Italia con tres horas de extracción a 40°C . De otro modo, Marcelo, R. et al., (2017) logró extraer 1429.09 mg/g de compuestos fenólicos a partir de residuos de café, el cual fue un valor superior a los anteriormente hallados. Correa, D. (2019) en su estudio demostró la presencia de taninos en la almendra del mango como el ácido gálico y ácido tánico.

En cuanto al primer objetivo específico realizar el pre tratamiento o acondicionamiento del residuo de manzana del mercado Moshoqueque para la extracción de compuestos fenólicos, se

concluye que dicho proceso constó de los procesos de lavado, pelado, secado y molienda en la que se obtuvo una muestra molida de 39.2403 gramos. Por lo contrario, Arenas, S. (2019) inició con la refrigeración del alperujo, pues este comprende un subproducto de la extracción de aceite de oliva. Autores como Gómez, J. (2018) obtuvieron una muestra de 379.67 gramos de fruto húmedo que correspondió a una muestra de 171 gramos de fruto seco, cuyo rendimiento de la cascara seca fue del 45%. Toledo, P. (2020) consideró las etapas de pesado, lavado y desinfección, cortado, selección, desafilado, clasificación, almacenado, secado, molido tamizado y almacenado, cuya muestra resultó ser de entre 6 a 10 gramos de fruta seca. Barriga, M. (2018) siguió un proceso de pretratamiento que iniciaba en el secado de orujo, seguido de la separación de semillas, secado y almacenado, posterior el proceso de molienda y tamizado. Para el estudio de Torres, A. (2018), el procedimiento de tratamiento inició con el secado seguido de la separación y molienda para culminar con el tamizado. Así también, Marcelo, R. et al., (2017) consideró un kilo de muestra que se obtuvo de la cafetería Starbucks, el cual fue secado hasta obtener un 10% de humedad. En el estudio de Carranza, M. (2021), su proceso constó de la selección, clasificación, desinfección, oreado, secado, pesado, molienda, tamizado, pesado, envasado, sellado, empacado y almacenado a una muestra de 3 kilos de hojas de eucalipto, 3 kilos de hojas de pulmonaria y 3 kilos de aguaymanto.

En cuanto al segundo objetivo específico realizar el procedimiento experimental para la extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, se empleó 8 muestras de residuo de manzana, en la primera etapa se consideró la proporción 1:10, para la segunda etapa se empleó los residuos sólidos de la primera etapa cuya proporción fue de 1:5 repitiendo el proceso. Se consideró como material de referencia al ácido gálico con el que se obtuvo la ecuación patrón por medio del espectrofotómetro. Se realizó tres pruebas de extracción. De manera similar, Villamil, J.

(2021) consideró dos etapas en las que también incluyó la variación el tipo de solvente, sin embargo, solo consideró realizar una prueba, y extenderse a la cantidad de los subgrupos de los compuestos fenólicos como Tetragaloil-glucosa, Ácido elágico pentóxido, Agrimoniin, Ácido elágico, Quercetina-3-Oglucuronido y Kaempferol 3-O-glucuronido. Por lo contrario, Arenas, S. (2019) consideró cuatro relaciones siendo estas de 1:4, 1:6, 1:8 y 1:10 considerando como solventes el agua y el etanol. A ello, Gómez, J. (2018) consideró cinco etapas de extracción. Toledo, P. (2020) delimitó 4 experimentos con dos tipos de extracción y varios tipos de solvente a una temperatura de 40°C y a una presión de 200 bar. Barriga, M. (2018) consideró 36 ensayos considerando varios solventes como la acetona, agua, etanol y metanol. Por otro lado, Marcelo, R. et al., (2017) consideró un total de 20 ensayos, en la que se varió la concentración de etanol de entre 20 a 93.8% y las diferentes relaciones de concentración entre 10 a 40 ml/g. Carranza, M. (2021) consideró niveles de 90, 1, 9; 80, 2,18; y 70,3,27 de pulmonaria, eucalipto y aguaymanto, respectivamente para cada nivel, evaluó cada ensayo con un gramo de muestra.

En cuanto al tercer objetivo específico determinar el solvente químico con mayor eficacia en la extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, se concluye que el solvente más eficaz en la extracción de compuestos fenólicos resultó ser el metanol y el de menor eficacia fue la acetona. Bajo otra realidad, Villamil, J. (2021) muestra que el solvente con mayor rendimiento fue el metanol 80% acidificado con dos etapas de extracción con una concentración de 15.01 mg, seguido de la acetona. Por otro lado, Arenas, S. (2019) obtuvo un rendimiento superior en la extracción con el solvente etanol con una temperatura constante de 40°C, cuya extracción fue de 22 meqTY/g alperujo seco, mientras que con el agua se obtuvo rendimientos bajos, aunado a ello, demostró que al aumentar la temperatura se puede lograr extraer mayor cantidad de compuestos fenólicos. Gómez, J. (2018) obtuvo un mayor contenido de polifenoles en la tercera etapa siendo este de 298.9 mg/g

y 297.3 mg/g para *P. granatum* de Guanajuato a partir del método de extracción tradicional y la extracción asistida por ultrasonido, respectivamente. Desde otro punto de vista, Ruales, A. et al. (2017) comparó la extracción de compuestos fenólicos de las partes de la uva, obteniendo una cantidad de $4,18 \pm 0,11$ mg/g en sarmientos; $22,08 \pm 0,20$ mg/g en escobajos; $6,69 \pm 0,02$ mg/g en hollejos y $10,62 \pm 0,17$ mg/g en semillas, por lo que, la parte con mayor extracción fueron los escobajos seguido de las semillas. Toledo, P. (2020) comparó el rendimiento de extracción de los compuestos entre los 10 experimentos, cuyo experimento 9 fue el de mayor rendimiento (44.99%) con una temperatura de 60°C a 80 bar. Barriga, M. (2018) presentó por su lado, obtuvo que la cantidad mayor de extracción de compuestos fenólicos se logró con acetona al haber pasado una hora de extracción y el agua al haber pasado de dos a tres horas. Por otro lado, Torres, A. (2018) evidenció una mayor extracción de fenoles a las 48 horas a temperatura ambiente en la uva criolla con 89.17 ± 0.41 mg/g mientras que en la uva criolla tuvo 58.34 ± 0.11 mg/g en las mismas condiciones; en cuanto a los flavonoides tuvo una mejor extracción a las 3 horas a una temperatura de 40°C con un contenido de 0.91 ± 0.02 mg/g para la uva negra y de 0.64 ± 0.03 mg/g para la uva Italia; finalmente, obtuvo una cantidad nula de antocianinas. Así también, Marcelo, R. et al., (2017) consiguió una mejor extracción con un tiempo de extracción de 32.42 minutos, con una relación de 11.65 ml/g y concentración de etanol de 21.03%. Desde otra perspectiva, Carranza, M. (2021) comparó las concentraciones de eucalipto, aguaymanto y pulmonaria para obtener una mayor extracción, siendo la mejor con un 50% de pulmonaria, 5% de eucalipto y 45% de aguaymanto.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se concluye que se pudo extraer compuestos fenólicos de los residuos de manzana del mercado Moshoqueque, entre 4.95 mg/g de extracto seco hasta 28.86 mg/g de extracto seco considerando varios solventes como agua, metanol, etanol y acetona para su extracción, entre ellos siendo el metanol el solvente con mayor eficacia en la extracción. Cabe resaltar que para estas extracciones se consideró muestras de 1 gramo de residuo de manzana, por lo que, el residuo de manzana es una fruta potencial a la que se puede extraer compuestos fenólicos.

Se concluye que el proceso de pretratamiento optimizó el proceso de extracción, dicho proceso constó de los procesos de lavado, pelado, secado y molienda; en la que se consideró un kilo de manzanas como materia prima, el mismo que fue lavado entre dos y tres veces en cuatro litros de agua, en el pelado se obtuvo 200 gramos de cáscara, se secaron cuatro bolsas de 50 gramos, finalmente se obtuvo una muestra molida de 39.2403 gramos.

Por otro lado, también se concluye que se empleó 8 muestras con 1 gramo de residuo de manzana, en la primera etapa se consideró la proporción 1:10 cuyo proceso fue a una temperatura de 20°C por 15 minutos en el ultrasonido y a 4°C por 15 minutos de centrifugado, posteriormente se extrajo el sobrenadante; para la segunda etapa se empleó los residuos sólidos de la primera etapa cuya proporción fue de 1:5 repitiendo el proceso. Se consideró como material de referencia al ácido gálico con el que se obtuvo la ecuación patrón por medio del espectrofotómetro. Se realizó tres pruebas de extracción en la que se mostró la absorbancia y la concentración.

Así mismo, también se concluye que el promedio de las concentraciones fueron las siguientes: para el etanol de 1133.3 ppm, 1864.7 para el metanol, 346.7 para la acetona, 1181.6 para el agua, 1688.3 para el etanol con ácido fórmico, 1560.0 para el metanol con

ácido fórmico, 611.4 para la acetona con ácido fórmico y de 998.7 para el agua con ácido fórmico. Los fenoles totales fueron de 17.34 mg/g para el etanol, 28.86 para el metanol, 4.95 para la acetona, 18.09 para el agua, 26.07 para el etanol con ácido fórmico, 24.06 para el metanol con ácido fórmico, 9.12 para la acetona con ácido fórmico y de 15.21 para el agua con ácido fórmico. El solvente más eficaz en la extracción de compuestos fenólicos resultó ser el metanol y el de menor eficacia fue la acetona.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda investigar qué tipos de compuestos fenólicos se pueden extraer mayormente del residuo de las manzanas.

Se recomienda investigar que utilidad se le podría dar a la pulpa de la manzana, ya que para este estudio de investigación solo nos valemos de la cascará.

Se recomienda utilizar varios solventes para el proceso de extracción e investigar cuál de ellos es el más recomendable para la extracción y posterior utilidad en el ser humano.

Así mismo se recomienda realizar más de una prueba experimental, en estudios como estos, para evitar márgenes de errores elevados y tener resultados más exactos.

Se recomienda emplear los residuos orgánicos como de frutas (manzana, fresa, etc.) que son desechados en los mercados u otros establecimientos, para extraer compuestos fenólicos dándoles un valor agregado a estos residuos orgánicos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, M., Buglione, M., Martínez, D., Filippi, M., Cayolo, F., y Maldonado, J. (2017). Compuestos polifenólicos en bagazo de pera y manzana. XVI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. CYTAL. <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/6589/1/Ag%20c3%bcero%20et%20al%202017%20CYTAL%20Certif%20y%20Trabajo%20polifenoles.pdf>
- Amaro, M. (2018). *Extracción y caracterización de compuestos bioactivos remanentes en orujos y su utilización en la industria alimentaria con fines tecnológicos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo]. Repositorio UNCU. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11475/tesis-brom.-damario-2018.pdf
- Arenas, S. (2019). *Extracción de compuestos fenólicos mediante el uso de disolventes orgánicos a partir del subproducto obtenido en la elaboración de aceite de oliva virgen (alerujo)* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio UPV. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134096/Arenas%20-%20Extracci%C3%B3n%20de%20compuestos%20fen%C3%B3licos%20mediante%20el%20uso%20de%20disolventes%20org%C3%A1nicos%20a%20partir%20del.pdf?sequence=1>
- Barriga, M. (2018). *Actividad antioxidante y antifúngica de compuestos fenólicos de la semilla de uva quebranta, recuperados del residuo sólido del procesamiento de pisco* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Marcos]. Repositorio UNMSM. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9847/Barriga_sm.pdf?sequence=3
- Bhadange, Y., Kumar, V., Sonawane, S., y Boczkaj, G. (2022). Intensification of catechin extraction from the bark of *Syzygium cumini* using ultrasonication: Optimization, characterization, degradation analysis and kinetic studies. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 181, 109147. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.109147>

- Benavides, R., Revelo, Y., Arango, O. y Osorio, O. (2020). Extracción asistida con ultrasonido de compuestos fenólicos de dos variedades de papas (*Solanum phureja*) nativas andinas y evaluación de su actividad antioxidante. *Información tecnológica*, 31(5), 43-50.
<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v31n5/0718-0764-infotec-31-05-43.pdf>
- Calderón, A. (2021). *Enriquecimiento en manool a partir de biomasa de Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.* [Tesis de posgrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Repositorio UMSNH.
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6761
- Carranza, M. (2021). *Evaluación del contenido de fenoles del filtrante de pulmonaria (Pulmonaria Officinalis), eucalipto (Eucalyptus Globulus) y aguaymanto (Physalis Peruviana)* [Tesis de pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional UNPRG.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20500.12893/9574>
- Corilla, D. (2020). *Extracción, microencapsulación y cuantificación de compuestos fenólicos asistida por ultrasonido a partir de residuos de café (Coffea Arábica L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20500.12894/5733/T010_47301715_M.pdf?sequence=1
- Corona, L., Hernández, D. y Meza, O. (2020). Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en México. *Biotecnia*, 22(1), 166-174.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562020000100166
- Correa, D. (2019). *Efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango criollo (Mangifera Indica L.) y su aplicación en el curtido de pieles* [Tesis de pregrado, Universidad

Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional UNPRG.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4388>

- Espinoza, M., Gómez, E., Aguilar, J., Cabanillas, J., Santa Cruz, M., Rodríguez, I., Ríos, R., Zuta, I. y Siche, R. (2015). Aprovechamiento de los residuos del membrillo (*Cydonia oblonga* L.) como fuente de compuestos bioactivos. *Revista Agroindustrial Science*, 1(5), 133-141.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1060/988>
- Fariás, A., Lamarão, C. y Veiga, V. (2018). Pressurized Liquid Extraction of Phenolic Compounds from Acai seeds (*Euterpe precatoria* Mart.). *Journal of Research in Engineering Sciences*, 43-54. <https://acortar.link/sMook1>
- Flores, M., Soto, J., Salas, N., Sánchez, E., Piña, F. (2018). Efecto del subproducto industrial CaCO_3 en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzana cvs Golden Delicious y Top Red. *Nova Scientia*, 10(1), 64-82.
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=ea43cbf2-b90f-4813-b581-c72579b1ef2d%40redis>
- García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Obtenido de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/52056>
- Garulo, A., Valencia, N., Garrido, A., Yañez, J., y Cerón, G. (2021). Modelación de la extracción de polifenoles de semillas de uva. *Publicación Semestral Pädi*, 9(2), 179-186.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/8041/8699>
- Gil, E., Forbes, T., Romero, A., Cinciosi, D., Giampieri, F., y Battino, M. (2022). Influence of the extraction method on the recovery of bioactive phenolic compounds from food industry by-products. *Food Chemistry*, 978, 131918.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131918>
- Gómez, J. (2018). *Análisis comparativo del perfil polifenólico en cáscara de púnica granatum cultivada en Guanajuato y Oaxaca* [Tesis de grado,

Universidad Tecnológica de la Mixteca]. Repositorio UTM.
<http://repositorio.utm.mx/bitstream/123456789/94/1/2018-MCPNA-JFGC.pdf>

Gómez, J. (2019). *Diseño de un alimento funcional a base de un extracto de manzana (Malus domestica variedad Anna) con potencial antioxidante* [Tesis de pregrado, Instituto tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11480/TFG_Julio_G%C3%B3mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, E. y Díaz, D. (2021). Optimización del proceso de extracción de aceite en cera de caña de azúcar, con el empleo de etanol. *Icidca*, 55(2), 47-57. https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Diaz-De-Los-Rios/publication/355081021_Optimizacion_del_proceso_de_extraccion_de_aceite_en_cera_de_cana_de_azucar_con_el_empleo_de_etanol/links/615c944b50be55072887bac4/Optimizacion-del-proceso-de-extraccion-de-aceite-en-cera-de-cana-de-azucar-con-el-empleo-de-etanol.pdf.

Hernández, L., Salazar, J., Pabón, L., Hernández, P. (2022). Actividad antioxidante y cuantificación de fenoles y flavonoides de plantas colombianas empleadas en infecciones urinarias. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1) 1-8.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1690>

Ibarra, D., Ramos, M., Sánchez, M., Castelán, R., y Marín, M. (2022). Compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de la fermentación en estado sólido de bagazo de manzana (*Malus domestica* Borkh., var. panochera). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), 2103.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2103

Jiang, Y., Fang, Z., Leonard, W., y Zhang, P. (2021). Phenolic compounds in Lycium berry: Composition, health benefits and industrial applications. *Journal of Functional Foods*, 77, 104340.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104340>

Lin, S., Meng, X., Tan, C., Tong, Y., Wan, M., Wang, M., Zhao, Y., Deng, H., Kong, Y., y Ma, Y. (2022). Composition and antioxidant activity of

anthocyanins from *Aronia melanocarpa* extracted using an ultrasonic-microwave-assisted natural deep eutectic solvent extraction method. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106102. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106102>

Linares, J. (2022). *Contribución de la manzana y la sidra al consumo de antioxidantes y su relación con biomarcadores del estado de salud* [Tesis de grado, Universidad de Oviedo]. Repositorio UNIOVI. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/64132/TFM_JuanAlfonsoLinaresGarcia.pdf?sequence=4

Llopart, E., Busti, P., Verdini, R., Delorenzi, N. (2018). Formación de nanocomplejos entre polifenoles de cáscaras de manzanas y beta-lactoglobulina para su potencial aplicación en alimentos funcionales. *Revista del laboratorio Tecnológico del Uruguay*, 15, 32-36. <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=d4bd9353-4cd2-4590-b82c-a3fd15664020%40redis>

Lobos, R., Montalván, P., Maceda, J., Llave, D., Díaz, J., Flores, J., Chañi, L. (2022). Extracción discontinua sólido-líquido de antioxidantes de las hojas de Anona (*Annona × atemoya* Mabb). *Engenharia de produtos naturais: planejamento, experimentação, obtenção de produtos e purificação*, 14, 222-234. <https://downloads.editoracientifica.org/articles/211106540.pdf>

Marcelo, R., Luján, V., Olano, M., Vargas, A., Rojas, M. y Linares, G. (2017). Fenólicos a partir de residuos de café: Optimización del proceso de extracción. *Revista de investigaciones altoandinas*, 19(4), 405-410. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v19n4/a06v19n4.pdf>

Martín, G. (2018). Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 81-104. <http://dx.doi.org/10.22490/21456453.1968>

Martínez, M. (2016). *Residuos de alcachofa (Cynara scolymus) variedad Larca como fuente de compuestos fenólicos y su aplicación como antioxidante* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio LAMOLINA.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2713/Q52-M3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Núñez, R., Quintana, L., Gutiérrez, R., Valdés, O., González, K., Hernandez. Y., Acosta, Y., Ortiz, E. (2020). Optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina *Thalassia testudinum*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(2), 109-117. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752019000200109
- Obregón Tinoco, H., Huayta Socantaype, F., & Cardenas Toro, F. (2018). Optimización del Proceso de Extracción por Fluidos Supercríticos en la Obtención de Aceite de Semillas de Uva con el Empleo de la Metodología Taguchi y Superficie de Respuesta. *Proceedings of the 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*. http://www.laccei.org/LACCEI2018-Lima/full_papers/FP268.pdf
- Olivos, W. (2020). *Evaluación del contenido de carotenoides, la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos de Bunchosia armeniaca "cansa boca"* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51099/Olivos_GWL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Oluwaseun, R., Nour, H., Chinonso, I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4(2021), 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Otálora, D., y Martin G. (2020). Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador Técnico*, 85(1), 83-106. <https://doi.org/10.23850/22565035.2857>
- Ramírez, L., Villareal, A., Villagrán, Z., y Anaya, L. (2021). Residuos alimenticios: fuente de componentes bioactivos para la elaboración de alimentos

funcionales. *Acta De Ciencia En Salud*, 16, 17-26.
<https://doi.org/10.32870/acs.v0i16.108>

- Rodríguez, R. (2020). *Planteamiento de un proceso para la extracción y recuperación de pectina a partir de residuos de fruta mediante hidrólisis ácida* [Tesis de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio UNIANDES.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/49021/u833720.pdf?sequence=1>
- Rojas, T., Fuentes, M., Contreras, E., Gómez, S. y Muñoz, A. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 258-267.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200012&lng=es&tlng=pt.
- Ruales, A., Rojas, A. y Cardona, C. (2017). Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*). *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 1(2), 72-79.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00072.pdf>
- Ruiz, S., Venegas, E., Valdiviezo, J. y Plasencia, J. (2018). Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del zumo de "pur pur" *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Passifloraceae). *Arnaldoa*, 25(3), 1003-1014.
<https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25312>
- Sarria, R., Gallo, J. y Benítez, R. (2021). Extracción de compuestos fenólicos y contenido de catequina en cortezas de tres especies forestales del Cauca-Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 15(29), 19-27. *Epub February*, 20, 2022.
<https://doi.org/10.31908/19098367.2622>
- Serna, J., Torres, L., Martínez, K., Hernández, C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Rev.ion*, 31(1), 37- 42. <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v31n1/0120-100X-rion-31-01-37.pdf>

- Silvano, H., Neri, I., Akemi, L., Maróstica, M., y Pastore, G. (2020). Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. *Journal of Functional Foods*, 75, 104203. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104203>
- Soto, L. (2015). *Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vino* [Tesis de grado, Universidad de Vigo]. Repositorio UVIGO. <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/412/Extracci%C3%B3n%20y%20purificaci%C3%B3n%20de%20compuestos.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Tánori, D., Wall, A. y Cárdenas, J. (2022). Cápsulas de polvo de arándano como propuesta nutraceutica para mejorar la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos. *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 72(1), 11-22. https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Tanori/publication/360296420_Capsulas_de_polvo_de_arandano_como_propuesta_nutraceutica_para_mejorar_la_bioaccesibilidad_de_compuestos_fenolicos_Blueberry_Powder_capsules_as_a_nutraceutical_proposal_to_improve_bioaccessibility_of_/links/6270249e973bbb29cc5c27b2/Capsulas-de-polvo-de-arandano-como-propuesta-nutraceutica-para-mejorar-la-bioaccesibilidad-de-compuestos-fenolicos-Blueberry-Powder-capsules-as-a-nutraceutical-proposal-to-improve-bioaccessibility-of.pdf
- Toledo, P. (2020). *Aprovechamiento de los residuos de la granada (Punica granatum) variedad wonderful para la obtención de compuestos fenólicos de tecnologías limpias* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio UNJBG. http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4120/1842_2020_toledo_merma_pr_fcag_ingenieria_en_industrias_alimentarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, A. (2018). *Determinación de compuesto fenólicos y su capacidad antioxidante de extractos de orujo (epicarpio) de vitis vinífera L. var. Italia y Negra criolla de residuos vitivinícolas como fuente de principios bioactivos aprovechables* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de

San Agustín]. Repositorio UNAS
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5005/Bltoesa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Trías, J., Curutchet, A., Arcia, P. y Cozzano, S. (2020). Revalorización del descarte originado por la producción de jugo de manzana como ingrediente funcional en la formulación de premezclas para horneados. *INNOTECH*, 21, 52-67. <https://doi.org/10.26461/21.04>
- Urango, K., Ortega, F., Vélez, G., y Pérez, Ó. (2018). Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. *Información tecnológica*, 29(1), 129-136. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100129>
- Urías, V., Martínez, G., Rojas, R., Niño, G. (2020). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en bebidas comerciales de consumo frecuente en términos de tamaño de porción. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 24(70), 29-33. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00072.pdf>
- Villamil, J. (2021). Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo agroindustrial de frutilla (*Fragaria X Ananassa*) [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral]. Biblioteca virtual UNL. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/5762>
- Wang, N., Shi, N., Fei, H., Liu, Y., Zhang, Y., Li, Z., Ruan, C., y Zhang, D. (2022). Physicochemical, structural, and digestive properties of pea starch obtained via ultrasonic-assisted alkali extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106136. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106136>
- Wong, J., Aguilar, P., Veana, F. y Muñiz, D. (2021). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *Revista especializada en ciencias químico biológicas*, 23(1), 1-11. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v23/1405-888X-tip-23-e20200255.pdf>

- Xu, H., Fei, Q., Manickam, S., Li, D., Xiao, H., Han, Y., Show, P., Zhang, G., Tao, Y. (2022). Mechanistic study of the solid-liquid extraction of phenolics from walnut pellicle fibers enhanced by ultrasound, microwave and mechanical agitation forces. *Chemosphere*, 309(1), 136451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136451>
- Zambrana, P., Blanco, J., Espinoza, J., Conte, C. y la Torre, C. (2018). Determinación de residuos de antibióticos veterinarios en productos de origen animal mediante cromatografía líquida. *Vigilância Sanitária em Debate*, 6(2), 122-136. <https://www.redalyc.org/journal/5705/570562984014/570562984014.pdf>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DEL PROYECTO: Extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022.

AUTOR: Bach. Sánchez Mondragón Sheila Margot, Bach. Vásquez Vásquez Josué Leonardo

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO
¿Cómo extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022?	Extraer compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque.	A través de extracciones sólido-líquido utilizando solventes,	VARIABLE DEPENDIENTE Extracción de compuestos fenólicos	- Agua ionizada - Etanol 96% - Metanol 96% - Acetona 100% - Número de etapas	Tipo: Básica
	ESPECIFICOS - Realizar el pre tratamiento o acondicionamiento del residuo de manzana del mercado Moshoqueque para la extracción de	podemos extraer compuestos fenólicos de los residuos de la cascara de manzana del mercado Moshoqueque.		- Porcentaje de concentración - Contenido de fenoles totales - Contenido de flavonoides totales - Cromatografía - Color	Enfoque: Cuantitativo
			VARIABLE INDEPENDIENTE	- Características sobre el residuo	Diseño: Experimental

compuestos fenólicos.	Residuos de manzana	- Subproducto del procesamiento comercial
- Realizar el procedimiento experimental para la extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022.		
- Determinar el solvente químico con mayor eficacia en la extracción de compuestos fenólicos a partir del residuo de manzana del mercado Moshoqueque, Chiclayo 2022		

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE Extracción de compuestos fenólicos	Tipo de solvente	Agua, etanol, metanol, acetona	Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Libreta De Anotaciones • Agua ionizada • Etanol 96% • Metanol 96% • Acetona 100% • Probetas • Vidrio reloj • Balanza • Vórtex • Ultrasonido • Tubo de centrífuga
	Etapas de extracción	Número de etapas		
	Concentración de ácido fórmico	Porcentaje de concentración		
	Tipo de compuestos fenólicos	Contenido de fenoles totales Contenido de flavonoides totales		
	Perfil de compuestos fenólicos	Cromatografía		
	Capacidad antioxidante	Color		
VARIABLE INDEPENDIENTE	Generalidades	Características sobre el residuo		
Residuos de manzana del mercado Moshoqueque	Origen	Subproducto del procesamiento comercial		