



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**OBTENCIÓN, ANÁLISIS Y MICROENCAPSULACIÓN DE
EXTRACTOS ETANÓLICOS DEL FRUTO DE MORTIÑO
(*Vaccinium floribundum Kunth*) RECOLECTADOS EN LA
PARROQUIA DE PILAHUÍN – TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: WELLINGTON OMAR VILLEGAS FREIRE

DIRECTORA: DRA. VALERIA ISABEL RODRIGUEZ VINUEZA

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Wellington Omar Villegas Freire

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wellington Omar Villegas Freire, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de mayo de 2024

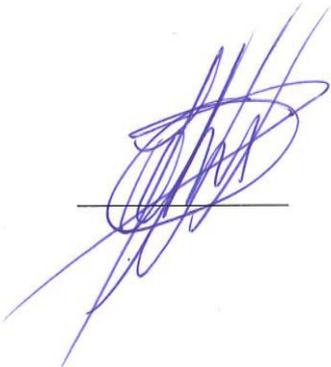


Wellington Omar Villegas Freire

180434944-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **OBTENCIÓN, ANÁLISIS Y MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DEL FRUTO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum Kunth*) RECOLECTADOS EN LA PARROQUIA DE PILAHUÍN – TUNGURAHUA**, realizado por el señor: **WELLINGTON OMAR VILLEGAS FREIRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Bqf. John Marcos Quispillo Moyota PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-01
Bqf. Valeria Isabel Rodriguez Vinuesa DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-01
Bqf. Irvin Ricardo Tubon Usca ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-01

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en este camino académico, por darme la sabiduría y la perseverancia para alcanzar esta meta. A mis queridos padres, Luis Villegas y Maclovia Freire, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi inspiración en la vida. A mis abuelitos, Miguel y Clara, por enseñarme el valor del esfuerzo y la importancia de la familia. A mis hermanos, Cristina, Luis, Cristian, Gissel, Jeaslyn y Wilman por ser mi apoyo, por su comprensión y por estar siempre a mi lado en cada paso de esta travesía universitaria. Y finalmente, a Jessenia, por su amor, paciencia y comprensión durante este proceso, y mi motivación para seguir adelante. Esta tesis está dedicada con todo mi cariño y gratitud a cada uno de ustedes, quienes han sido parte fundamental en este logro.

Wellington Omar Villegas Freire.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi formación académica y personal, y que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis. A mis padres y a mis abuelos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi ejemplo para seguir en la vida. A mis hermanos, sobrinas y cuñado, por su comprensión, su ánimo y por estar siempre presentes en cada etapa de mi formación. A todos mis docentes, por su dedicación, su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo. A mis compañeros de estudio, por los momentos compartidos, las experiencias vividas y por el apoyo mutuo en cada desafío académico. Quiero hacer mención especial a dos de mis formadores, Irving y Valeria, por su dedicación, su orientación y por ser modelos para seguir en mi desarrollo académico y profesional. Y, por último, pero no menos importante, quiero agradecerme a mí mismo por mi esfuerzo, sacrificio y perseverancia a lo largo de este camino. Cada desafío superado ha sido un paso más hacia la realización de este sueño. A todas estas personas, mi más profundo agradecimiento. Este logro también es de ustedes.

Villegas Freire Wellington Omar

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO II

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Justificación	3
1.3	Objetivo general	4
1.4	Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEORICO	5
2.1.	Antecedentes de investigación	5
2.2.	Referencias teóricas.....	6
2.1.1	<i>Biodiversidad del Ecuador</i>	6
2.1.2	<i>Plantas con actividad antiinflamatoria</i>	6
2.3.	Mortiño (<i>Vaccinium floribundum Kunth</i>)	7
2.3.1.	<i>Taxonomía</i>	8
2.3.2.	<i>Descripción botánica</i>	8
2.3.3.	<i>Composición nutricional</i>	8
2.3.4.	<i>Distribución del mortiño en el Ecuador</i>	9
2.3.5	<i>Usos del mortiño</i>	10
2.3.6	<i>Valor antioxidante</i>	10
2.3.7	<i>Compuestos fenólicos</i>	11
2.4	Extracción de compuestos bioactivos.....	11
2.4.1	<i>Extractos botánicos</i>	11
2.5	Extracción alcohólica concentrada	12

2.5.1	<i>Métodos de extracción</i>	12
2.5.1.1	<i>Maceración</i>	12
2.5.1.2	<i>Destilación por arrastre de vapor</i>	13
2.5.2	<i>Extractos etanólicos</i>	14
2.5.2.1	<i>Extracto etanólico de frutas</i>	14
2.6	<i>Microencapsulado</i>	14
2.6.1.1	<i>Selección de materiales</i>	16
2.6.1.2	<i>Dispersión del núcleo</i>	16
2.6.1.3	<i>Emulsificación o atomización</i>	16
2.6.1.4	<i>Solidificación o polimerización</i>	17
2.6.1.5	<i>Secado</i>	17
2.6.1.6	<i>Recubrimiento adicional (Opcional)</i>	18
2.6.1.7	<i>Clasificación y almacenamiento</i>	18
2.7	<i>Metabolitos secundarios</i>	18
2.7.1	<i>Tipos comunes de metabolitos secundarios en plantas</i>	19
2.7.1.1	<i>Alcaloides</i>	19
2.7.1.2	<i>Flavonoides</i>	19
2.7.1.3	<i>Terpenoides</i>	19
2.7.1.4	<i>Saponinas</i>	20
2.7.1.5	<i>Taninos</i>	20
2.7.1.6	<i>Glucósidos cianogénicos</i>	20
2.7.2	<i>Propiedades antiinflamatorias</i>	21
2.7.2.1	<i>Acción antioxidante</i>	21
2.7.2.2	<i>Inhibición de enzimas proinflamatorias</i>	21
2.7.2.3	<i>Modulación de vías de señalización</i>	21
2.7.2.4	<i>Interacción con receptores inflamatorios</i>	21
2.7.2.5	<i>Inhibición de la liberación de mediadores inflamatorios</i>	22
2.7.3	<i>Mecanismos de acción</i>	22
2.7.3.1	<i>Inhibición de enzimas proinflamatorias</i>	22
2.7.3.2	<i>Modulación de la vía NF-κB</i>	22
2.7.3.3	<i>Regulación de citoquinas</i>	23
2.7.3.4	<i>Interacción con receptores inflamatorios</i>	23
2.7.3.5	<i>Activación de vías de señalización celular</i>	23
2.7.3.6	<i>Acción antioxidante</i>	23
2.7.4	<i>Técnicas analíticas</i>	23
2.7.4.1	<i>Espectroscopía infrarroja (IR)</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1.	Enfoque, diseño y alcance.....	25
3.2.	Diseño experimental.....	25
3.1.1	<i>Población de estudio, tamaño de muestra y método de muestreo</i>	25
3.1.1.1	<i>Población</i>	25
3.1.1.2	<i>Muestra</i>	25
3.1.2	<i>Criterios de inclusión</i>	25
3.1.3	<i>Criterios de exclusión</i>.....	25
3.1.4	<i>Hipótesis</i>	26
3.1.5	<i>Identificación de variables</i>	26
3.1.5.1	<i>Variables dependientes</i>	26
3.1.5.2	<i>Variables independientes:</i>	26
3.2	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	27
3.2.1	<i>Recolección y almacenamiento de la muestra</i>	27
3.2.2	<i>Lavado y secado</i>.....	27
3.2.3	<i>Preparación de extractos</i>.....	28
3.2.4	<i>Cálculo de rendimiento</i>	28
3.2.5	<i>Tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios</i>	29
3.2.5.1	<i>Ensayo de Wagner</i>	29
3.2.5.2	<i>Ensayo de Dragendorff</i>	29
3.2.5.3	<i>Ensayo de Mayer</i>	29
3.2.5.4	<i>Ensayo de Fehling</i>	30
3.2.5.5	<i>Ensayo de Baljet</i>	30
3.2.5.6	<i>Ensayo de Espuma</i>	30
3.2.5.7	<i>Ensayo de Shinoda</i>	30
3.2.5.8	<i>Ensayo de Lieberman-Burchard</i>	30
3.2.5.9	<i>Ensayo de Cloruro férrico</i>	31
3.2.5.10	<i>Ensayo de Resinas</i>	31
3.2.5.11	<i>Ensayo de Ninhidrina</i>	31
3.2.5.12	<i>Ensayo de Antocianidinas</i>	31
3.2.6	<i>Cuantificación de fenoles y flavonoides</i>.....	33
3.2.6.1	<i>Fenoles totales</i>	33
3.2.7	<i>Flavonoides totales</i>.....	33
3.2.8	<i>Capacidad antioxidante</i>	33

3.2.9	<i>Preparación de DPPH y Trolox</i>	34
3.2.10	<i>Determinación del porcentaje de inhibición de DPPH.</i>	34
3.2.11	<i>Medición de la actividad antioxidante</i>	34
3.2.12	<i>Microencapsulación</i>	35
3.2.13	<i>Análisis por espectrofotometría infrarroja FT-IR</i>	36
3.2.14	<i>Diseño Experimental</i>	37
3.2.15	<i>Análisis estadístico:</i>	37

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	38
4.1	Rendimiento del extracto del fruto de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunt	38
4.2	Tamizaje fitoquímico	39
4.3	Cuantificación de fenoles y flavonoides de los extractos etanólicos del fruto de mortiño	40
4.4	Cuantificación de la actividad antioxidante del fruto de mortiño	43
4.5	Microencapsulación del extracto del fruto de mortiño	46
4.5.1	<i>Análisis de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)</i>	47
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	50

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del mortiño.....	8
Tabla 3-1: Clasificación de las muestras según su concentración	26
Tabla 4-1: Rendimiento de extracción del fruto de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth) .	38
Tabla 4-2: Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto del fruto de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	39
Tabla 4-3: Cuantificación de la concentración de fenoles y flavonoides de cada extracto.....	40
Tabla 4-4: Prueba ANOVA de la concentración de flavonoide y fenoles de cada extracto realizado	41
Tabla 4-5: Prueba Post Hoc de Tuckey de la concentración de flavonoides y fenoles de cada extracto realizado	42
Tabla 4-6: Capacidad inhibitoria del radical DPPH de cada uno de los extractos.....	44
Tabla 4-7: Prueba ANOVA de la capacidad inhibitoria de cada extracto realizado	45
Tabla 4-8: Prueba Post Hoc de Tuckey de la capacidad inhibitoria de cada extracto realizado	45
Tabla 4-9: Eficiencia de microencapsulación	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	7
Ilustración 2-2: Estructura de compuestos fenólicos	11
Ilustración 2-3: Método de maceración	13
Ilustración 2-4: Método de destilación por arrastre de vapor	13
Ilustración 2-5: Ejemplo de un alimento micro encapsulado	15
Ilustración 2-6: Flujograma de micro encapsulado	15
Ilustración 3-1: Proceso de recolección, lavado, secado, preparación de extractos y tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios en el fruto de mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth).....	32
Ilustración 3-2: Cuantificación de fenoles y flavonoides, evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos	35
Ilustración 3-3: Microencapsulación	36
Ilustración 4-1 Contenido de flavonoides en cada extracto.....	43
Ilustración 4-2: Contenido de fenoles en cada extracto.....	43
Ilustración 4-3: Capacidad antioxidante de cada extracto.....	46
Ilustración 4-4: Espectro infrarrojo del extracto de fruto de mortiño.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO, LAVADO Y SECADO DE LOS FRUTOS DE MORTIÑO

ANEXO C: PREPARACIÓN DE EXTRACTOS: MOLIENDA, EXTRACCIÓN, MACERACIÓN, FILTRACIÓN, EVAPORACIÓN Y ALMACENAMIENTO

ANEXO D: PRUEBAS DE TAMIZAJE FITOQUIMICO

ANEXO E: CUANTIFICACIÓN DE FENOLES Y FLAVONOIDES

ANEXO F: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

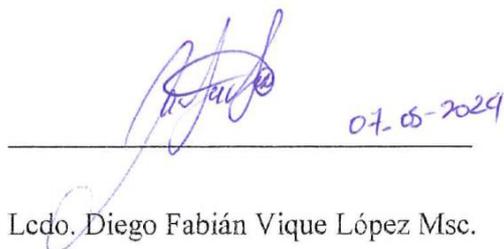
ANEXO G: CURVA DE CALIBRACIÓN DE ÁCIDO GÁLICO PARA CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES

ANEXO H: CURVA DE CALIBRACIÓN DE QUERCETINA PARA CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES

RESUMEN

La presente investigación se centró en el uso del fruto de mortiño como una alternativa terapéutica para enfermedades inflamatorias, aprovechando sus compuestos polifenólicos con actividad antioxidante. Buscando identificar los metabolitos secundarios del fruto y emplear la microencapsulación para preservar sus compuestos bioactivos. Se alineó con el Objetivo de Desarrollo Sostenible de la ONU para promover una vida saludable y bienestar, aprovechando la diversidad vegetal de Ecuador. En el estudio, se evaluaron extractos etanólicos y la microencapsulación de frutos de mortiño, con un enfoque cuantitativo y experimental. Se establecieron hipótesis sobre la influencia de los solventes de extracción y la microencapsulación en la conservación de los principios activos. Se identificaron variables como la concentración de fenoles y flavonoides, y se realizó un diseño experimental para analizar la variación existente. Los resultados mostraron que el extracto 80%:20% (etanol-agua) tuvo el mayor rendimiento en la extracción, y se identificaron diversos compuestos bioactivos en el fruto. La microencapsulación demostró una eficiencia del 79,527%, confirmando su efectividad para preservar los compuestos del mortiño. Estos hallazgos sugieren el potencial del fruto de mortiño en aplicaciones farmacéuticas y medicinales, destacando su capacidad antioxidante y su relevancia como recurso natural en beneficio de la salud pública.

Palabras clave: <FRUTO DE MORTIÑO>, <COMPUESTOS POLIFENÓLICOS>, <ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE>, <MICROENCAPSULACIÓN>, <METABOLITOS SECUNDARIOS>, <EXTRACTOS ETANÓLICOS>, <CONCENTRACIÓN DE FENOLES Y FLAVONOIDES>, <CAPACIDAD ANTIOXIDANTE>.



Lcdo. Diego Fabián Vique López Msc.

ABSTRACT

The main objective of this research study was to focus on the use of mortiño fruit as a therapeutic alternative for inflammatory diseases, taking advantage of its polyphenol compounds with antioxidant activity. It sought to identify the secondary metabolites of the fruit and employ microencapsulation to preserve its bioactive compounds. It was aligned with the UN Sustainable Development Goal to promote healthy living and wellbeing, taking advantage of Ecuador's plant diversity. In the study, ethanol extracts and microencapsulation of mortiño fruits were evaluated using a quantitative and experimental approach. Hypotheses were established on the influence of extraction solvents and microencapsulation on the conservation of active ingredients. Variables such as phenol and flavonoid concentration were identified, and an experimental design was carried out to analyze the existing variation. Results showed that the 80%:20% (ethanol-water) extract had the highest extraction yield, and several bioactive compounds were identified in the fruit. Microencapsulation showed an efficiency of 79.527%, confirming its effectiveness in preserving the mortiño compounds. These findings suggest the potential of mortiño fruit in pharmaceutical and medicinal applications, highlighting its antioxidant capacity and its relevance as a natural resource for the benefit of public health.

Keywords: <MORTIÑO FRUIT>, <POLYPHENOLIC COMPOUNDS>, <ANTIOXIDANT ACTIVITY>, <MICROENAPSULATION>, <SECONDARY METABOLITES>, <ETHANOLIC EXTRACTS>, <CONCENTRATION OF PHENOLS AND FLAVONOIDS>, <ANTIOXIDANT CAPACITY>.



Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

C.I 0603239070

INTRODUCCIÓN

En Ecuador como en el mundo, hay preocupación por el fenómeno de la inflamación, siendo esta una respuesta natural del cuerpo que mantiene el equilibrio interno. Sin embargo, se interpreta equivocadamente como un proceso aislado y dañino. Cuando en realidad, la inflamación es un proceso dinámico y complejo, lo que hace que sea difícil comprender sus componentes y los cambios que provoca en los tejidos (Maricarmen González-Costa, 2019)

Ecuador ha presenciado un aumento en los casos de procesos inflamatorios relacionados con la obesidad, la resistencia a la insulina, las enfermedades cardiovasculares y las infecciones bacterianas (Fiallos Saquina, 2022). Por lo que se han empleado diversos tratamientos, como antiinflamatorios no esteroides (AINEs) y corticoides, para combatir enfermedades inflamatorias crónicas. Sin embargo, algunos de estos tratamientos han demostrado ser ineficaces y han llevado a efectos adversos graves, como complicaciones gastrointestinales, renales y cardiovasculares, aumentando la mortalidad secundaria, Donde nace el interés de implementar tratamientos farmacológicos continuos. Destacando el interés en el uso de productos naturales, como el fruto de mortiño, un arbusto silvestre endémico de Ecuador, que ha captado la atención debido a su contenido en compuestos polifenólicos y actividad antioxidante. Sin embargo, a pesar de su potencial, la investigación integral sobre los extractos y microencapsulados de mortiño es escasa.

Este estudio se enfoca en investigar el uso del extracto de fruto de mortiño para identificar metabolitos secundarios y emplear la técnica de microencapsulación para preservar y proteger los compuestos bioactivos presentes en el fruto. Esta investigación busca contribuir al desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas para enfermedades inflamatorias.

Además, este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, específicamente con el Objetivo 3, que busca garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todas las personas (UNIDAS, 2015). Ecuador, siendo un país rico en diversidad vegetal, presenta una oportunidad única para investigar y aprovechar los recursos naturales en beneficio de la salud y el bienestar de la población.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La inflamación es una respuesta natural del cuerpo que busca mantener su equilibrio interno. Se trata de una causa común de consulta tanto en Ecuador como a nivel mundial. Sin embargo, existe una idea equivocada de que la inflamación es siempre perjudicial y se considera como una entidad aislada. En realidad, la inflamación es un proceso dinámico, complejo. Por lo tanto, resulta desafiante comprender los elementos y los cambios que causa en los tejidos, así como determinar cómo abordar clínicamente un cuadro inflamatorio (González M., et al, 2019, Pp.22).

En Ecuador, se ha observado un aumento en los casos de procesos inflamatorios asociados con condiciones como la obesidad, la resistencia a la insulina, las enfermedades cardiovasculares y las infecciones bacterianas (Fiallos S, 2022, Pp.42). Se han utilizado diferentes tipos de tratamiento para contrarrestar las enfermedades inflamatorias crónicas, usando antiinflamatorios no esteroideos (AINE) como primera línea para este tipo de afecciones, algunos de estos AINES han resultado ineficaces y a la vez han generado efectos adversos, como complicaciones gastrointestinales (GI), renales y cardiovasculares (CV), lo que eleva la mortalidad secundaria por hemorragia digestiva, insuficiencia coronaria, cardíaca o renal, y accidentes cerebrovasculares (ACV) (Amozurrutia, 2010), también se usa corticoides, o una combinación de estos, sin embargo muchos de estos tratamientos han resultado costosos y poco efectivos (Badgujar S, 2023, Pp.62)

Esto ha generado la necesidad de implementar tratamientos farmacológicos continuos para minimizar la gravedad de estas patologías, aprovechando la flora y fauna silvestre existente en Ecuador, plantas como, Harpagofito, Cúrcuma, Alfalfa, Jengibre, Verbena, Árnica, Ulmaria, Laurel, Arándano, Borraja, Castaño de indias, Milenrama, Aciano, Romero, Uña de Gato, Orégano, Tomillo, Albahaca y también como es el caso del fruto de mortiño.

Los frutos de mortiño han cautivado el interés de los consumidores por su alto contenido en compuestos poli fenólicos y actividad antioxidante, pero necesitan ser estudiadas a profundidad ya que se les imputa efectos de beneficio en personas con enfermedades inflamatorias crónicas (Coba P, 2012, Pp.21). A pesar de los conocidos beneficios del fruto de mortiño y su potencial aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica, existe una escasez de estudios que evalúen de manera integral los extractos y micro encapsulados del fruto mortiño.

Existen varios métodos eficaces para mejorar la estabilidad y la protección de los componentes bioactivos presentes en frutas y plantas. Uno de los enfoques destacados es la microencapsulación, una técnica que involucra el recubrimiento de los compuestos bioactivos con materiales protectores, generando diminutas partículas o cápsulas, Sin embargo, hasta el momento, no se ha investigado la microencapsulación del fruto mortiño y su impacto en la estabilidad de los compuestos bioactivos.

1.2 Justificación

En el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó la Agenda 2030 para el (ODS)Desarrollo Sostenible, la cual abarca un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. El objetivo número 3, se centra en asegurar una vida saludable y promover el bienestar para todas las personas, independientemente de su edad (Naciones Unidas, 2015).

En los últimos años, la actividad antiinflamatoria, de arbustos silvestres ha despertado un notable interés científico en el campo farmacológico. Esto se debe principalmente a la capacidad potencial que ciertos compuestos tienen para interferir en el desarrollo de enfermedades que involucran procesos inflamatorios. Permitiendo así la creación de diferentes fármacos que presenten actividades antiinflamatorias (Gómez E, 2011, Pp.31).

Ecuador es un país rico en diversidad, con una gran cantidad de arbustos vegetales que aún no han sido estudiadas en detalle en cuanto a sus propiedades terapéuticas. Por lo que se busca desarrollar una nueva alternativa terapéutica para tratar enfermedades inflamatorias. En la cual encontramos el género *Vaccinium*, donde se ha destacado el fruto de mortiño, un arbusto silvestre endémico de Ecuador. Esta especie vegetal posee un potencial medicinal y nutritivo, por su alto contenido de vitamina C, polifenoles y antioxidantes, especialmente antocianinas (Coba P, 2012, Pp.73). Estas propiedades sugieren que el mortiño podría tener propiedades preventivas y terapéuticas contra enfermedades no transmisibles, aunque se requiere una investigación más profunda para confirmarlo.

Por lo tanto, este estudio se enfoca en investigar el uso del extracto de fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) para identificar metabolitos secundarios. Se llevará a cabo un método de extracciones alcohólicas concentradas, con el objetivo de determinar la técnica más efectiva para extraer los compuestos del fruto de mortiño.

Se empleará la técnica de microencapsulación para preservar y proteger las sustancias bioactivas presentes en el fruto de mortiño. Esta técnica consiste en introducir dichas sustancias en una matriz con el objetivo de evitar su pérdida, protegerlas de reacciones con otros compuestos y

prevenir la oxidación. Principalmente para conservar y mantener las propiedades de estos compuestos beneficiosos (Ainia G, 2010, Pp, 31). Esta microencapsulación se lo realizara por el método de secado por aspersión que consiste en la producción de un polvo seco por medio de la atomización de una emulsión en una corriente de aire caliente en una cámara de secado (Hernández F, 2021, Pp.61).

Los frutos de mortiño presentan propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, sin embargo, se requieren investigar más del tema, ya que que son beneficiosas para las personas con enfermedades inflamatorias, siendo de esta forma planteado el proyecto de investigación “Análisis de la actividad antiinflamatoria de las hojas y fruto del mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) in vitro en células endoteliales primarias de aorta porcina (pAECs) e in vivo en cepa de ratón (*Mus musculus*) cepa BALB/c” (Iza G, 2018, Pp.54). Es por ello, que se estableció el desarrollo del “extracto y microencapsulado del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*), recolectado en la provincia de Tungurahua.”

1.3 Objetivo general

- Obtener, analizar y microencapsular extractos etanólicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*) recolectados en la parroquia de Pilahuín – Tungurahua

1.4 Objetivos específicos

- Determinar los metabolitos secundarios presentes en los extractos etanólicos mediante la prueba de fenoles y flavonoides totales.
- Analizar la capacidad antioxidante presente en los extractos etanólicos mediante la prueba de DPPH.
- Microencapsular el extracto del fruto de mortiño que presente mejor actividad antioxidante y mayor concentración de fenoles y flavonoides totales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de investigación

La medicina tradicional desempeña un papel esencial en la cultura de los pueblos, siendo durante siglos el principal sistema para restablecer la salud con sus diversos usos. La Fundación para el Desarrollo, junto con su Centro de Investigaciones y Servicios Comunitarios (Cisec) en el municipio de Santander, Cauca, se ha centrado en el uso de plantas medicinales como una solución para abordar problemas de salud en la población del resguardo indígena de Canoas, especialmente en niños. En este proceso, las plantas medicinales son transformadas a través de deshidratación, extracción con solventes y destilación, con el propósito de obtener los principios activos utilizados en la elaboración de extractos diversos. Este enfoque representa una valiosa contribución para mejorar la salud y el bienestar de la comunidad indígena al aprovechar de manera más efectiva y segura los beneficios de la medicina tradicional (Muñoz M., *et al*, 2019, Pp.54).

Según la Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, la evaluación de la actividad antimicrobiana se llevó a cabo utilizando el extracto hidroalcohólico de las hojas mediante el método de difusión en discos. La obtención de este extracto se realizó mediante el método de Maceración con hojas frescas de *Melissa Officinalis*, siendo solubles en él la mayor parte de los metabolitos secundarios presentes en la planta. Se midió el volumen obtenido y se calculó la concentración mediante la relación gramos de sustancias extraídas por mL de extracto (Llanga B, 2018, Pp.65).

La preferencia por el uso de extractos naturales como antioxidantes ha experimentado un aumento en los últimos años, no solo por las características que aportan a los productos alimenticios, sino también por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. El extracto hidroalcohólico de orégano, debido a ciertos compuestos presentes, posee propiedades medicinales que podrían prevenir enfermedades cancerígenas y otras asociadas al consumo de alimentos con aditivos químicos. Este estudio busca enfatizar en los extractos naturales, determinando los polifenoles totales y la capacidad antioxidante. Dada la creciente demanda de extractos naturales, se sugiere fortalecer esta industria para obtener productos destinados a la industria alimentaria, utilizando alcohol étlico de diferentes graduaciones según el activo a extraer.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. *Biodiversidad del Ecuador*

El Convenio sobre la Diversidad Biológica describe la biodiversidad como la extensa variedad de organismos que habitan en la Tierra, así como los procesos naturales que han propiciado la evolución de especies a lo largo de millones de años, abarcando tanto la fauna como la flora. Ecuador se destaca como un país megadiverso gracias a su abundancia de formas de vida y la presencia de diversos ecosistemas. La biodiversidad desempeña un papel crucial al sostener aspectos fundamentales como la alimentación, la medicina, la obtención de materiales para construcción y artesanía, además de atender diversas necesidades de las comunidades locales. Específicamente, debido a su destacada biodiversidad, Ecuador alberga numerosas plantas medicinales que tienen un papel destacado en la esfera de la salud. Estas plantas constituyen un recurso valioso para la salud y el bienestar, utilizadas por las comunidades locales para tratar diversas dolencias y mejorar la calidad de vida. La preservación y el conocimiento de estas especies medicinales son esenciales para aprovechar sus beneficios de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Utreras R, 2017, Pp.34).

2.2.2. *Plantas con actividad antiinflamatoria*

Las plantas medicinales con propiedades antiinflamatorias ofrecen una alternativa natural para la prevención y reducción de inflamaciones en los tejidos, ya que contienen propiedades que alivian el dolor y disminuyen el área afectada, ya que contienen diversos compuestos que les confieren una potente actividad antiinflamatoria de origen natural. La relevancia de estos remedios radica en su origen natural y en la oferta de valiosas alternativas para la medicina moderna (Escobar I, 2022, p.9).

Entre las plantas antiinflamatorias más comunes se encuentran el Harpagofito, la Cúrcuma, la Alfalfa, el Jengibre, la Verbena, el Árnica, la Ulmaria, el Laurel, el Arándano, la Borraja, el Castaño de Indias, la Milenrama, el Aciano, el Romero, la Uña de Gato, el Orégano, el Tomillo, la Albahaca, entre otras (Ramírez M, 2020, p.4).

Las infusiones EDEPM son la forma más común de aplicación directa en la zona afectada, existen otras plantas que se emplean con el mismo propósito, como la Manzanilla, el Limón, el Rábano, la Sábila, la Hierbabuena, el Romero, el Ajo, la Piña, la Linaza, la Ortiga, la Lima, el Cardamomo. Estas plantas representan una opción natural y eficaz para abordar las inflamaciones y promover la salud de manera integral. (Ramírez M, 2020, p.4).

Es fundamental contar con la orientación y supervisión de profesionales de la salud para garantizar su uso adecuado y maximizar sus beneficios terapéuticos. De esta manera, podemos aprovechar al máximo el potencial que brinda la naturaleza para el cuidado de nuestra salud y bienestar (Escobar I, 2022, p.9).

2.3. Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

El mortiño, científicamente conocido como *Vaccinium floribundum* Kunth, es una especie de arbusto perteneciente a la familia *Ericaceae*, que se encuentra en América Latina, especialmente en regiones andinas de Colombia, Ecuador y Perú. Este pequeño fruto, de color morado oscuro y sabor agrídulce, ha sido valorado por siglos debido a sus propiedades nutricionales y medicinales. Su uso se extiende tanto en la medicina tradicional como en la gastronomía local (Contreras S, 2022, Pp.32-34).

En la medicina tradicional, el mortiño se ha utilizado para tratar diversas dolencias, gracias a su contenido de antioxidantes, vitaminas y compuestos antiinflamatorios. Se le atribuyen propiedades que contribuyen a mejorar la salud cardiovascular y a fortalecer el sistema inmunológico. Además, su consumo se ha asociado con beneficios para la salud ocular y la prevención de enfermedades neurodegenerativas (Contreras S, 2022, Pp.32-34).

En la gastronomía, el mortiño se emplea en la preparación de diversos productos como mermeladas, jugos, postres y licores. Su sabor único agrega un toque especial a estas creaciones culinarias, y su versatilidad lo ha convertido en un ingrediente apreciado en la cocina local. La recolección y comercialización del mortiño también representan una fuente de ingresos para comunidades locales, promoviendo la sostenibilidad y la valorización de los recursos naturales (Contreras S, 2022, Pp.32-34).



Ilustración 2-1: Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

Fuente: (Arteaga C, 2022, Pp.61).

2.3.1. Taxonomía

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del mortiño

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>Vaccinium floribundum Kunth</i>

Fuente: (Arteaga C, 2022, Pp.61).

Elaborado por: Villegas W, 2024

2.3.2. Descripción botánica

El mortiño, científicamente catalogado como *Vaccinium floribundum Kunth*, es un arbusto perenne ramificado que alcanza una altura promedio de 1,5 metros. Sus hojas, de contorno lanceolado y margen aserrado, tienen aproximadamente 2 cm de longitud. En grupos compactos, las flores del mortiño poseen una longitud de 8 mm, y su fruto, de color negro-azulado, presenta una forma redonda con un diámetro de aproximadamente 8 mm. Este fruto, a menudo denominado vulgarmente como arándanos, mortiño, uva de los Andes o uva del monte, es representativo de una especie dentro del diverso género *Vaccinium*, que abarca alrededor de 450 especies en total. En Ecuador, el *V. floribundum* es particularmente común, siendo apreciado tanto por sus características ornamentales como por su importancia en la dieta local (Ruiz B, 2022, Pp.47).

La morfología detallada del mortiño, desde sus hojas hasta sus flores y frutos, refleja su adaptación a hábitats de alta montaña en América Latina, especialmente en las regiones andinas. Además de su relevancia estética, el mortiño desempeña un papel clave en la biodiversidad y la cultura locales, proporcionando no solo una fuente de alimentos, sino también contribuyendo a la sostenibilidad de los ecosistemas en los que prospera (Ruiz B, 2022, Pp.47).

2.3.3. Composición nutricional

El mortiño ha obtenido reconocimiento como una super fruta debido a su abundancia en vitaminas y fibra, al mismo tiempo que carece de grasas, sodio y colesterol. Esta característica lo distingue

como una valiosa fuente potencial de diversos componentes nutricionales, destacando por sus propiedades antioxidantes que ofrecen beneficios significativos para la salud (Flores A, 2022, Pp.65).

Tabla2-2: Componentes nutricionales del mortiño

Componentes	Cantidad (g/100 g)
Agua	83,2
Carbohidratos	15,3
Fibra	1,5
Proteínas	0,7
Grasas	0,5
Pectinas	0,5
Sacarosa	0,24
Glucosa	3,92
Fructosa	4,04
Azúcares totales	10 – 14
Vitamina A (U.I.)	100
Sólidos solubles	10,1 – 14,2
Ácido ascórbico (mg/100g)	14

Fuente: (Flores A, 2022, Pp.65).

Elaborado por: Villegas W, 2024

2.3.4. *Distribución del mortiño en el Ecuador*

Vaccinium floribundum, conocido comúnmente como mortiño, se encuentra distribuido en los páramos andinos del Ecuador, específicamente en la Cordillera Andina, abarcando una altitud que oscila entre los 3,000 y 3,700 metros sobre el nivel del mar. Su presencia se extiende por varias provincias de la Sierra ecuatoriana, incluyendo Loja, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Bolívar, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Azuay. Esta adaptación a altitudes elevadas es característica de la especie, y su capacidad para prosperar en entornos de montaña ha contribuido a su importancia en los ecosistemas andinos (Romero L, 2020, Pp.43-48).

El hábitat específico del mortiño en los páramos andinos subraya su resistencia y adaptabilidad a condiciones climáticas extremas, donde factores como la altitud y la variabilidad del clima son prominentes. Su presencia en estas regiones no solo lo convierte en un componente integral de la biodiversidad local, sino que también resalta su valor en la preservación de estos ecosistemas únicos y la estabilidad de los hábitats de alta montaña en el Ecuador (Romero L, 2020, Pp.43-48).

2.3.5. Usos del mortiño

En Ecuador, el mortiño (*Vaccinium floribundum*) ha sido aprovechado principalmente con fines gastronómicos, desempeñando un papel destacado en la preparación de una variedad de productos culinarios. Su versatilidad se refleja en la elaboración de colada morada, vinos, mermeladas, harinas, helados, jugos, jaleas, entre otros. Además, su uso trasciende la esfera gastronómica, extendiéndose al ámbito textil, donde los habitantes locales emplean el mortiño para tinturar prendas, aprovechando sus pigmentos naturales (Pattanayak, D, 2022, Pp.14).

Adicionalmente, el mortiño se ha arraigado en la medicina tradicional de las comunidades rurales ecuatorianas. Se utiliza con propósitos medicinales para tratar diversas afecciones, como fiebre, infecciones urinarias, reumatismo, gripe, dolencias pulmonares, cólicos y problemas renales. Este aspecto medicinal demuestra la riqueza de compuestos beneficiosos presentes en la fruta y su contribución a la salud de quienes han incorporado estas prácticas a sus costumbres. Además, el mortiño se aprecia por sus cualidades ornamentales, resaltando su importancia cultural y multifacética en la vida de las comunidades ecuatorianas (Pattanayak, D, 2022, Pp.14).

2.3.6. Valor antioxidante

El género *Vaccinium spp.* ha suscitado considerable interés en investigaciones a nivel global, destacándose por ser una valiosa fuente potencial de antioxidantes debido a la presencia de antocianinas y fenoles totales. La capacidad antioxidante de las bayas de mortiño en Ecuador, según estudios, se ha cuantificado en 1,203 TEAC (mg Trolox/100 g FW), indicando un nivel significativo que podría contribuir a la prevención o ralentización de la oxidación molecular. Este hallazgo abre perspectivas prometedoras, especialmente en la formulación de productos farmacéuticos, como se ha sugerido en la literatura científica (Al-Baitai A, 2022, Pp.48-50).

Las propiedades antioxidantes de las bayas de mortiño se perfilan como recursos valiosos para diversas aplicaciones en las industrias farmacológicas y alimenticias. Además de su potencial en la prevención de la oxidación, se ha planteado que estas bayas podrían desempeñar un papel en actividades antibacterianas, actuando como nutracéuticos y ofreciendo beneficios potenciales en la reducción de azúcares, lo que amplía aún más su versatilidad y utilidad en contextos industriales variados. Estas perspectivas sugieren que el mortiño no solo es apreciado por su valor nutricional, sino que también podría convertirse en un componente clave en el desarrollo de productos destinados a la salud y la alimentación (Al-Baitai A, 2022, Pp.48-50).

2.3.7. Compuestos fenólicos

Las bayas pertenecientes al género *Vaccinium spp.*, de la familia *Ericaceae*, destacan por su rica composición fenólica, caracterizada por la presencia de diversos compuestos que se encuentran en concentraciones notables. Entre estos compuestos fenólicos, se incluyen proantocianidinas, antocianinas, ácido gálico, elagitaninos, flavonoides, ácidos hidroxicinámicos y glucósidos de flavanol, según lo señalado en estudios previos. Además, se han identificado otros componentes fenólicos como la quercetina-3-O-galactósido, quercetina-3-O-glucósido, quercetina-3-O-galactósido, quercetina-3-O-glucurónido, quercetina-3-O-xilósido, quercetina-3-O-arabinopiranosido, quercetina-3-O-arabinofuranosido, quercetina-3-O-ramnósido, ácido neoclorogénico, ácido clorogénico, ácido cafeico, mirecítina, entre otros (Pineda J, 2021, Pp.35).

Esta diversidad de compuestos fenólicos en las bayas del género *Vaccinium spp.* no solo contribuye a su perfil nutricional, sino que también sugiere una amplia gama de beneficios potenciales para la salud. La presencia de estos compuestos ha sido asociada con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y otros efectos positivos para el bienestar humano, lo que resalta la importancia de estas bayas como fuentes valiosas de fitoquímicos con aplicaciones tanto en la alimentación como en la medicina (Pineda J, 2021, Pp, 35).

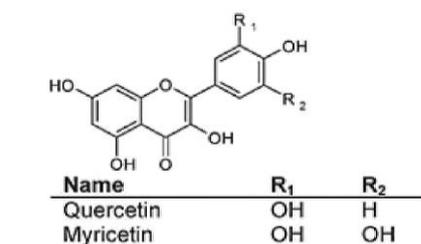


Ilustración 2-2: Estructura de compuestos fenólicos

Fuente: (Pineda J, 2021, Pp.35).

2.4. Extracción de compuestos bioactivos

2.4.1. Extractos botánicos

Los extractos vegetales se refieren a preparados obtenidos mediante la extracción de diversas sustancias de origen vegetal a través de distintos métodos, como la maceración, fermentación, infusión, decocción y obtención de esencias. Los principios activos presentes en cada planta consisten en complejos fitoquímicos, también conocidos como metabolitos secundarios, y su diversidad y concentraciones varían, lo que proporciona beneficios de naturaleza heterogénea. El procedimiento de extracción implica la separación del componente deseado del material vegetal mediante el uso de un solvente adecuado, seguido de la evaporación total o parcial del disolvente

y la adaptación de los fluidos residuales, masas o vehículos a los estándares especificados (Celis A, 2018, Pp.7-9).

2.5. Extracción alcohólica concentrada

2.5.1. Métodos de extracción

Los métodos de extracción botánica desempeñan un papel esencial en la obtención de compuestos beneficiosos presentes en plantas, contribuyendo significativamente tanto a la industria alimentaria como a la farmacéutica. Estos procesos, que abarcan técnicas como la maceración, fermentación, infusión, decocción y obtención de esencias, permiten la obtención de extractos vegetales ricos en principios activos, también conocidos como metabolitos secundarios. La diversidad y concentraciones variables de estos fitoquímicos ofrecen una amplia gama de beneficios para la salud, lo que hace que la elección del método de extracción sea crucial para maximizar la eficiencia y la calidad de los productos finales. En este contexto, la extracción botánica se erige como una disciplina fundamental en la exploración y aprovechamiento de los recursos vegetales, impulsando la investigación y el desarrollo de productos innovadores y terapéuticos (Castromonte M, 2020, p.3).

2.5.1.1. Maceración

La maceración es un método de extracción de compuestos activos de plantas que implica sumergir material vegetal en un solvente durante un período prolongado para permitir la disolución de los componentes solubles en el solvente. Este proceso puede llevarse a cabo en condiciones ambientales o con la aplicación de calor moderado (Juárez C, 2021, Pp.43).

La elección del solvente depende de la naturaleza de los compuestos deseados; comúnmente se utilizan solventes como el agua, el etanol o mezclas de solventes para obtener una extracción más completa y selectiva. Durante la maceración, las sustancias solubles en el solvente, como polifenoles, flavonoides y aceites esenciales, se liberan gradualmente de las células vegetales y se disuelven en la solución. La duración de la maceración varía según la naturaleza de la planta y los compuestos buscados, pudiendo extenderse desde días hasta semanas. Este método es apreciado por su simplicidad, accesibilidad y aplicación en la preparación de extractos fitoterapéuticos, aunque su principal limitación reside en el tiempo que requiere para lograr una extracción completa (Juárez C, 2021, Pp.43).



Ilustración 2-3: Método de maceración

Fuente: (Juárez C, 2021, Pp.43).

2.5.1.2. Destilación por arrastre de vapor

La extracción mediante destilación por arrastre de vapor es un método tradicional y eficiente utilizado para obtener aceites esenciales de plantas. Este proceso implica el paso de vapor de agua a través de la materia prima vegetal, generando una mezcla vaporizada que arrastra los compuestos volátiles, incluidos los aceites esenciales. La mezcla resultante de vapor y compuestos aromáticos se conduce a través de un condensador, donde se enfría y se separa, dando como resultado dos fases: una de agua y otra de aceite esencial. La ventaja distintiva de este método radica en su capacidad para extraer componentes termosensibles, ya que la temperatura se mantiene relativamente baja durante el proceso. Este enfoque se utiliza comúnmente en la industria de la perfumería y la aromaterapia, produciendo aceites esenciales puros y concentrados que conservan las propiedades olfativas y terapéuticas de las plantas de origen (Mendoza V, 2020, Pp.54).

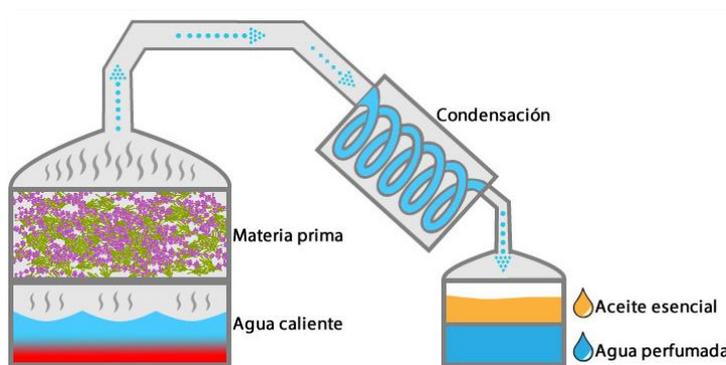


Ilustración 2-4: Método de destilación por arrastre de vapor

Fuente: (Mendoza V, 2020, Pp.54).

2.5.2. Extractos etanólicos

La sustancia con el nivel de intensidad recetado entra en contacto con el solvente dentro de un recipiente completamente sellado a temperatura ambiente. Se llevan a cabo agitaciones regulares a lo largo de varios días, con el intento de influir en el gradiente de concentración. Inicialmente, este gradiente alcanza su punto máximo durante las primeras etapas de la extracción y, con el paso del tiempo y a pesar de la agitación constante, disminuye gradualmente. Como práctica estándar, la materia prima se somete a una maceración de 7 días, con agitación periódica y protección contra la exposición solar, evitando exceder las 48 horas para prevenir la fermentación y el desarrollo de mohos. Luego, se separa el extracto del residuo mediante colado o prensado, seguido de un lavado del residuo con el líquido de extracción. La maceración resulta beneficiosa cuando los componentes son fácilmente solubles en frío y la exposición a temperaturas más altas podría alterar su efectividad (Mendoza M, 2023, Pp.6-15).

2.5.2.1. Extracto etanólico de frutas

El extracto etanólico de frutas es un derivado de la extracción de compuestos bioactivos presentes en diversas frutas utilizando etanol como solvente. Este proceso permite la disolución eficaz de una amplia variedad de componentes beneficiosos, como polifenoles, antioxidantes y vitaminas, que contribuyen a las propiedades saludables asociadas con las frutas. Ejemplos de frutas comúnmente sometidas a este método incluyen las uvas, arándanos y cítricos. El etanol, al ser un solvente versátil, facilita la obtención de extractos concentrados que retienen las propiedades nutricionales y organolépticas de las frutas. Estos extractos etanólicos de frutas han despertado interés en la investigación y desarrollo de alimentos y suplementos nutricionales, destacando por sus propiedades antioxidantes y su potencial para mejorar la salud cardiovascular y la respuesta inmunológica (Hernández D, 2019,Pp.32).

2.6. Microencapsulado

La microencapsulación se ha convertido en una técnica versátil utilizada en diversas industrias, y su aplicación va más allá de la farmacéutica. En la actualidad, se emplea extensamente en la industria alimentaria para mejorar la estabilidad y liberación controlada de sabores, aromas y nutrientes en productos como alimentos procesados y suplementos alimenticios. Además, ha encontrado aplicaciones en la industria cosmética, donde se utiliza para encapsular ingredientes activos en productos como cremas y lociones, permitiendo una liberación gradual y prolongada de estos componentes en la piel. Esta versatilidad en aplicaciones demuestra la importancia de la

microencapsulación como una herramienta valiosa en la mejora de propiedades funcionales en una variedad de productos (Altamirano R, 2021, Pp.24-26).

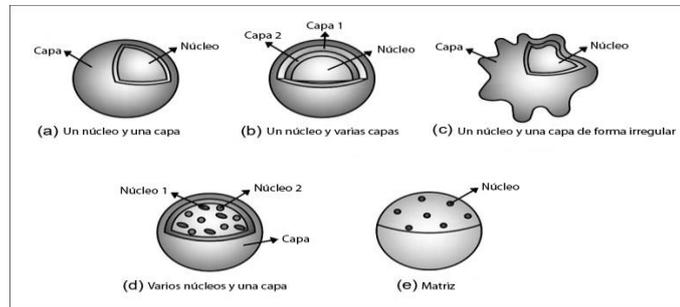


Ilustración 2-5: Ejemplo de un alimento micro encapsulado

Fuente: (Altamirano R, 2021, Pp.24-26).

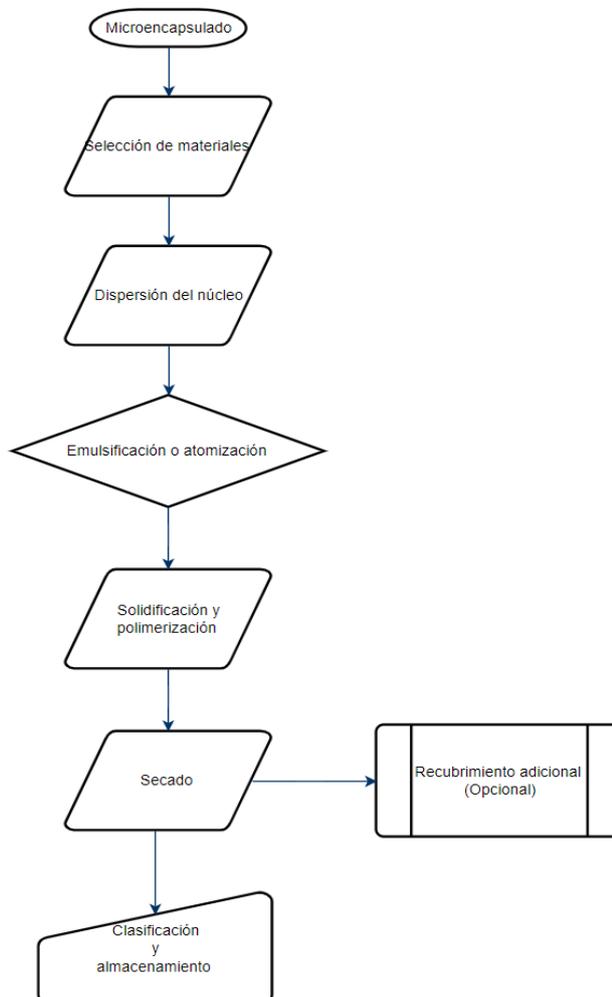


Ilustración 2-6: Flujograma de micro encapsulado

Realizado por: Villegas, W. 2024.

2.6.1.1. Selección de materiales

La selección de materiales en el proceso de microencapsulación es un aspecto crítico que influye directamente en las propiedades y el rendimiento de las microcápsulas resultantes. Primero, se debe elegir cuidadosamente el material del núcleo, que puede ser líquido, semisólido o sólido, dependiendo de la sustancia activa que se busca encapsular. Este material central determinará las características fundamentales de las microcápsulas, como su contenido y funcionalidad. Luego, se selecciona el material de la cubierta, que puede ser polimérico, proteínico o lipídico, entre otros. La elección del material de encapsulación es crucial para garantizar la estabilidad, solubilidad, liberación controlada y compatibilidad con la sustancia activa (Lima N, 2021, Pp.65-68). Factores como la viscosidad, temperatura de fusión y propiedades mecánicas también se consideran para lograr microcápsulas con las características deseadas. La selección precisa de estos materiales permite adaptar las microcápsulas para una amplia gama de aplicaciones en industrias como la farmacéutica, alimentaria y cosmética (Lima N, 2021, Pp.65-68).

2.6.1.2. Dispersión del núcleo

La dispersión del núcleo en el proceso de microencapsulación es una fase crucial que implica la incorporación uniforme del material del núcleo en la fase líquida o fundida del material de encapsulación. Durante esta etapa, el núcleo, que puede ser líquido, semisólido o sólido, se introduce en la matriz del material de encapsulación para formar una mezcla homogénea. La calidad de esta dispersión influye directamente en la uniformidad de las microcápsulas resultantes y en la eficiencia del proceso. La técnica utilizada para la dispersión varía según los materiales y la escala del proceso, pudiendo involucrar métodos como agitación, emulsificación o atomización. Una dispersión adecuada es esencial para asegurar que cada gota del núcleo se encuentre rodeada por el material de encapsulación, sentando las bases para la formación exitosa de microcápsulas con propiedades deseadas, como liberación controlada y estabilidad a largo plazo (Lima N, 2021, Pp.65-68).

2.6.1.3. Emulsificación o atomización

La emulsificación o atomización en el proceso de microencapsulación constituye una etapa fundamental donde la dispersión del núcleo se transforma en partículas más finas para la formación de microcápsulas. Durante la emulsificación, las gotas dispersas del núcleo, ya incorporadas en la fase líquida o fundida del material de encapsulación, se reducen a tamaños micrométricos mediante técnicas como agitación intensiva o el uso de dispositivos de

atomización. Este proceso busca obtener una distribución uniforme de las partículas, lo que es esencial para lograr microcápsulas homogéneas y estables. La atomización, en particular, se caracteriza por la transformación del líquido en pequeñas gotas mediante la aplicación de fuerzas mecánicas o térmicas. Ambos métodos contribuyen a la creación de una superficie específica que facilita la posterior solidificación o polimerización, sentando las bases para microcápsulas de calidad con propiedades controladas y aplicaciones diversas en campos como la farmacéutica y la industria alimentaria (Rodríguez O, 2019, Pp.15-18).

2.6.1.3.1. Solidificación o polimerización

La solidificación o polimerización en el proceso de microencapsulación es una fase esencial donde las gotas emulsionadas o atomizadas experimentan un cambio físico o químico para formar la estructura final de las microcápsulas. En el caso de microcápsulas poliméricas, este paso implica la polimerización del material de encapsulación, ya sea por reacciones químicas o cambios de estado físico, lo que lleva a la formación de una matriz sólida alrededor del núcleo encapsulado. Durante la solidificación, se establece la integridad de las microcápsulas y se determinan sus características finales, como la permeabilidad, la liberación controlada y la estabilidad estructural. Este proceso puede ser influenciado por factores como la temperatura, la presión y los agentes catalizadores en el caso de la polimerización. La calidad de la solidificación es crucial para garantizar microcápsulas uniformes y funcionales, listas para ser utilizadas en diversas aplicaciones, desde la liberación sostenida de fármacos hasta la protección de aromas en la industria alimentaria (Rodríguez O, 2019, Pp.15-18).

2.6.1.4. Secado

El secado es una etapa crítica en el proceso de microencapsulación donde las microcápsulas recién formadas, que contienen el núcleo encapsulado y la matriz sólida, se someten a la eliminación de la humedad residual para mejorar su estabilidad y almacenamiento a largo plazo. Este paso se lleva a cabo mediante técnicas como la liofilización o el secado por pulverización, donde se aplica calor o vacío para evaporar el agua presente en las microcápsulas. La eficacia del secado es esencial para prevenir la aglomeración y asegurar la integridad estructural de las microcápsulas, evitando la formación de grumos o deformaciones durante el almacenamiento. Además, el secado influye en las propiedades finales de las microcápsulas, como su tamaño, densidad y capacidad de liberación controlada. Este proceso garantiza la obtención de microcápsulas secas, estables y listas para su aplicación en diversas industrias, como la farmacéutica, alimentaria y cosmética (Rodríguez O, 2019, Pp.15-18).

2.6.1.5. Recubrimiento adicional (Opcional)

El recubrimiento adicional en el proceso de microencapsulación es una etapa opcional que implica aplicar una capa extra sobre las microcápsulas ya formadas. Este paso tiene como objetivo mejorar las propiedades específicas de las microcápsulas, como su estabilidad, solubilidad o resistencia a factores ambientales (Pereira C, 2018, Pp.36-39).

El recubrimiento adicional puede realizarse mediante la aplicación de polímeros, lípidos u otras sustancias que proporcionen beneficios específicos. Por ejemplo, se puede aplicar una capa externa para proteger las microcápsulas de la humedad o para controlar la velocidad de liberación de la sustancia activa encapsulada. Esta etapa adicional de recubrimiento puede ser especialmente relevante en aplicaciones farmacéuticas, donde se buscan propiedades de liberación controlada o protección adicional para mejorar la estabilidad del fármaco. La personalización de las propiedades mediante el recubrimiento adicional amplía las aplicaciones potenciales de las microcápsulas en diversos sectores industriales (Pereira C, 2018, Pp.36-39).

2.6.1.6. Clasificación y almacenamiento

La clasificación y almacenamiento representan las etapas finales del proceso de microencapsulación, donde las microcápsulas obtenidas se someten a un proceso de selección basado en su tamaño y características. Este paso es crucial para garantizar la uniformidad y calidad del producto final. Las microcápsulas se clasifican según sus dimensiones, utilizando métodos como tamices o centrifugación (Pereira C, 2018, Pp.36-39).

Posteriormente, las microcápsulas clasificadas se almacenan en condiciones adecuadas, considerando factores como la temperatura y la humedad, para preservar su integridad y propiedades a lo largo del tiempo. Un almacenamiento adecuado es esencial para mantener la estabilidad y viabilidad de las microcápsulas, asegurando su utilidad en aplicaciones posteriores en industrias como la farmacéutica, alimentaria y cosmética. Este proceso final de clasificación y almacenamiento contribuye a la eficiencia y éxito general del método de microencapsulación en la producción de productos funcionales y de alta calidad (Pereira C, 2018, Pp.36-39).

2.7. Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos producidos por organismos como una respuesta a su entorno. En el caso de las plantas, los metabolitos secundarios desempeñan diversas

funciones, como la protección contra herbívoros, patógenos, la regulación del crecimiento y la interacción con otros organismos (Alvarado J, 2018, p.79).

2.7.1. Tipos comunes de metabolitos secundarios en plantas

2.7.1.1. Alcaloides

Los alcaloides son una clase diversa de compuestos químicos orgánicos producidos principalmente por plantas, aunque también se encuentran en algunos organismos animales y microorganismos. Caracterizados por la presencia de un anillo de nitrógeno, los alcaloides exhiben propiedades alcalinas y a menudo poseen efectos farmacológicos notables en los organismos que los consumen. Estos compuestos desempeñan un papel crucial en la defensa de las plantas contra herbívoros y patógenos, ya que muchos tienen propiedades tóxicas o amargas. Además de su función protectora, los alcaloides han sido aprovechados por los seres humanos por sus propiedades medicinales, recreativas y psicoactivas, lo que los convierte en compuestos de interés tanto desde un punto de vista biológico como aplicado (Rivera P, 2020, Pp.64-75).

2.7.1.2. Flavonoides

Los flavonoides constituyen una clase extensa de compuestos polifenólicos que se encuentran ampliamente en plantas, desempeñando un papel crucial en su fisiología y respuesta a factores ambientales. Caracterizados por su estructura que incluye anillos aromáticos y grupos hidroxilo, los flavonoides son conocidos por sus propiedades antioxidantes, que protegen a las plantas del daño causado por el estrés oxidativo. Además, estos compuestos son responsables de los vibrantes colores en flores, frutas y hojas, contribuyendo a la atracción de polinizadores. Más allá de su función estética, se ha demostrado que los flavonoides poseen propiedades beneficiosas para la salud humana, como la reducción del riesgo de enfermedades crónicas debido a sus actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Rivera P, 2020, Pp.64-75).

2.7.1.3. Terpenoides

Los terpenoides, una extensa clase de metabolitos secundarios en plantas, se caracterizan por derivar de unidades de isopreno y desempeñan funciones fundamentales en la biología vegetal. Estos compuestos contribuyen a la producción de aceites esenciales, que son esenciales para la defensa contra herbívoros y patógenos, así como para la atracción de polinizadores. Además, los terpenoides también forman parte de importantes moléculas como los carotenoides, que cumplen

un papel esencial en la fotosíntesis y actúan como precursores de la vitamina A. Su diversidad estructural y funcional los convierte en componentes clave en la adaptación de las plantas a su entorno, así como en valiosos recursos con aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Rivera P, 2020, Pp.64-75).

2.7.1.4. Saponinas

Las saponinas son compuestos químicos presentes en diversas plantas y tienen propiedades anfipáticas, lo que significa que poseen una parte hidrofílica y otra lipofílica. Esta estructura les confiere propiedades detergentes, y su capacidad para formar espuma las hace útiles en la limpieza y protección de las superficies vegetales. Además de su función detergente, las saponinas desempeñan un papel clave en la defensa de las plantas contra herbívoros, ya que pueden ser tóxicas o interferir con la digestión de los animales que las consumen. Algunas saponinas también exhiben propiedades antimicrobianas. Su presencia en diversas especies vegetales subraya su importancia tanto en la ecología de las plantas como en aplicaciones potenciales en la industria, como agentes espumantes y compuestos con propiedades medicinales (Arce L, 2020, Pp.8-13).

2.7.1.5. Taninos

Los taninos son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal y se caracterizan por su capacidad para formar complejos con proteínas y otras macromoléculas. Su estructura polimérica y variabilidad química les confiere propiedades astringentes, lo que resulta en un sabor amargo y una sensación de sequedad en la boca. Los taninos se encuentran en diversas partes de las plantas, como la corteza, las hojas y las frutas, y cumplen funciones cruciales en la defensa contra herbívoros al afectar la digestión y absorción de nutrientes. Además de su papel defensivo, los taninos tienen aplicaciones en la industria, como en la curtición de cueros y en la fabricación de tintes (Arce L, 2020, Pp.8-13).

2.7.1.6. Glucósidos cianogénicos

Los glucósidos cianogénicos son compuestos químicos presentes en ciertas plantas que contienen grupos ciano (CN). La característica distintiva de estos glucósidos es su capacidad para liberar cianuro, una sustancia altamente tóxica, cuando se descomponen. Estos compuestos están ampliamente distribuidos en diversas especies vegetales, y su presencia se asocia comúnmente con mecanismos de defensa contra herbívoros. La liberación de cianuro puede ocurrir como respuesta a daños en la planta, lo que sirve como estrategia para disuadir el consumo por parte de

animales. A pesar de su toxicidad potencial, algunas comunidades humanas han utilizado ciertas plantas que contienen glucósidos cianogénicos para propósitos medicinales o alimentarios, aunque se requiere un procesamiento adecuado para minimizar los riesgos asociados con la liberación de cianuro (Arce L, 2020, Pp.8-13).

2.7.2. Propiedades antiinflamatorias

Los metabolitos secundarios de las plantas, como los flavonoides, terpenoides y otros compuestos fitoquímicos, han sido reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias. Estas propiedades son el resultado de diversos mecanismos biológicos que afectan las respuestas inflamatorias en el cuerpo humano (Robayo L, 2021, Pp.21-26).

2.7.2.1. Acción antioxidante

Muchos metabolitos secundarios tienen fuertes propiedades antioxidantes, lo que significa que pueden neutralizar los radicales libres. Los radicales libres están asociados con procesos inflamatorios y daño celular, por lo que la capacidad de los compuestos fitoquímicos para combatirlos contribuye a la reducción de la inflamación (Robayo L, 2021, Pp.21-26).

2.7.2.2. Inhibición de enzimas proinflamatorias

Algunos metabolitos secundarios interfieren con la actividad de enzimas proinflamatorias, como la ciclooxigenasa (COX) y la lipooxigenasa (LOX), que están implicadas en la síntesis de mediadores inflamatorios como las prostaglandinas y leucotrieno (Robayo L, 2021, Pp.21-26).

2.7.2.3. Modulación de vías de señalización

Los compuestos fitoquímicos pueden modular diversas vías de señalización celular asociadas con la inflamación, como la vía del factor nuclear kappa B (NF- κ B) y la vía de la proteína quinasa activada por mitógenos (MAPK). Al modular estas vías, pueden regular la expresión de genes involucrados en la respuesta inflamatoria (Andrade B, 2020, Pp.84-93).

2.7.2.4. Interacción con receptores inflamatorios

Algunos metabolitos secundarios pueden interactuar con receptores específicos, como los receptores de estrógeno o los receptores de tipo Toll (TLRs), que desempeñan un papel en la regulación de la inflamación (Andrade B, 2020, Pp.84-93).

2.7.2.5. Inhibición de la liberación de mediadores inflamatorios

Estos compuestos pueden reducir la liberación de citocinas proinflamatorias, como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) e interleucinas (IL), contribuyendo así a la atenuación de la respuesta inflamatoria (Andrade B, 2020, Pp.84-93).

2.7.3. Mecanismos de acción

La interacción entre las plantas y el sistema inmunológico humano ha sido objeto de un creciente interés, especialmente en el contexto de la búsqueda de terapias antiinflamatorias. Los metabolitos secundarios de las plantas, una categoría diversa de compuestos químicos, han demostrado poseer propiedades antiinflamatorias, ofreciendo un campo prometedor para la investigación biomédica y el desarrollo de nuevos enfoques terapéuticos. Estos compuestos, como los flavonoides, terpenoides y saponinas, han sido reconocidos por sus impactantes efectos sobre las vías inflamatorias, actuando a través de mecanismos moleculares que incluyen la inhibición de enzimas proinflamatorias, la modulación de vías de señalización celular y la regulación de citoquinas. Esta interacción sofisticada entre los metabolitos secundarios de las plantas y las respuestas inflamatorias en el cuerpo humano subraya su potencial tanto como herramientas terapéuticas como fuentes valiosas de comprensión biológica (Medina G, 2022, Pp.62).

2.7.3.1. Inhibición de enzimas proinflamatorias

Los metabolitos secundarios a menudo ejercen su acción antiinflamatoria al inhibir enzimas clave en la síntesis de mediadores inflamatorios. Por ejemplo, algunos compuestos pueden bloquear la actividad de la ciclooxigenasa (COX) y la lipooxigenasa (LOX), enzimas responsables de la producción de prostaglandinas y leucotrienos, respectivamente (Ortega J, 2022, Pp.41).

2.7.3.2. Modulación de la vía NF- κ B

La vía del factor nuclear kappa B (NF- κ B) es una vía de señalización central en la inflamación. Los metabolitos secundarios pueden modular esta vía al interferir con la activación y

translocación de NF- κ B al núcleo celular, reduciendo así la expresión de genes proinflamatorios (Aldeoca F, 2023, Pp.3).

2.7.3.3. Regulación de citoquinas

Los compuestos fitoquímicos pueden regular la producción y liberación de citoquinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), interleucinas (IL) y el interferón gamma (IFN- γ). Esta regulación puede tener lugar a nivel de transcripción génica o mediante la modulación de la estabilidad de los ARN mensajeros (Feria G, 2020, Pp.24).

2.7.3.4. Interacción con receptores inflamatorios

Algunos metabolitos secundarios interactúan con receptores específicos, como los receptores de tipo Toll (TLRs), que desempeñan un papel clave en la detección de patógenos y la regulación de la respuesta inmunitaria. La interacción puede modular la actividad de estos receptores y afectar las respuestas inflamatorias (Torres F, 2023, p.4).

2.7.3.5. Activación de vías de señalización celular

Algunos compuestos fitoquímicos activan vías de señalización celulares específicas, como las proteínas quinasas activadas por mitógenos (MAPK). Estas vías están implicadas en la transducción de señales inflamatorias y su modulación puede influir en la respuesta global del sistema inmunitario (Pineda J, 2021, Pp.35).

2.7.3.6. Acción antioxidante

Muchos metabolitos secundarios actúan como antioxidantes, neutralizando los radicales libres que contribuyen al estrés oxidativo asociado con la inflamación crónica. Al proteger las células del daño oxidativo, estos compuestos pueden mitigar la activación de respuestas inflamatorias (Pattanayak, D, 2022, Pp.14).

2.7.4. Técnicas analíticas

La identificación y cuantificación precisa de metabolitos secundarios en plantas requiere el uso de técnicas analíticas avanzadas que permitan separar, detectar y caracterizar estos compuestos. Algunas de las técnicas más comúnmente empleadas son las siguientes.

2.7.4.1. Espectroscopía infrarroja (IR)

La espectroscopía IR se utiliza para identificar grupos funcionales en las moléculas. Proporciona información sobre enlaces químicos y puede ser útil para la identificación preliminar de clases de compuestos (Santos W, *et al*, 2021, p.7).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque, diseño y alcance

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo con diseño experimental y alcance exploratorio, basado en la evaluación de extractos etanólicos y microencapsulación de los frutos de mortiño *Vaccinium floribundum Kunth*.

3.2. Diseño experimental

3.1.1. Población de estudio, tamaño de muestra y método de muestreo

3.1.1.1. Población

Arbustos de mortiño de la provincia de Tungurahua.

3.1.1.2. Muestra

Frutos de mortiño de la parroquia Pilahuín.

3.1.2. Criterios de inclusión

- Las mejores especies del arbusto del mortiño que presentaron buen estado.
- Frutos con superficies integrales, un color azulado a negruzco y frescos.

3.1.3. Criterios de exclusión

- Frutos que presentaron daños por acción de animales o insectos, deterioro por agua o viento, que se encuentren en proceso de descomposición o con contaminación microbiológica o algún hongo.

3.1.4. Hipótesis

Hipótesis afirmativa (Hi)

- Los solventes de extracción influyen en la concentración de los metabolitos secundarios presentes en los extractos de los frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*).
- La microencapsulación de los extractos de los frutos de mortiño por el método de spray drying influye en la conservación de los principios activos de los frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*).

Hipótesis nula (Ho)

- Los solventes de extracción no influyen en la concentración de los metabolitos secundarios presentes en los extractos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*).
- La microencapsulación de los extractos de los frutos del mortiño por el método de spray drying no influye en la conservación de los principios activos de los frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*).

3.1.5. Identificación de variables

3.1.5.1. Variables dependientes

- Concentración de fenoles y flavonoides totales de los frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*)
- Capacidad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de los frutos de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*).

3.1.5.2. Variables independientes:

- Concentración de mezcla etanol - agua.

Tabla 3-1: Clasificación de las muestras según su concentración

Mezcla	Etanol%	Agua%
	20	80
	50	50
Concentración	80	20
	96	4

Realizado por: Villegas, W. 2024.

- Microencapsulación.

3.2. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.2.1. *Recolección y almacenamiento de la muestra*

La recolección y almacenamiento de muestras de fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) se llevó a cabo en la provincia de Tungurahua, en la parroquia Pilahuín, siguiendo un protocolo adecuado para garantizar la representatividad y calidad de cada muestra. Se realizó un muestreo a conveniencia donde se consideraron cinco arbustos diferentes distribuidos en dos puntos distintos de la parroquia, **punto 1:** 1°20'10.7"S 78°45'41.2"W, **punto 2:** 1°19'36.6"S 78°45'38.5"W, cada uno identificado por sus coordenadas geográficas para su referencia precisa.

El proceso de recolección se realizó en dos etapas:

ETAPA 1: Fueron identificados los arbustos de mortiño con frutos maduros listos para ser cosechados, seleccionando cuidadosamente los frutos, evitando dañarlos, y se recolectó en cantidades representativas de cada arbusto.

ETAPA 2: Para su almacenamiento se consideraron las fundas ziploc, las cuales fueron etiquetadas con información como la fecha de recolección, el punto exacto de muestreo, el número de arbusto y otra información relevante. Las muestras fueron transportadas a temperatura ambiente hasta el laboratorio de formulación magistral y oficial de la ESPOCH.

3.2.2. *Lavado y secado.*

Proceso cuidadosamente diseñado para garantizar la eliminación de impurezas y la conservación de las muestras para análisis posteriores.

- Las muestras fueron sometidas a un proceso de desinfección utilizando una mezcla de hipoclorito de sodio al 5% y agua destilada. Esta solución desinfectante se aplicó de manera uniforme sobre las muestras, asegurando una cobertura completa. Las muestras fueron enjuagadas con agua destilada para eliminar cualquier residuo de la solución desinfectante.
- Una vez desinfectadas, las muestras del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) fueron preparadas para el secado. Se colocaron en la estufa a temperatura constante de 50°C, durante 4 días.

Este proceso de secado lento y controlado ayuda a preservar las propiedades de las muestras y a evitar la formación de moho u otros contaminantes durante el almacenamiento (Salles, et al. Pp.169-174).

3.2.3. *Preparación de extractos.*

Los extractos etanólicos del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) se llevó a cabo con las siguientes fases:

1. **Molienda:** Triturar los frutos secos utilizando un molidor de café hasta obtener un polvo fino, asegurando que se minimizara cualquier pérdida de material.
2. **Extracción:** El polvo fino del fruto de mortiño fueron colocados en botellas ámbar y cubiertos hasta cubrir la muestra con la mezcla de etanol, agua a diferentes concentraciones (ver tabla 3-1).
3. **Maceración:** este proceso se llevó a cabo durante 7 días, a temperatura de refrigeración de 2 a 8 grados, aproximadamente 5 °C, durante el tiempo de maceración se realizaron agitaciones constantes para asegurar una extracción adecuada.
4. **Filtración:** la mezcla de cada una de las muestras obtenidas posterior a los 7 días de maceración, fueron filtradas con papel filtro para separar los sólidos de la solución (etanólica – agua), realizando este proceso dos veces hasta obtener una solución sin residuos.
5. **Evaporación** El solvente etanólico de cada una de las muestras fue evaporado en un equipo rotavapor (50 °C, 80 rpm, 60 min), obteniendo el extracto concentrado del fruto de mortiño en forma de residuo, para su posterior análisis y almacenamiento.
6. **Almacenamiento:** el concentrado de fruto de mortiño fue colocado en tubos falcón, protegido de la luz con papel aluminio y a temperatura ambiente, para su posterior análisis.

3.2.4. *Cálculo de rendimiento*

El cálculo del rendimiento de los extractos y concentrados fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) se realizó siguiendo la fórmula mencionada por (Gonelimali, y otros, 2018) descrita a continuación:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{X1}{X2} \times 100$$

Ecuación 1

Para calcular el rendimiento de cada uno de los extractos se utilizó la Ecuación 1.

Donde:

X1: Peso del extracto después de la evaporación del solvente. (Fase 5. Evaporación)

X0: Peso seco del polvo vegetal antes de la extracción. (Fase 1. Molienda)

3.2.5. Tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios

Se llevó a cabo un análisis detallado del perfil fitoquímico del fruto de mortiño, para identificar los diferentes metabolitos presentes en los extractos. A continuación, se detalla el procedimiento para realizar cada uno de los ensayos:

3.2.5.1. Ensayo de Wagner

Se introdujeron 2 mL de la solución de extracto en un tubo de ensayo, y se procedió a evaporar el solvente en un baño de agua. Luego, se disolvió la muestra en 1 mL de ácido clorhídrico al 1%, se calentó suavemente y se permitió enfriar hasta que se detectara la presencia de turbidez, opalescencia o la formación de un precipitado, señalando así la presencia de alcaloides (Lascano, 2023).

3.2.5.2. Ensayo de Dragendorff

Se añadieron 2 mL de la solución de extracto a un tubo de ensayo junto con 2 mL de reactivo de Dragendorff, que consiste en una solución de yoduro de bismuto y potasio. Después de mezclar, se aguardó hasta notar la aparición de un precipitado rojo anaranjado, confirmando así la presencia de alcaloides en la muestra (Lascano, 2023).

3.2.5.3. Ensayo de Mayer

Se introdujeron 2 mL de la solución de extracto en un tubo de ensayo y se procedió a evaporar el solvente en un baño de agua. Posteriormente, se disolvió en 1 mL de ácido clorhídrico al 1%, y se agregó una pequeña cantidad de NaCl en polvo junto con 2 o 3 gotas de reactivo de Mayer. Se esperó hasta observar la presencia de turbidez, opalescencia o la formación de un precipitado, lo cual indicaría la presencia de alcaloides (Lascano, 2023).

3.2.5.4. Ensayo de Fehling

Se añadieron 2 mL de la solución de extracto a un tubo de ensayo y se procedió a evaporar el solvente en un baño de agua. Luego, la muestra se disolvió en 2 mL de agua destilada y se agregaron 2 mL de reactivo de Fehling. Después de calentar durante 10 minutos, la presencia de una solución rojiza o la formación de un precipitado rojo confirma la presencia de carbohidratos reductores (Lascano, 2023).

3.2.5.5. Ensayo de Baljet

Se introdujeron 2 mL de la solución de extracto en un tubo de ensayo y se procedió a evaporar el solvente utilizando un baño de agua. Después, la muestra se volvió a disolver en 1 mL de etanol, y se agregó 1 mL de reactivo hasta notar la aparición de coloración o la formación de un precipitado, indicando así la presencia de cumarinas (Lascano, 2023).

3.2.5.6. Ensayo de Espuma

Se combinaron 1 mL de la solución de extracto de la muestra con 1 mL de agua destilada en un tubo de ensayo, agitándose enérgicamente hasta que se notó la aparición de espuma, señalando la presencia de saponinas en la muestra (Lascano, 2023).

3.2.5.7. Ensayo de Shinoda

En un tubo de ensayo se dispusieron 1 mL de extracto, 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y pequeños fragmentos de cinta de magnesio. Tras dejar reposar durante 5 minutos, se agregaron 1 mL de alcohol amílico, y el cambio de color de amarillo a rojo confirmó la presencia de flavonoides (Lascano, 2023).

3.2.5.8. Ensayo de Lieberman-Burchard

Se mezclaron 2 mL de extracto con 1 mL de anhídrido ácido y se calentaron durante 5 minutos, luego se trató con ácido sulfúrico concentrado. Para concluir, se añadió el reactivo de Lieberman-Burchard, y la presencia de una coloración verdosa indicó la presencia de esteroides y triterpenos (Lascano, 2023).

3.2.5.9. *Ensayo de Cloruro férrico*

Se adicionaron 3-4 gotas de cloruro férrico al 10% (p/v) a un tubo de ensayo que contenía 1 mL de extracto en solución, seguido de agitación. La manifestación de una coloración azul o verde señaló la presencia de fenoles y/o taninos en la muestra. (Lascano, 2023)

3.2.5.10. *Ensayo de Resinas*

A 2 mL de la solución de extracto se le incorporaron 10 mL de agua destilada, y se permitió que reposara durante 10 minutos. La formación de un precipitado evidenció la presencia de resinas (Lascano, 2023).

3.2.5.11. *Ensayo de Ninhidrina*

Se introdujeron 2 mL de una solución de ninhidrina al 2% en agua a una solución de extracto. La combinación se calentó a 80°C en un baño maría durante 5 minutos. El resultado del ensayo se considera positivo para aminoácidos libres si se observa una coloración violeta azulada (Lascano, 2023).

3.2.5.12. *Ensayo de Antocianidinas*

Se agregaron 2 mL de HCl a 2 mL de una solución de extracto, y se incubó la mezcla a 80 °C en un baño maría durante 5 minutos. Luego, se añadió 1 mL de amoníaco. La alteración del color de la solución a azul violáceo señala la existencia de antocianinas (Lascano, 2023).

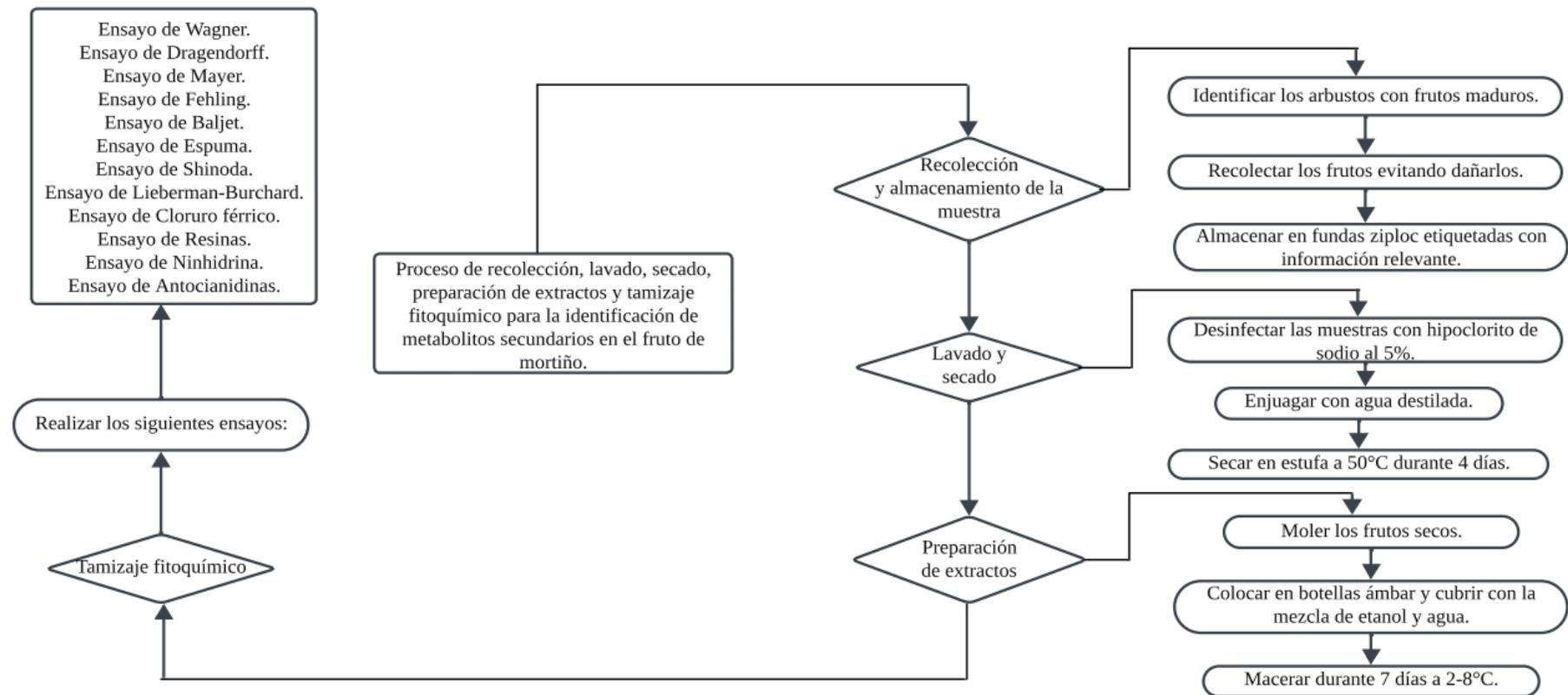


Ilustración 3-1: Proceso de recolección, lavado, secado, preparación de extractos y tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios en el fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth).

Realizado por: Villegas, W. 2024

3.2.6. Cuantificación de fenoles y flavonoides

3.2.6.1. Fenoles totales

Para determinar la concentración total de compuestos fenólicos se utilizó una versión adaptada del procedimiento del método Folin-Ciocalteu. En primer lugar, se utilizó una placa de 96 pocillos, donde se aplicó 10 μL de una dilución 1:50 del extracto. Luego se añadió 130 μL de agua destilada y posteriormente se incorporó 10 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Se dejó que la reacción se desarrolle durante 6 minutos, después de lo cual se introdujo 100 μL de una solución de carbonato de sodio al 7% (p/v). Esta mezcla reacciona a temperatura ambiente durante 90 minutos, en condiciones de no exposición a la luz. Finalmente, se midió la absorbancia de cada muestra a una longitud de onda de 750 nm (Lascano, 2023).

Para realizar la calibración se construyó una curva estándar utilizando soluciones seriadas de ácido gálico estándar (GAE) con concentraciones que variaron entre 10 y 100 mg/L. La cantidad de compuestos fenólicos totales se expresó como la cantidad equivalente en miligramos de ácido gálico por gramo de peso seco de la muestra (mg EAG/gPS) (Lascano, 2023).

3.2.7. Flavonoides totales

Para cuantificar la concentración total de flavonoides se aplicó el método del cloruro de aluminio. En este procedimiento, se mezclaron 60 μL de una dilución 1:10 del extracto con 120 μL de una solución de cloruro de aluminio al 2% (p/v) y la mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 60 minutos. Luego, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 420 nm. Para la calibración se construyó una curva estándar utilizando soluciones seriadas de quercetina (QE) con concentraciones que oscilaron entre 10 y 100 mg/L. La cantidad de flavonoides totales se expresa como la cantidad equivalente en miligramos de quercetina por gramo de peso seco de la muestra (mg QE/gPS) (Lascano, 2023).

3.2.8. Capacidad antioxidante

Para evaluar la capacidad antioxidante de los extractos se utilizó una variante de la técnica DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) descrita originalmente por (Bobo, 2015).

3.2.9. Preparación de DPPH y Trolox

Se preparó una solución inicial de DPPH con una concentración de 150 μM disolviendo 0,0059 g de este reactivo en 100 ml de una solución diluyente compuesta por metanol y agua en una proporción de 80:20. Luego se protegió esta solución de la exposición a la luz y se agitó durante un período de 30 a 40 minutos. Además, se preparó una solución madre de Trolox con una concentración de 500 μM disolviendo 0,0125 gramos de Trolox en 100 ml de una solución diluyente que consiste en una mezcla de metanol y agua en una proporción de 50:50. Esta solución se agitó para asegurar la uniformidad de sus componentes. A partir de la solución madre de Trolox se preparó soluciones reactivas con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400 y 500 μM , con el fin de generar una curva de calibración (Lascano, 2023).

3.2.10. Determinación del porcentaje de inhibición de DPPH.

El porcentaje de inhibición se calculó acorde a la Ecuación 2:

$$\% \text{Inhibición DPPH} = \left[1 - \left(\frac{A_m - A_b}{A_c - A_b} \right) \right] \times 100$$

Ecuación 2

Donde:

Am: absorbancia de la muestra a 515 nm,

Ab: absorbancia del blanco a 515 nm

Ac: absorbancia del control a 515 nm.

3.2.11. Medición de la actividad antioxidante

El procedimiento experimental se lo realizó en un espectrofotómetro en una placa de 96 pocillos, donde se colocó muestras de blanco, control y extracción de los extractos de fruto de mortiño, para su posterior medición a 515 nm. La preparación de estas muestras se realizó de la siguiente manera:

- **Blanco:** se agregó 180 μL de una solución diluyente compuesta por metanol-agua (80:20) y 20 μL de agua destilada.
- **Control:** se colocó 180 μL de una solución de DPPH y 20 μL de agua destilada.

- **Extracto:** se agregó 180 μL de una solución de DPPH y 20 μL del extracto diluido de la muestra de fruto de mortiño (Lascano, 2023).

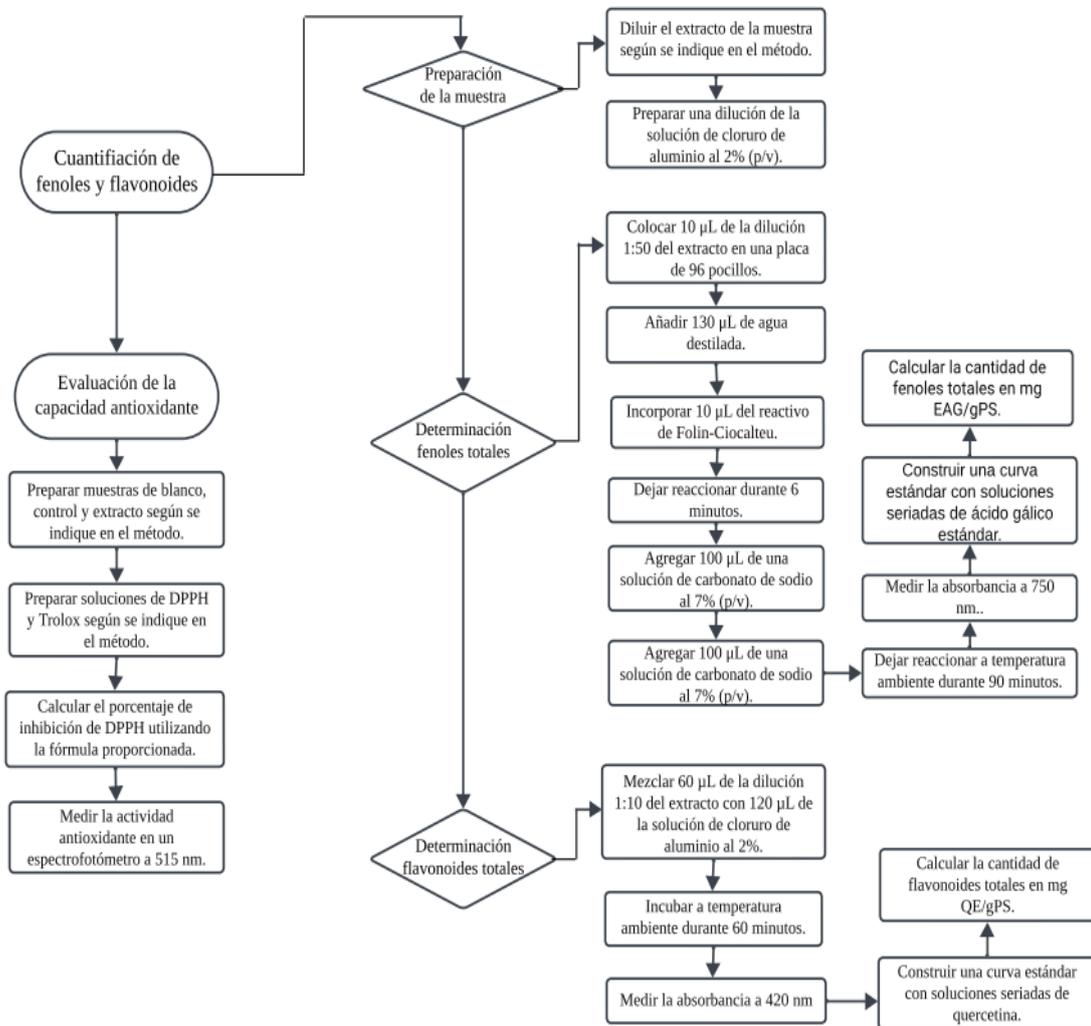


Ilustración 3-2: Cuantificación de fenoles y flavonoides, evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos

Realizado por: Villegas, W. 2024.

3.2.12. Microencapsulación

La técnica de microencapsulación se realizó mediante el método de secado por aspersión. El extracto se concentró mediante un rotavapor (IKA HB10) a 70 °C para eliminar el contenido de disolvente de la muestra. Para conservar el extracto concentrado, se almacenó en frascos de vidrio de color ámbar a una temperatura de 4 °C.

Se preparó una solución de recubrimiento para las partículas mezclando maltodextrina y agua destilada con agitación continua. El proceso de microencapsulación se realizó en un Mini Spray

Dryer BUCHI-B290. Una vez colocado el extracto del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) en el atomizador a través de una manguera, gracias a la acción de la bomba peristáltica, fue dirigido hacia la cámara de secado, donde se formaron las partículas (Osorio, 2023).

3.2.13. Análisis por espectrofotometría infrarroja FT-IR

Este procedimiento se utilizó principalmente en el análisis de muestras en polvo. Para ello, se extrajeron muestras del concentrado, del material microencapsulado FM y de los polímeros y se sometieron a evaluación mediante un espectrofotómetro infrarrojo con un dispositivo ATR (Attenuated Total Reflection). (Osorio, 2023).

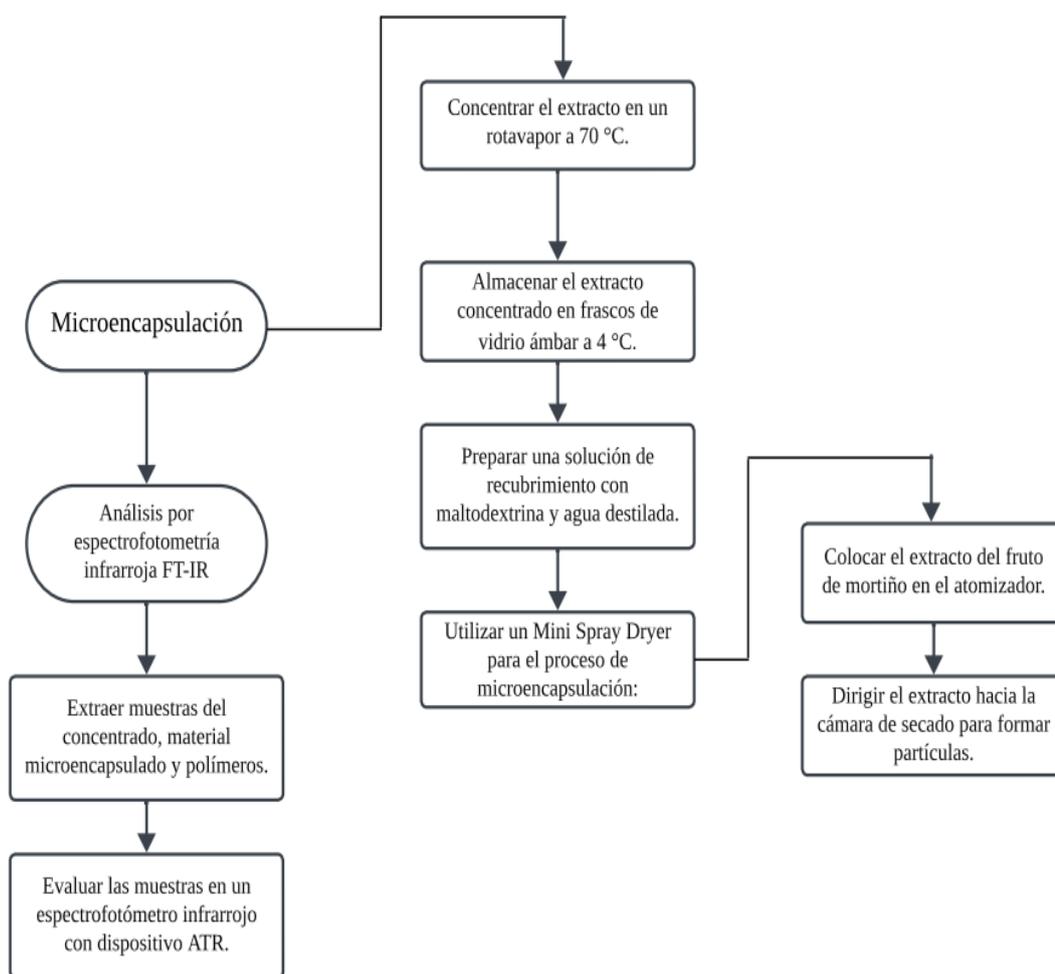


Ilustración 3-3: Microencapsulación

Realizado por: Villegas, W. 2024.

3.2.14. Diseño Experimental

Para la detección de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante se utilizó el modelo aditivo lineal de Diseño Completamente al Azar (DCA), con 4 concentraciones etanol -agua (20-80; 50,50; 80,20; 96,4) %. considerados como tratamientos, realizando 6 mediciones de cada una de las concentraciones denominadas replicas.

El modelo lineal de Diseño Completamente al Azar (DCA) está representado por la siguiente ecuación según (Rueda, 2015).

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i en la repetición j

m = media general

t_i = efecto del tratamiento i; i=1,2,3,4,5,6

e_{ij} = termino de error asociado al tratamiento i la repetición j

3.2.15. Análisis estadístico:

Para verificar la variación existente, se aplicó la prueba estadística ANOVA con un post hoc TUKEY al 95% de nivel de confianza mediante el programa estadístico GRAPHPAD.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Rendimiento del extracto del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*)

Se obtuvo el extracto etanólico del futo de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) mediante el proceso de maceración, obteniendo cuatro extractos cuyos rendimientos se calcularon utilizando la Ecuación 1; estos valores se detallan en la Tabla 4-1.

Donde el extracto con la proporción 80%:20% (etanol- agua) exhibió un rendimiento superior (56,754%) en comparación con los demás.

Tabla 4-1: Rendimiento de extracción del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*)

Extracto	Concentración (etanol-agua)	% de rendimiento
Fruto de mortiño	20%: 80%	28,282
	50%: 50%	26,870
	80%: 20%	56,754
	96%: 4%	53,447

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Cabe mencionar que no existen investigaciones previas en las cuales se hayan realizado un proceso de extracción como en el presente estudio. Sin embargo, en varios estudios que han realizado extracciones hidroalcohólicas reportan rendimiento entre el 41 al 45% (Guamán Poaquiza 2022; Zurita Morales 2021). Por lo que se puede mencionar que se obtuvo un rendimiento superior al de otros estudios.

De todos modos, es crucial destacar que el rendimiento en cualquier tipo de extracción se ve afectado por una variedad de factores, tales como la temperatura, tipo de solvente empleado, proporción de material vegetal a solvente, tamaño partícula, sección de la planta utilizada, nivel de agitación, tiempo de exposición y las condiciones específicas de la planta (Tingting et al., 2022).

4.2. Tamizaje fitoquímico

Tabla 4-2: Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto del fruto de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

ENSAYO	Compuesto identificado	Fruto 20%: 80% (etanol-agua)	Fruto 50%: 50% (etanol-agua)	Fruto 80%: 20% (etanol-agua)	Fruto 96%: 4% (etanol-agua)
Wagner	Alcaloides	+	+	+	+
Mayer	Alcaloides	+	+	+	+
Cloruro férrico	Compuestos fenólicos	+	+	+	+
Espuma	Saponinas	-	+	+	-
Resina	Resinas	+	+	+	+
Fehling	Azúcares	+	+	+	+
Shinoda	Flavonoides	-	+	+	+
Baljet	Lactonas y cumarinas	+	+	+	+
Libermann	Triterpenos	+	+	+	+
Bouchard	y esteroides				
Nihidrina	Aminas primarias	-	-	-	-
Antocianida	Secuencias de grupos de flavonoides	-	-	-	-

Nota. (-) No detectado; (+) Presencia

Realizado por: Villegas, W. 2024.

La Tabla 4-2, revela la presencia de diversos compuestos en prácticamente todos los extractos, entre los cuales se incluyen flavonoides, fenoles, compuestos fenólicos y triterpenos. Únicamente el extracto a la concentración del 20%:80% (etanol-agua) muestra ausencia de flavonoides. Detectando también la falta de aminas primarias y secuencias de grupos de flavonoides en los 4 extractos analizados. Estos componentes han sido previamente vinculados a actividades biológicas según varios estudios (Llavisaca et al., 2018a; Pérez et al., 2021). De manera similar, el estudio llevado a cabo por (Guamán, 2022), a pesar de realizar extracciones a diversas concentraciones, pero utilizando etanol como solvente, identificó la presencia de flavonoides, fenoles y triterpenos.

De igual manera, cabe destacar, que la producción de metabolitos secundarios puede estar influenciada por diversos factores, incluyendo aspectos genéticos, condiciones ambientales como la luz, la temperatura y los nutrientes del suelo, así como factores estresantes tanto bióticos como abióticos (Yang et al. 2018). Además, la mayoría de las actividades biológicas observadas, como la

capacidad cicatrizante, antiinflamatoria o anticancerígena, se atribuyen principalmente a la presencia de fenoles, flavonoides y terpenos en la composición de un extracto (Cheynier, 2012) .

4.3. Cuantificación de fenoles y flavonoides de los extractos etanólicos del fruto de mortiño.

Después de confirmar la presencia de metabolitos secundarios en el extracto, se presenta los resultados de cuantificación de la concentración de fenoles y flavonoides de los extractos (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Cuantificación de la concentración de fenoles y flavonoides de cada extracto

EXTRACTO FRUTO DE MORTIÑO CONCENTRACION	Fenoles totales (mg EAG/g PS)	Flavonoides totales (mg EQ/g PS)
20%: 80%	42,963 ± 17,685	95,871 ± 8,399
50%: 50%	56,790 ± 11,396	120,333 ± 5,961
80%: 20%	66,667 ± 12,830	132,645 ± 5,439
96%: 4%	123,148 ± 23,691	127,054 ± 4,513

Nota. Los valores se expresan como media ± de seis determinaciones independientes. PS: Peso Seco; EQ: Equivalente de Quercetina; EAG: Equivalente de Ácido Gálico.

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Se puede observar en la (Tabla 4-3), que los extractos con concentraciones mayores al 80% de etanol presentaron valores mayores tanto en fenoles como en flavonoides. Es importante destacar que las plantas actúan como depósitos de metabolitos secundarios, los cuales se encuentran principalmente en las hojas y frutos de las plantas (Goławska et al., 2023).

La presencia de estos metabolitos secundarios en el fruto del mortiño podría tener aplicaciones destacadas en campos como la farmacología y la medicina, gracias a sus notables actividades biológicas que incluyen propiedades anticancerígenas, antivirales, antibacterianas, antifúngicas, neuroprotectoras, antiinflamatorias, entre otros (Ullah et al., 2020).

De este modo la concentración de fenoles totales más alta se obtuvo con el extracto de 96% de etanol con un valor de 123,148 ± 23,691 mg EAG/g PS (Tabla 4-3), mostrando una diferencia

significativa respecto al estudio de (Llvisaca et al., 2018), quienes registraron un valor de 146.10 ± 13.44 mg EAG/g PS en extracto etanólico.

Por otro lado, la concentración de flavonoides más alta para este estudio fue de $132,645 \pm 5,439$ mg EQ/g PS (Tabla 4-3). Esta concentración es inferior al registro por (Pandjaitan et al. 2005), quienes reportaron valores superiores a 250 mg EQ/g PS en extractos etanólicos

Como se mencionó anteriormente, la composición fenólica de las plantas está influenciada por diversos elementos, como la variabilidad genética, el momento de la cosecha, las condiciones ambientales y del suelo, los métodos de procesamiento, las técnicas de almacenamiento, el estado de desarrollo de la planta y los tratamientos específicos aplicados (Pratyusha, 2022). La variabilidad de estos factores podría tener un impacto significativo en la composición fenólica y, por ende, en su utilidad y posibles aplicaciones en diversos ámbitos (Dai & Mumper, 2010; Pratyusha, 2022).

Tras determinar el contenido de fenoles y flavonoides en los extractos, se llevó a cabo una prueba estadística ANOVA para verificar si existían diferencias significativas entre estos. Los resultados arrojaron un valor de $p=0,0001$, indicando que el contenido de fenoles y flavonoides no es igual en todos los extractos (Tabla 4-4). De esta manera, se acepta la hipótesis alternativa que menciona que la variación de los solventes si influye sobre la concentración de fenoles y flavonoides.

Tabla 4-4: Prueba ANOVA de la concentración de flavonoide y fenoles de cada extracto realizado

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Flavonoides	Entre grupos	4726,687	3	4726,687		
	Dentro grupos	780,142	20	780,142	40,395	0,0001
	Total	5506,829	23			
Fenoles	Entre grupos	16033,223	3	5344,408		
	Dentro grupos	4077,961	15	271,864	19,658	0,0001
	Total	20111,183	18			

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Posterior a la tabla de ANOVA, se llevó a cabo la determinación de qué grupos de extractos compartían similitudes o diferencias en su contenido de fenoles y flavonoides mediante una prueba post hoc Tukey.

Tabla 4-5: Prueba Post Hoc de Tuckey de la concentración de flavonoides y fenoles de cada extracto realizado.

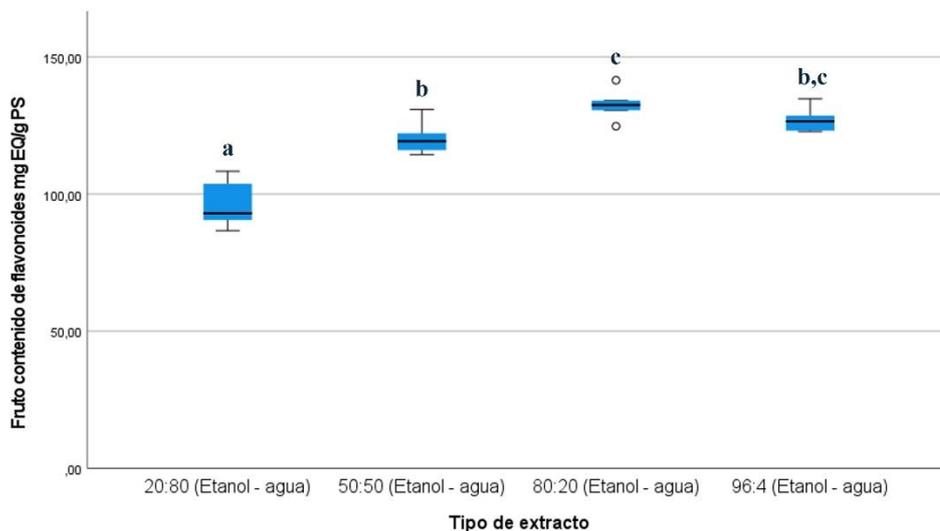
Contenido de flavonoides				
HSD Tukey^a				
Tipo de extracto	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20:80 (Etanol - agua)	6	95,8710		
50:50 (Etanol - agua)	6		120,3333	
96:4 (Etanol - agua)	6		127,0538	127,0538
80:20 (Etanol - agua)	6			132,6452
Sig.		1,000	0,275	0,428
Contenido de fenoles				
HSD Tukey^a				
Tipo de extracto	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
20:80 (Etanol - agua)	6	42,9630		
50:50 (Etanol - agua)	6	56,7901		
80:20 (Etanol - agua)	6	66,6667		
96:4 (Etanol - agua)	6		123,1481	
Sig.		0,173	1,000	

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Así, se determinó que, en relación con el contenido de flavonoides, se obtuvieron tres subconjuntos formados por 20%:80% (etanol-agua) en el subconjunto 1, 50:50 – 80:20 (etanol-agua) en el subconjunto 2 y 80:20 – 96:04 (etanol-agua) en el subconjunto 3. Esto sugiere que los extractos con mayor contenido de flavonoides son 80:20 y 96:04 (etanol-agua) (Tabla 4-5). De esta manera, se acepta la hipótesis alternativa que menciona que la variación de los solventes si influye sobre la concentración de flavonoides.

De manera análoga al caso anterior, se llevó a cabo la prueba estadística para verificar similitudes o diferencias entre los extractos en relación con la cantidad de fenoles. De esta forma, se identificaron dos subconjuntos: el subconjunto 1 incluía los extractos 20:80 - 50:50 – 80:20 (etanol-agua), y el subconjunto 2 estaba formado por el extracto 96:04 (etanol-agua). Esto sugiere que el extracto 96:04 (etanol-agua) presenta una mayor cantidad de fenoles (Tabla 4-5).

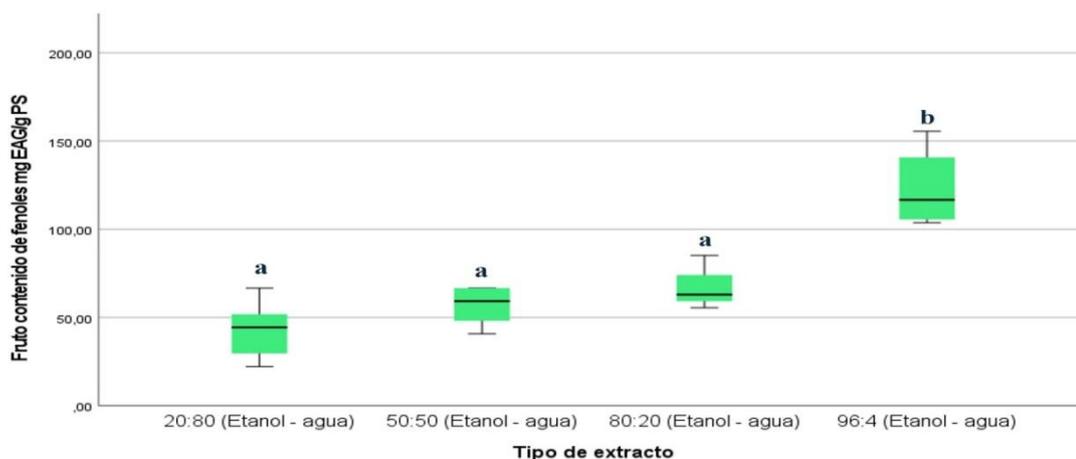
De igual manera se presenta el contenido de flavonoides y fenoles de cada uno de los extractos (Ilustración 4-1 y 4-2).



Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Quercetina por cada gramo de peso seco de extracto (mg EQ/g PS). **Nota:** Los datos que se muestran son la media de 6 réplicas y representan la media y \pm SD. Las letras diferentes (a, b, c, d, e) en la misma fila indican diferencias significativas. $\rho < 0.05$ ANOVA post hoc prueba de Tukey.

Ilustración 4-1 Contenido de flavonoides en cada extracto

Realizado por: Villegas, W. 2024.



Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Ácido Gálico por cada gramo de peso seco de extracto (mg EAG/g PS). **Nota:** Los datos que se muestran son la media de 6 réplicas y representan la media y \pm SD. Las letras diferentes (a, b, c, d, e) en la misma fila indican diferencias significativas. $\rho < 0.05$ ANOVA post hoc prueba de Tukey

Ilustración 4-2: Contenido de fenoles en cada extracto

Realizado por: Villegas, W. 2024.

4.4. Cuantificación de la actividad antioxidante del fruto de mortiño

Mediante el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), se identificó la actividad antioxidante de los extractos observando así el que tiene mayor capacidad antioxidante (Tabla 4-6).

Tabla 4-6: Capacidad inhibitoria del radical DPPH de cada uno de los extractos

EXTRACTO FRUTO DE MORTIÑO	% Inhibición del radical DPPH
CONCENTRACION	
20%: 80%	14,0450 ± 5,8091
50%: 50%	41,9033 ± 3,0634
80%: 20%	29,4345 ± 3,1842
96%: 4%	20,9517 ± 3,3982

Nota. Los valores se expresan como media ± DE de seis determinaciones independientes.

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Atraves de la prueba realizada se pudo determinar cuál de los 4 extractos tienen mayor capacidad antioxidante, siendo que estos son compuestos que combaten los radicales libres interviniendo en cualquiera de los tres pasos principales del proceso oxidativo mediado por radicales libres: el inicio, la propagación y la terminación (Kedare & Singh, 2011). Estos antioxidantes son producidos de forma natural por el sistema biológico y se encuentran presentes en muchos vegetales. El equilibrio entre oxidantes y antioxidantes es crucial para determinar la salud y el vigor, y este equilibrio influye en la protección contra los efectos nocivos de los radicales libres (Jabbari & Jabbari, 2016).

En este estudio, se pudo observar que el extracto con la mayor capacidad antioxidante fue el obtenido con una proporción de 50:50 (etanol-agua), con un porcentaje de inhibición del 41,9033 ± 3,0634, seguido del extracto con una proporción de 80:20 (etanol-agua) con un porcentaje de inhibición del 29,4345 ± 3,1842 y por último el extracto con una proporción de 96:4 (etanol-agua) con un porcentaje 20,9517 ± 3,3982.

El extracto con una proporción de 20:80 (etanol-agua) mostró el menor porcentaje de inhibición, con un valor de 14,0450 ± 5,8091 (Tabla 4-6).

Los porcentajes de inhibición presentados en este estudio son similares con investigaciones previas, y es notable que el extracto con una proporción de 50:50 (etanol-agua) muestra un mayor porcentaje de inhibición (41,9033 ± 3,0634). En comparación, el estudio de Guamán Poaquiza (2022b) reportó un porcentaje de inhibición máximo del 27%, mientras que el estudio de (Rubio Ramírez y Zurita Vanegas, 2023) presentó un valor máximo del 12%. Es crucial tener en cuenta que estas variaciones pueden estar relacionadas con el estado de madurez del fruto, ya que a mayor madurez se reduce el contenido de metabolitos secundarios y, por ende, la capacidad antioxidante (Gaviria Montoya et al., 2012; Pérez et al., 2021).

Una vez conocido los valores de capacidad antioxidante de cada extracto, se procedió verificar si dichos datos eran estadísticamente significativos.

Tabla 4-7: Prueba ANOVA de la capacidad inhibitoria de cada extracto realizado

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Capacidad antioxidante	Entre grupos	1453,912	3	484,637	27,930	0,0001
	Dentro de grupos	173,520	10	17,352		
	Total	1627,432	13	484,637		

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Se obtuvo un valor de $p=0,0001$ lo que indica que no todos los extractos presentan la misma capacidad antioxidante (Tabla 4-7).

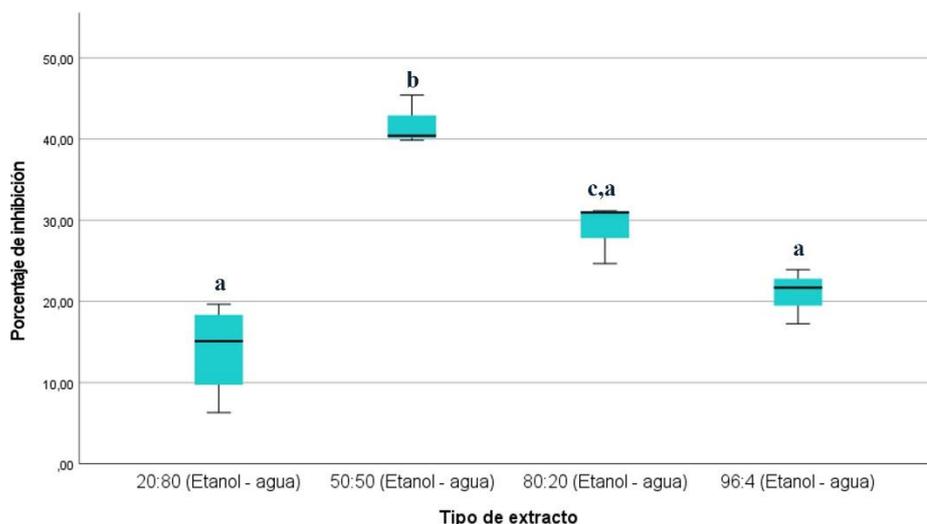
Finalmente se realizó un post Hoc con la prueba Tuckey para verificar que el extracto de 50:50 (etanol-agua) presentó la mayor capacidad antioxidante, aunque el extracto 80:20 (etanol-agua) también presentó un valor alto en comparación con los otros tipos de extracción lo que se observa en la (Tabla 4-8).

Tabla 4-8: Prueba Post Hoc de Tuckey de la capacidad inhibitoria de cada extracto realizado

Capacidad antioxidante				
HSD Tukey ^a				
Tipo de extracto	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20:80 (Etanol - agua)	6	14,0450		
96:4 (Etanol - agua)	6	20,9517	20,9517	
80:20 (Etanol - agua)	6		29,4345	
50:50 (Etanol - agua)	6			41,9033
Sig.		0,197	0,093	1,000

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Como en el caso anterior de fenoles y flavonoides se representó gráficamente los valores de inhibición obtenidos (Ilustración 4-3).



Nota: Los datos que se muestran son la media de 6 réplicas y representan la media y \pm SD. Las letras diferentes (a, b, c, d, e) en la misma fila indican diferencias significativas. $p < 0.05$ ANOVA post hoc prueba de Tukey.

Ilustración 4-3: Capacidad antioxidante de cada extracto.

Realizado por: Villegas, W. 2024.

4.5. Microencapsulación del extracto del fruto de mortiño

Una vez analizado el contenido de fenoles, flavonoides (Tabla 4-3) y actividad antioxidante (Tabla 4-6), se decidió microencapsular el extracto que mejores características presentó, en este caso el extracto 50:50 (etanol-agua). Esta elección se debe a que, aunque no exhibió la concentración más elevada de fenoles y flavonoides, esta muestra demostró la mayor capacidad de inhibición antioxidante. Por lo tanto, se plantea la hipótesis de que podría poseer una actividad biológica más destacada, ya que la mayoría de las enfermedades tienden a generar radicales libres, los cuales podrían ser reducidos por los compuestos presentes en el extracto (Escamilla Jiménez et al., 2009).

Después de realizar el microencapsulado, es crucial analizar la eficacia del proceso de microencapsulación para verificar si el componente biológicamente activo ha sido encapsulado de manera adecuada. Sin embargo, hay que tener en consideración que variados factores afectan los resultados finales de eficacia, como las temperaturas de entrada y salida, la sensibilidad térmica de los ingredientes activos, los biopolímeros utilizados y sus concentraciones (Movasaghi, Rehman, Rehman 2008).

De este modo se obtuvo el porcentaje de eficiencia de la microencapsulación:

Tabla 4-9: Eficiencia de microencapsulación

Tratamiento	Ingrediente activo	Biopolímero	% Eficiencia
50:50 (etanol: agua)	Extracto etanólico del fruto de mortiño	MD	79,527 ± 1,883

Nota: Maltodextrina MD.

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Aunque no hay investigaciones disponibles para comparar la eficacia de la microencapsulación, debido a la ausencia de informes sobre procesos anteriores de microencapsulación del mortiño, la mayoría de los estudios realizados con otros extractos vegetales muestran un rendimiento cercano al 80%. (Bernal-Millán et al. 2022; Osorio et al. 2010). Esto confirma que el proceso se llevó a cabo de manera adecuada a pesar haber obtenido un rendimiento del 79,527 %.

4.5.1. Análisis de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)

Se llevó a cabo el análisis de tres muestras, identificadas como el extracto sin microencapsular (representado en negro), el polímero empleado (mostrado en rojo) y la combinación del polímero con el extracto (presentado en azul). La Ilustración 4-4, refleja que la mezcla del polímero con el extracto logró una microencapsulación efectiva, evidenciada por un espectro muy similar al del polímero por sí solo.

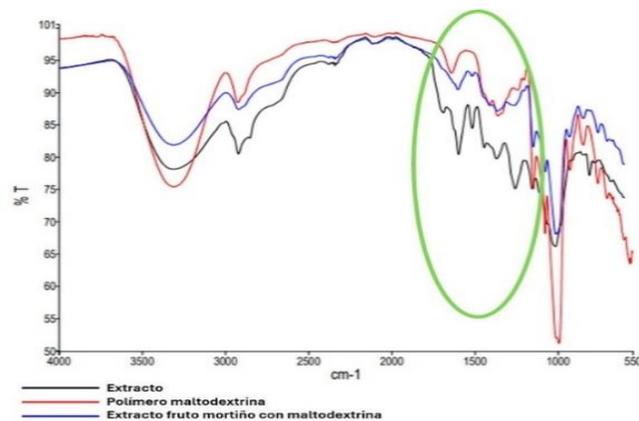


Ilustración 4-4: Espectro infrarrojo del extracto de fruto de mortiño

Realizado por: Villegas, W. 2024.

Polímero Maltodextrina

El uso de la maltodextrina como polímero para microencapsular se justifica debido a las características favorables de este tipo de polímero. La maltodextrina exhibe una excelente solubilidad en agua y una baja viscosidad incluso a concentraciones elevadas, en comparación con las proteínas. Estas propiedades hacen que la maltodextrina sea una elección adecuada para la microencapsulación, ya que facilita la manipulación del proceso y la posterior dispersión del producto encapsulado.

De manera similar, el espectro proporciona la oportunidad de identificar los grupos de metabolitos presentes en el extracto. A partir de aquello se confirman la presencia de grupos funcionales distintivos tanto de fenoles como de flavonoides en el extracto etanólico microencapsulado.

Según (Hussain et al., 2023), el grupo hidroxilo (-OH) suele exhibir su banda de estiramiento en el intervalo de 3200 a 3600 cm^{-1} . Además, los anillos aromáticos (C=C) presentan bandas de estiramiento en las regiones de 1600 a 1620 cm^{-1} y 1500 a 1600 cm^{-1} , mientras que la banda del grupo C-O (característico en compuestos fenólicos) generalmente se manifiesta en el rango de 1300 a 1000 cm^{-1} . Asimismo, el grupo carbonilo (C=O), presente en algunos flavonoides, muestra su banda en la región de 1700 a 1650 cm^{-1} .

CONCLUSIONES

- Se determinó diversos metabolitos secundarios en los extractos, tanto cualitativa como cuantitativamente. En términos cualitativos, se demostró la presencia de compuestos como fenoles, flavonoides, triterpenos y azúcares. En cuanto a la cuantificación, se destacó la presencia de fenoles y flavonoides en todos los extractos, siendo el extracto 96%:4% (etanol: agua) el que exhibió el contenido más elevado de fenoles, con $123,148 \pm 23,691$ mg EAG/g PS, mientras que el extracto 80%:20% (etanol: agua) presentó el mayor contenido de flavonoides, con $132,645 \pm 5,439$ mg EQ/g PS.
- Se analizó que cada uno de los extractos elaborados presentan actividad antioxidante. De todos ellos, el extracto 50:50 (etanol: agua) fue el que mayor inhibición presentó con un valor de $41,9033 \pm 3,0634\%$
- Se microencapsulo el extracto de concentración de 50:50 (etanol: agua) ya que resultó ser la más idónea debido a sus valores obtenidos para fenoles, flavonoides y su destacada actividad antioxidante. A partir de esta concentración, se llevó a cabo el proceso de microencapsulación, logrando una eficiencia de microencapsulación de $79,527 \pm 1,883$, la cual fue confirmada mediante un espectro de FTIR. Además, se corroboró la presencia de fenoles y flavonoides a través de los picos de estiramiento presentes en el espectro.

RECOMENDACIONES

- Considerar la investigación de otros arbustos silvestres endémicos con potencial terapéutico para enfermedades inflamatorias. Ampliando así el conocimiento sobre recursos naturales con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.
- Investigar otras técnicas de extracción de compuestos bioactivos, como la extracción asistida por ultrasonido o la extracción supercrítica, para comparar la eficacia y la cantidad de compuestos extraídos.
- Realizar estudios adicionales sobre la estabilidad de los compuestos bioactivos del mortiño en diferentes condiciones de almacenamiento y su biodisponibilidad en modelos animales para comprender mejor su potencial terapéutico.
- Realizar estudios in vitro e in vivo para evaluar el efecto de los extractos de mortiño en modelos celulares y animales de enfermedades inflamatorias, lo que podría proporcionar información relevante para su aplicación clínica.
- Explorar la formulación de productos a base de mortiño, como cápsulas o pomadas, para evaluar su eficacia y seguridad en el tratamiento de enfermedades inflamatorias en ensayos clínicos controlados.
- Investigar la posible interacción de los compuestos del mortiño con otros medicamentos utilizados para tratar enfermedades inflamatorias, para garantizar su seguridad y eficacia en tratamientos combinados.
- Investigar otros posibles usos terapéuticos del mortiño, además de las enfermedades inflamatorias, como en el tratamiento de enfermedades metabólicas o neurodegenerativas, para ampliar su potencial terapéutico.

BIBLIOGRAFÍA

AINIA. 2010. ainia. [En línea] 30 de 09 de 2010. [Citado el: 07 de 06 de 2023.] <https://www.ainia.es/ainia-news/la-microencapsulacion-que-beneficios-nos-puede-aportar/>.

MAGAÑA. 2010. El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. [En línea] 03 de 2010. [Citado el: 24 de 05 de 2023.] https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000100011.

AL-BAITAI A. “Dye sensitized solar cells based on natural dye- A review”. *International Journal of Research in Engineering and Innovation(IJREI)* [en línea], 2022, (Iraq), vol. 6 (1), pp. 48-50 [Consulta: 2023-06-30]. ISSN: 2456-6934. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Farah-Muaiad/publication/358828051_Dye_sensitized_solar_cells_based_on_natural_dye-A_review/links/6220fca284ce8e5b4d027dca/Dye-sensitized-solar-cells-based-on-natural-dye-A-review.pdf

ALDEOCA F. “NF-κB transcription factor in cancer”. *Horizonte Médico (Lima)*. [en línea], 2023, (Perú), vol. 23 (1), pp. 3 [Consulta: 2023-09-3]. ISSN 1727-558X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-558X2023000100012&script=sci_arttext

ALTAMIRANO R. “Microencapsulación de conidios de *Metarhizium anisopliae* mediante secado por aspersión y gelificación iónica”. *Proyecto Especial de Graduación* [en línea], 2021, (Perú), vol. 1 (2), pp. 24-26 [Consulta: 2023-08-1]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/3ae4eb52-34ab-4918-9673-4fa8631de5fc>

ALVARADO J. “Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria”. *Abanico veterinario*. [en línea], 2018, (México), vol. 8 (1), pp. 79 [Consulta: 2023-08-10]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322018000100014

BALLESTEROS. 2010. REVISTA DE GASTROENTEROLOGIA DE MEXICO. [En línea] 11 de 2010. [Citado el: 06 de 06 de 2023.] [http://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-como-disminuir-el-riesgo-toxicidad-articulo-X0375090610873561#:~:text=Los%20antiinflamatorios%20no%20esteroideos%20\(AINE,y%20accidentes%20cerebrovasculares%20\(ACV\).](http://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-como-disminuir-el-riesgo-toxicidad-articulo-X0375090610873561#:~:text=Los%20antiinflamatorios%20no%20esteroideos%20(AINE,y%20accidentes%20cerebrovasculares%20(ACV).)

ANDRADE B. “Revisión Narrativa sobre la relación entre las especies reactivas de oxígeno y la vía de señalización cGas/Sting en el Inflammaging” *Repositorio institucional*. [en línea], 2020, (Chile), vol. 1 (2), pp. 84-93 [Consulta: 2023-08-15]. Disponible en: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvscl/1806>

ARCE L. “Secondary metabolites with medicinal activity extracted from fungi found in Central America”. *Revista Tecnología en Marcha*. [en línea], 2020, (Costa Rica), vol. 33 (3), pp. 8-13 [Consulta: 2023-08-13]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822020000300080

ARTEAGA C. “Uso del modelo de pez cebra como herramienta para evaluar la actividad antiinflamatoria y antioxidante de los alimentos. Revisión de literatura”. *Investifgación y desarrollo*. [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 16 (1), pp. 61 [Consulta: 2023-06-21]. DOI. 10.31243. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/1665>

BADGUJAR S. “Foeniculum vulgare Mill: una revisión de su botánica, fitoquímica, farmacología, aplicación contemporánea y toxicología”. *Department of Biochemistry, National Institute for Research in Reproductive Health*. [en línea], 2023, (Chile), vol. 11 (1), pp. 62 [Consulta: 2023-06-6]. Disponible en: <https://wolveslegacy.es/descargar/Hinojo-Foeniculum-vulgare.pdf>

BOBO, G., DAVIDOV, G., ARROQUI, C., VÍRSEDA, P., MARÍN, M., & NAVARRO, M. 2015. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. [En línea] 2015. [Citado el: 30 de 10 de 2023.] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6706>.

Clària, J. 2001. los nuevos antiinflamatorios. [En línea] 2001. [Citado el: 24 de 05 de 2023.] <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-los-nuevos-antiinflamatorios-13018802>.

CAMACHO L. “DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE PLANTAS AROMÁTICAS. CALENDULA OFFICINALIS”. *Facultad de Ciencias Experimentales (Jaén) Grado en Química* [en línea], 2020, (España), vol. 1 (2), pp. 21 [Consulta: 2023-07-12]. Disponible en: <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/12347>

CASTROMONTE M. “Encapsulation of antioxidant extracts from agroindustrial by-products: a review”. *Revista chilena de nutrición* [en línea], 2020, (Chile), vol. 47 (5), pp. 3 [Consulta:

2023-07-9]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182020000500836&script=sci_arttext&tlng=en

COBA P. “Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Thymus vulgaris* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*: una revisión sistemática”. *Facultad de Ciencias de la Salud Escuela de Medicina* [en línea], 2012, (Perú), vol. 1 (2), pp. 21 [Consulta: 2023-06-6]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88084>

COBA santamaría pablo, DANIEL CORONEL, KARLA VERDUGO, MARÍA FERNANDA. 2012. ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DEL MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*). [En línea] 14 de 12 de 2012. [Citado el: 06 de 06 de 2023.] <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047400002.pdf>.

CONSTITUCIÓN_449_20-10-2008. 2018. Constitución de la republica del ecuador. [En línea] 01 de 08 de 2018. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/04/CONSTITUCI%C3%93N_449_20-10-2008.pdf.

CONTRERAS S. “Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth): An Underutilized Superplant from the Andes”. *Horticulturae*. [en línea], 2022, (Cuba), vol. 8 (5), pp. 32-34 [Consulta: 2023-06-21]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/5/358>

DE LA CRUZ K. “Plantas medicinales con efecto antifúngico para infecciones dermatológicas: una revisión sistemática, julio - octubre 2021.” *Farmacia y Bioquímica Licenciatura Tesis* [en línea], 2022, (Perú), vol. 2 (1), pp. 53 [Consulta: 2023-07-22]. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/1125/TESIS%20DE%20LA%20CRUZ-ESCOBAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ESCOBAR I. “Actividad antiinflamatoria de *Kalanchoe Pinnata*. Revisión bibliográfica”. *Repositorio Institucional Fundación Universitaria Juan N. Corpas B.* [en línea], 2022, (Colombia), vol. 1 (2), pp. 9 [Consulta: 2023-06-18]. Disponible en: <https://repositorio.juanncorpas.edu.co/handle/001/133>

FERIA G. “Role of cytokines in the physiopathology of rheumatoid arthritis”. *Correo Científico Médico*. [en línea], 2020, (Colombia), vol. 24 (1), pp. 24 [Consulta: 2023-09-4]. ISSN 1560-4381. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1560-43812020000100341&script=sci_arttext

FIALLOS S. “Principios activos de plantas medicinales con actividad antimicrobiana contra microorganismos de interés estomatológico: Una revisión”. *Facultad de Ciencias de la Salud Escuela de Estomatología* [en línea], 2022, (Perú), vol. 1 (2), pp. 42 [Consulta: 2023-06-6]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64829>

FLORES A. “Ericaceous Plants: A Review for the Bioprospecting of Ericoid Mycorrhizae from Ecuador”. *ProQuest*. [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 14 (8), pp. 65 [Consulta: 2023-06-23]. DOI:10.3390. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/88edc4c2c7d4f9a88c1d653d64ddde94/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032408>

GARCÍA, JHOSELYN. 2017. EVALUACION DE LA ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA DE EXTRACTOS ACUOSO Y ETANOLICO DE MORTIÑO(*Vaccinium floribundum kunth*) EN MACROFAGOS DE RATON . [En línea] 2017. [Citado el: 22 de 05 de 2023.] <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7455/1/UDLA-EC-TIB-2017-21.pdf>.

GINEBRA, SUIZA. 2020. La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019. [En línea] 09 de 12 de 2020. [Citado el: 24 de 05 de 2023.] <https://www.paho.org/es/noticias/9-12-2020-oms-revela-principales-causas-muerte>.

GARCÍA R. “Plantas medicinales antivirales una revisión enfocada en el COVID-19”. *Medicina Naturisa*. [en línea], 2021, (Colombia), vol. 15 (1), pp. 17 [Consulta: 2023-07-24]. ISSN: 1576-3080. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7747849>

GOMEZ E. “Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – hil.): a comprehensive review on chemical composition, health benefits and recent advances”. *RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT* [en línea], 2011, (Perú), vol. 10 (11), pp. 31 [Consulta: 2023-06-6]. Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20036>

GÓMEZ ESTRADA, MEDINA, José. 2011. Boletín Latinoamericano y del Caribe de. [En línea] 05 de 2011. [Citado el: 07 de 06 de 2023.] <https://www.redalyc.org/pdf/856/85618379003.pdf>.

GONELIMALI, FARAJA D., Y OTROS. 2018. 2018, Propiedades antimicrobianas y mecanismo de acción de algunos extractos de plantas contra patógenos alimentarios y microorganismos que deterioran los alimentos, Vol. 9.

GONZÁLEZ-COSTA, MARICARMEN. 2019. La inflamación desde una perspectiva inmunológica: desafío a la Medicina en el siglo XXI. [En línea] 01 de 2019. [Citado el: 22 de 05 de 2023.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2019000100030.

GONZÁLEZ-COSTA, MARICARMEN, PADRÓN GONZÁLEZ. 2019. Revista Habanera de Ciencias Médicas. [En línea] 2 de 2019. [Citado el: 10 de 06 de 2023.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2019000100030.

Mordorintelligence. 2023. mordorintelligence. [En línea] 2023. [Citado el: 06 de 06 de 2023.] <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/non-steroidal-anti-inflammatory-drugs-market>.

GONZALES M ET AL. “Revisión bibliográfica sobre la composición química y actividades farmacológicas del género *Vismia*(Guttiferae)”. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. [en línea], 2019, (Chile), vol. 11 (1), Pp.22 [Consulta: 2023-06-6]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/856/85622229002.pdf>

HERNÁNDEZ D. “Rambután (*Nephelium lappaceum* L.): Una Revisión General”. *Journal of bioproces and chemicaln Technology* [en línea], 2019, (México), vol. 5 (1), Pp.32 [Consulta: 2023-07-20]. ISSN: 2683-3271. Disponible en: <http://www.biochemtech.uadec.mx/2019/06/14/rambutan-nephelium-lappaceum-l-una-revision-general/>

HERNÁNDEZ, ORESTES DARÍO LÓPEZ. 2010. [En línea] 09 de 2010. [Citado el: 07 de 06 de 2023.]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000300013#:~:text=Microencapsulaci%C3%B3n%20mediante%20secado%20por%20aspersi%C3%B3n,en%20una%20c%C3%A1mara%20de%20secado..

IZA, TANNIA BERSABE TOAPANTA. 2018. *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTI-INFLAMATORIA Y CITOTÓXICA in vitro DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE HOJAS DE Baccharis genistelloides (Lam.) Pers.*”. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de 05 de 2023.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9554/1/56T00819.pdf>.

JUÁREZ C. “Una revisión de la obtención de compuestos bioactivos a partir de subproductos de cítricos procesados: Fermentación en estado sólido y métodos de extracción”. *Facultad de*

Ingeniería de Industrias Alimentarias [en línea], 2021, (Perú), vol. 1 (2), Pp.43[Consulta: 2023-07-9].

Disponible en:

<http://repositorio.unf.edu.pe/bitstream/handle/UNF/63/14.%20Carlos%20Eduardo%20Juárez%20Ojeda.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LASCANO, ERICK BLADIMIR CUNALATA. 2023. Evaluación de la actividad antioxidante e hipoglucémica in vitro de extractos de Marco (*Ambrosia arborescens*), Quishuar (*Buddleja incana*), Cedrón (*Aloysiacitrodora*) y Capulí (*Prunus serotina*). [En línea] 01 de 09 de 2023. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39259/1/CBT%20067.pdf>.

LIMA N. “Microencapsulação de extratos fenólicos provenientes de frutas e seus resíduos agroindustriais: uma revisão sistemática com meta-“. *CIENCIAS AGRARIAS::CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS* [en línea], 2021, (Brasil), vol. 1 (2), Pp.65-68 [Consulta: 2023-08-3]. Disponible en: <http://tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/8860>

LLANGA B. Evaluación De La Actividad Antimicrobiana “In Vitro” Del Extracto Hidroetanólico De Las Hojas De *Cymbopogon Martinii* Sobre *Staphylococcus Aureus* Y *Escherichia Coli*. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Regional Autónoma De Los Andes “Uniandes” Facultad De Ciencias Médicas programa De Maestría En Farmacia Clínica Y Hospitalaria, Ambato-Ecuador, 2018, Pp, 65. [Consulta: 2023-06-12]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/8756/1/PIUAMFCH016-2018.pdf>

MEDINA G. “Potencial inmunomodulador de la planta *Morinda citrifolia* (noni): revisión de alcance”. *Universidad los Andes*. [en línea], 2022, (Colombia), vol. 1 (2), Pp.62 [Consulta: 2023-08-19]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/610a1e54-84ed-4655-8c5a-521cd62d8a3e>

MENDOZA M. “ETHANOLIC EXTRACT OF PROPOLIS AS ANTIOXIDANT COATING IN AVOCADOS: A REVIEW”. *Centro Azúcar* [en línea], 2023, (Ecuador), vol. 50 (1), p.6 [Consulta: 2023-07-20]. ISSN: 2223-4861. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612023000100001&script=sci_arttext&lng=en

MENDOZA V. “Inicio / Archivos / Vol. 3 Núm. 6 (2020): Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación / Artículos Procesos de obtención del licor de pétalos de rosas”. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. [en línea], 2020,

(España), vol. 3 (6), Pp.54 [Consulta: 2023-07-17]. Disponible en: <http://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/5>

MOLINA S. “State of the Art of the specie *Persea americana* Mill (avocado)”. *Amazonia investiga*. [en línea], 2019, (España), vol. 8 (21), Pp.54 [Consulta: 2023-07-28]. ISSN: 2322-6307. Disponible en: <https://www.amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/49>

MORENO, SOFÍA LIZBETH CASTILLO. 2014. “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE GELES ELABORADOS A PARTIR DE EXTRACTOS ETANÓLICOS, ALCALOIDALES Y LIPÍDICOS DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet): 450 ANDINO Y CRIOLLO, SOBRE HERIDAS PRODUCIDAS EN RATONES”. [En línea] 2014. [Citado el: 22 de 05 de 2023.]

MUÑOZ M. Filosofía y ética para desarrollar habilidades actitudinales en un grupo de estudiantes del grado 6° en el instituto técnico agropecuario Juan Tama, municipio de Santander de Quilichao, Cauca. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Licenciatura). Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Una Escuela De Ciencias De La Educación Licenciatura En Filosofía Santander De Quilichao, 2019, Pp, 54. [Consulta: 2023-06-12]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1854/2012-01P-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NACIONES UNIDAS. 2015. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. [En línea] 2015. [Citado el: 06 de 06 de 2023.] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.

ORREGO D. “Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión”. *Informador Técnico*. [en línea], 2020, (Colombia), vol. 85 (1), Pp. 35 [Consulta: 2023-07-19].DOI. 10.23850 Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/tecnicas-emergentes-de-extraccion-de-b-caroteno-para-la-valoriza

ORTEGA J. “Mecanismos y efectos biológicos potenciales de la vitamina D en la COVID-19: una revisión narrativa”. *Revista de nutrición clínica y metabolismo*. [en línea], 2022, (Colombia), vol. 5 (3), Pp.41 [Consulta: 2023-08-21]. Disponible en: <https://revistanutricionclinicametabolismo.org/index.php/nutricionclinicametabolismo/article/view/373>

OSORIO, JULISA YELENA CHULDE. 2023. Extracción y microencapsulación de antocianinas a partir de rábano (*Raphanus sativus*). [En línea] 01 de 09 de 2023. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39294/1/BQ%20350.pdf>.

PATTANAYAK, D. “Catalytic Potential of Phyto-Synthesized Silver Nanoparticles for the Degradation of Pollutants”. *Sustainable Engineering, Energy, and the Environment*. [en línea], 2022, vol. 1 (2), Pp.14 [Consulta: 2023-06-28]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003277484-36/catalytic-potential-phyto-synthesized-silver-nanoparticles-degradation-pollutants-dhruti-sundar-pattanayak-dharm-pal-chandrakant-thakur-pranay-raut-wasewar>

PEREIRA C. “Microencapsulation and release controlled by the diffusion of food ingredients produced by spray drying: a review”. *Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL* [en línea], 2018, (Brasil), vol. 321 (2), Pp.36-39 [Consulta: 2023-08-8]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/grd6gfXLgGSqTqqwcGGkxYb/abstract/?lang=en&format=html>

PINEDA J. “Effect of phenolic compounds on human dyslipidemic disorders: A systematic review”. *Revista chilena de nutrición* [en línea], 2021, (Chile), vol. 48 (2), Pp.35 [Consulta: 2023-07-2]. ISSN: 0717-7518. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182021000200276&script=sci_arttext

RAMIREZ M. “Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales” *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local* [en línea], 2020, (Cuba), vol. 16 (1), p.4 [Consulta: 2023-06-18]. ISSN: 2664-3065. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Leon-41/publication/344025357_Actividad_antiinflamatoria_de_plantas_medicinales_-_Anti-inflammatory_activity_of_medicinal_plants_Review/links/5f4e51be458515e96d1f227e/Actividad-antiinflamatoria-de-plantas-medicinales-Anti-inflammatory-activity-of-medicinal-plants-Review.pdf

RAMÓN C. “Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión”. *Tecnologías* [en línea], 2018, (Cuba), vol. 24 (51), Pp.263. [Consulta: 2023-07-18]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992021000200263&script=sci_arttext

RIVERA P. “Composición química y caracterización estructural de flavonoides del extracto metanólico de hojas de dos tipos de *Ruta Chalepensis* L.” *Revista peruana de medicina*

interactiva [en línea], 2021, (Perú), vol. 5 (3), Pp.64-75 [Consulta: 2023-08-12]. Disponible en: <http://rpmi.pe/index.php/rpmi/article/view/692>

ROBAYO L. “Artocarpus Heterophyllus (Jackfruit): propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Revisión de la literatura”. *Mediciencias UTA*. [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 5 (4), Pp.21-26 [Consulta: 2023-08-15]. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/medi/article/view/1443>

ROMERO, GEMMA BAULIES. 2012. Actualización en fitoterapia y plantas. [En línea] 2012. [Citado el: 24 de 05 de 2023.] [https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S1134-2072\(12\)70324-9](https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S1134-2072(12)70324-9).

ROMERO L. “Microorganismos endófitos presentes en las especies vegetales del género *vaccinium* como productores de metabolitos secundarios con potencial farmacológico”. *Trabajo de grado - Pregrado* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 1 (2), Pp.43-48 [Consulta: 2023-06-27]. Disponible en: <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/263>

RUEDA, CARLOS GUSTAVO MARTÍNEZ. 2015. *DISEÑOS EXPERIMENTALES RELACIONADOS CON UN*. Campus Universitario “El Cerrillo, Toluca, México. Toluca, México : s.n., 2015.

RUIZ B. “Effect of Drying and Maturity on the Antioxidant Properties of the Blueberry (*Vaccinium Floribundum* Kurth) from the Ecuadorian Moorland and Sensory Evaluation of its Infusion” *Scopus* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 10 (2), Pp.47 [Consulta: 2023-06-23]. ISSN: 2347-467X.

Disponible en: https://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/bitstream/RD_IKIAM/601/1/A-IKIAM-000408.pdf

SALLES, BRUNO CESAR CORREA, Y OTROS. 1, Extracto de hoja de *Passiflora edulis* : evidencia de efectos antidiabéticos y antiplaquetarios en ratas, Vol. 43, Pp.169-174.

SANTOS W, ET AL , “The influence of extraction methods on physico-chemical characteristics of coffee beverages: a review”. *Ciagro 2021* [en línea], 2021, (Brasil), vol. 1 (2), p.7, [Consulta: 2023-07-12]. Disponible en: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro2021/uploads/883.pdf>

TORRES F. “ASIA syndrome (autoimmune/inflammatory syndrome induced by adjuvants): Narrative literature review”. *Revista Colombiana de Reumatología*. [en línea], 2023, (Colombia), vol. 5 (3), p.4 [Consulta: 2023-09-6].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S012181232300083X>

TOVAR L. “Una Revisión Bibliográfica De Las Aplicaciones Del Dióxido De Carbono (CO₂) Como Fluido Supercrítico”. *Ingeniería Ambiental Trabajos De Grado Ingeniería Ambiental* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 1 (2), Pp.74 [Consulta: 2023-07-15]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4807>

UTRERAS R. “Sostenibilidad Fiscal y Biodiversidad del Ecuador”. Ecuador: *Sostenibilidad Fiscal 1972-2015* [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 5 (12), Pp.34. [Consulta: 2023-06-12]. ISSN: 2528-7796.

Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/957/1137>

VÁZQUEZ E. “Extracción de glucósidos de stevia rebaudiana (bertoni) a partir de tecnologías de extracción verdes”. *Revista de investigación agraria y ambiental*. [en línea], 2019, (Colombia), vol. 10 (1), Pp.41 [Consulta: 2023-07-15].

Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2336/3028>

ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO, LAVADO Y SECADO DE LOS FRUTOS DE MORTIÑO



ANEXO B: PREPARACIÓN DE EXTRACTOS: MOLIENDA, EXTRACCIÓN, MACERACIÓN, FILTRACIÓN, EVAPORACIÓN Y ALMACENAMIENTO

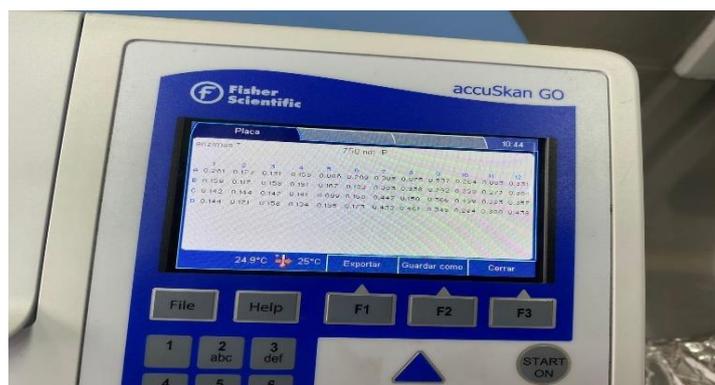




ANEXO C: PRUEBAS DE TAMIZAJE FITOQUIMICO



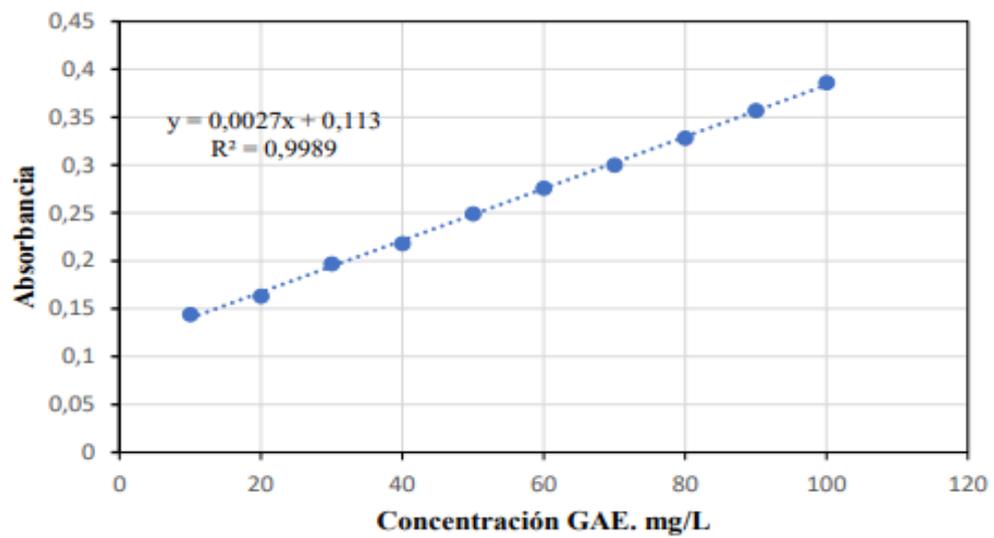
ANEXO D: CUANTIFICACIÓN DE FENOLES Y FLAVONOIDES



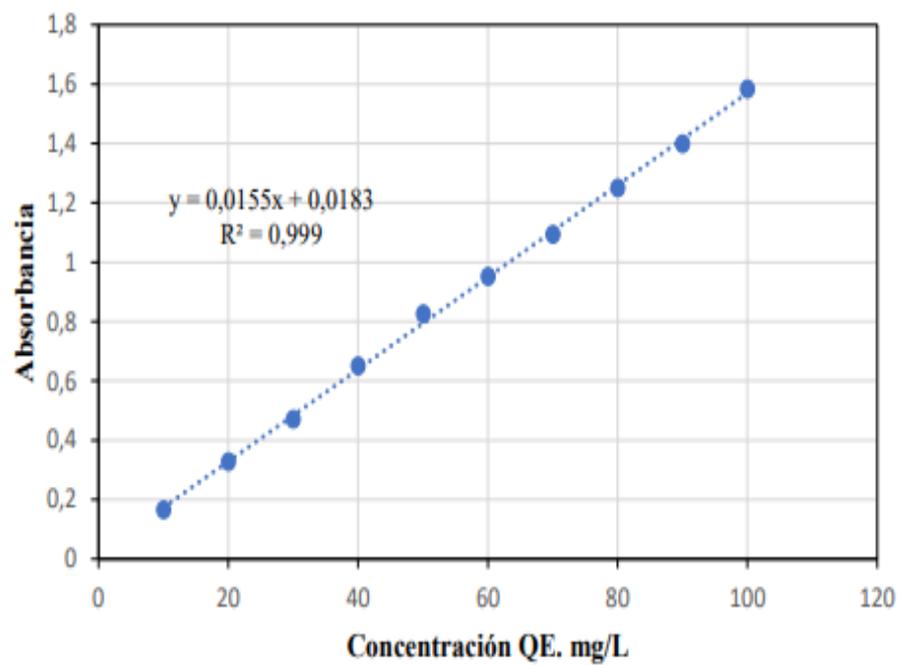
ANEXO E: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE



ANEXO F: CURVA DE CALIBRACIÓN DE ÁCIDO GÁLICO PARA CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES



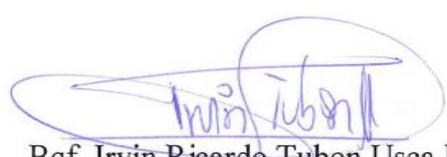
ANEXO G: CURVA DE CALIBRACIÓN DE QUERCETINA PARA CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 13/ 05/ 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Wellington Omar Villegas Freire
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímico Farmacéutico.
 Bqf. Valeria Isabel Rodriguez Vinueza Directora del Trabajo de Integración Curricular
 Bqf. Irvin Ricardo Tubon Usca Asesor del Trabajo de Integración Curricular